

621.01/045.2

T 33

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА"

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

Рекомендувала Науково-методична рада Національного університету "Львівська політехніка" як посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт студентами базового напрямку "Інженерна механіка" та спеціальності "Технологія машинобудування"

Львів
Видавництво Національного університету "Львівська політехніка"
2009



*Рекомендувала Науково-методична рада Національного університету
"Львівська політехніка" як посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт
студентами базового напрямку "Інженерна механіка"
та спеціальності "Технологія машинобудування"
(протокол № 2/2009 від 9.02.2009 р.)*

Рецензенти:

Внуков Ю.М., доктор технічних наук, професор, Запорізький національний технічний університет;

Голубець В.М., доктор технічних наук, професор, Національний лісотехнічний університет України;

Шахбазов Я.О., доктор технічних наук, професор, Українська академія друкарства

Юрчишин І.І. та ін.

Т 384

Технологія машинобудування: Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навч. посібник / І.І. Юрчишин, Я.М. Литвиняк, І.Є. Грицай, М.Л. Кукляк, Я.М. Кусий, В.В. Ступницький, В.А. Яцюк, А.М. Кук, Є.М. Махоркін, В.П. Свізінський / За ред. І.І. Юрчишина. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2009. – 528 с.

ISBN 978-966-553-846-2

Посібник-довідник містить методичний та довідковий матеріал для виконання випускових кваліфікаційних робіт зі спеціальності "Технологія машинобудування". Детально висвітлено методологію аналізу, синтезу, оптимізації проектування та документування технологічних процесів механічного оброблення і складання, розроблення спеціальних засобів технологічного оснащення, проєктування механоскладальних цехів і дільниць. Узагальнено та структуровано передовий досвід роботи провідних технологічних підрозділів підприємств України. Основні розділи посібника апробовано під час підготовки випускових кваліфікаційних робіт студентами кафедри технології машинобудування Національного університету "Львівська політехніка". Для студентів механічних спеціальностей ВНЗ та інженерно-технічних працівників машино- та приладобудівних підприємств.

ББК 34.41

© Юрчишин І.І., Литвиняк Я.М., Грицай І.Є.,
Кукляк М.Л., Кусий Я.М., Ступницький В.В.,
Яцюк В.А., Кук А.М., Махоркін Є.М.,
Свізінський В.П., 2009

© Національний університет
"Львівська політехніка", 2009

ISBN 978-966-553-846-2

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	5
1. ПОПЕРЕДНЄ ОПРАЦЮВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ	7
1.1. Характеристика об'єкта виробництва. Аналіз службового призначення виробу та деталі, технічних умов і норм точності	7
1.2. Аналіз наявних технологічних процесів виготовлення	8
1.3. Відпрацювання конструкції виробу та деталі на технологічність	9
1.4. Сучасні досягнення в галузі технології, устаткування та оснащення під час виготовлення подібних виробів, порівняльний аналіз	22
1.5. Висновки та постановка завдання на проектування	23
2. РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ	24
2.1. Попереднє встановлення типу та організаційної форми виробництва	24
2.2. Вибір методу отримання заготовки	31
2.3. Вибір необхідної кількості переходів та попереднє встановлення можливих методів оброблення поверхонь	37
2.4. Вибір і розрахункове обґрунтування технологічних баз	39
2.5. Структурний аналіз і синтез конкуруючих варіантів технологічного процесу виготовлення, встановлення оптимального	60
2.6. Розрахунок припусків	78
2.7. Розмірний аналіз технологічного процесу. Проектування заготовки	89
2.8. Розрахунок режимів різання та вибір основного технологічного устаткування	97
2.9. Встановлення контрольних, допоміжних і транспортних операцій	111
2.10. Нормування технологічного процесу	117
3. ПРОЕКТУВАННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ	124
3.1. Верстатні пристрої для механічного оброблення заготовок деталей машин	125
3.2. Складальні пристрої	161

3.3. Контрольно-вимірювальні пристрої	164
3.4. Спеціальні різальні інструменти	169
3.5. Розрахунки економічної ефективності спеціальних засобів технологічного оснащення	175
3.6. Загальна методика конструювання	176
3.7. Опис конструкції та роботи	178
4. ПРОЕКТУВАННЯ ВИРОБНИЧИХ ПІДРОЗДІЛІВ	179
4.1. Розрахунок річної працездатності, кількості основного та допоміжного устаткування	179
4.2. Визначення складу та розрахунок площі цеху	184
4.3. Вибір типу та розрахунок основних параметрів будівлі цеху	187
4.4. Вибір та розрахунок вантажопідіймальних і транспортних засобів	188
4.5. Загальне компонування і планування виробничих підрозділів	191
5. РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ	205
5.1. Позначення технологічних документів	206
5.2. Загальні правила оформлення технологічних документів	207
5.3. Послідовність заповнення маршрутної карти ГОСТ 3.1118-82	223
5.4. Послідовність заповнення операційної карти ГОСТ 3.1404-86	223
5.5. Послідовність заповнення карти ескізів ГОСТ 3.1405-84	227
6. ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ОФОРМЛЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	234
6.1. Розрахунково-пояснювальна записка	234
6.2. Графічна частина	251
ДОДАТКИ	265
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	523

ПЕРЕДМОВА

Сучасні тенденції розвитку машинобудування України зорієнтовані на комплексне підвищення загальної якості та конкурентоспроможності виробів машинобудування, широке застосування прогресивних конструкційних й інструментальних матеріалів, комплексну автоматизацію на основі застосування верстатів з ЧПК, напівавтоматів та іншого автоматизованого обладнання тощо. Відзначені особливості вітчизняного машинобудівного комплексу вимагають інтегрованої підготовки висококваліфікованих спеціалістів з глибокими теоретичними знаннями у різних галузях знань.

Випускова кваліфікаційна робота є найважливішою самостійною роботою майбутніх фахівців за спеціальністю "Технологія машинобудування" і скерована на вирішення конкретних завдань з вдосконалення технології, організації виробництва та покращання техніко-економічних показників роботи дільниці та цеху машино- і приладобудівного підприємства.

Під час виконання роботи студенти відтворюють знання та уміння, набуті під час вивчення спеціальних дисциплін, а також навички самостійного вирішення технологічних й економічних завдань, проєктуючи сучасні технологічні процеси механічного оброблення та складання, розробляючи засоби технологічного оснащення, впроваджуючи методи наукової організації праці, виконуючи відповідні науково-пошукові роботи та розрахунки тощо.

Кваліфікаційна робота – це самостійна, творча робота студента, прояв його ініціативи у вирішенні технічних та організаційних завдань. Під час виконання випускової кваліфікаційної роботи студент стикається з істотними труднощами методичного і наукового характеру. Будь-які технологічні рішення (вибір заготовки, розроблення маршруту складання або механічного оброблення, вибір і обґрунтування баз, розмірний аналіз деталі, розрахунок припусків чи технічне нормування тощо) є багатоваріантними, часто інтуїтивними. Інтуїція, яка у досвідченого технолога ґрунтується на його виробничому досвіді та практичних знаннях, у студентів відсутня. Тому основною метою цього навчального посібника-довідника є висвітлення основних питань, які вирішуються під час виконання кваліфікаційних робіт, та надання необхідної допомоги для їх розв'язання.

Випускова кваліфікаційна робота – це завершальний етап теоретичного навчання студентів у вищому навчальному закладі. Основною метою її виконання є:

– систематизація, закріплення, розширення та застосування теоретичних та практичних знань для розв'язання наукових, технологічних, конструкторських, економічних і виробничих завдан за оптимального використання сучасного прикладного програмного забезпечення та комп'ютерної техніки для їх вирішення;

- широке самостійне використання довідкової літератури, державних і галузевих стандартів, нормалей;

- розвиток навичок ведення самостійної роботи й опанування основними методиками досліджень при рішенні технологічних завдань сучасного виробництва.

Основні напрями проектування технології виготовлення деталей у кваліфікаційній роботі визначаються передовим виробничим досвідом виготовлення аналогічних виробів. Ці напрями зокрема передбачають:

- скорочення обсягів механічного оброблення завдяки використанню заготовок, максимально наближених до готової деталі за розмірами та формою;

- скорочення термінів проектування технологічних процесів механічного оброблення, зменшення собівартості завдяки використанню типових і групових технологічних процесів;

- використання спеціальних високопродуктивних верстатів, гнучких виробничих модулів, верстатів з числовим програмним керуванням;

- використання електрофізичних, електрохімічних, лазерних та інших методів немеханічного оброблення матеріалів;

- застосування інтегрованих систем автоматизованого проектування технологічних процесів, що дає змогу скоротити працездатність технологічних розроблень, полегшує працю технологів, дає змогу оптимізувати технологічне проектування;

- застосування маловідхідних та ресурсоощадних технологій.

Під час роботи над випусковою кваліфікаційною роботою студент повинен проявити максимум самостійності та відповідальності за всі прийняті рішення. Керівник роботи і консультанти з окремих частин (розділів) проекту не підміняють студента у пошуку вирішення тих чи інших питань, а лише скеровують його роботу так, щоб усі проектні завдання були вирішені відповідно до сучасних вимог машинобудування й у тісному зв'язку з умовами того машинобудівного підприємства, на базі якого проводилося проектування.

Випускова кваліфікаційна робота зі спеціальності "Технологія машинобудування", завдяки різноманітності вирішуваних у ній завдань, дає змогу широко використовувати комп'ютерну техніку. При виконанні роботи заохочується використання елементів САПР, самостійне розроблення комп'ютерних програм для розрахунку й оптимізації окремих питань чи розділів.

Пропонований навчально-методичний посібник призначено для студентів машинобудівних спеціальностей технічних ВНЗ України, які вивчають курс "Технологія машинобудування" чи споріднені з ним. Розглянуто типову послідовність технологічної підготовки виробництва для виготовлення виробів машинобудування з наведенням відповідних рекомендацій, розрахунків та правил заповнення комплектів технологічної документації.

1. ПОПЕРЕДНЄ ОПРАЦЮВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

1.1. Характеристика об'єкта виробництва.

Аналіз службового призначення виробу та деталі, технічних умов і норм точності

Технічно дотримана побудова технологічного процесу виготовлення виробу (як складання, так і механічного оброблення) неможлива без ретельного вивчення службового призначення машини (вузла) і технічних вимог, які до неї висуваються.

Однією з обов'язкових характеристик службового призначення є сфера раціонального використання виробу. Службове призначення визначається рядом параметрів, деталізація яких залежить від ступеня спеціалізації цього виробу. Для універсальних виробів обмежуються набором найбільш загальних параметрів, які становлять суть її службового призначення. Для спеціальних виробів ці параметри конкретизуються більш глибоко і всебічно. Так, вид стружки, яку дістають при обробленні заготовок на універсальних верстатах, не є фактором, що визначає їх конструктивне виконання. Для спеціального токарного верстата, який вмонтовується в автоматичну лінію, вид стружки може виявитися визначальним і викликати створення конструкції верстата з похилим чи навіть вертикальним розташуванням напрямних станини.

Для технічно грамотного й обґрунтованого викладення цього розділу у роботі необхідно ретельно вивчити креслення загальних виглядів вузлів і механізмів, дати опис призначення деталі, її основних поверхонь і впливу їх взаємного розташування, точності і шорсткості поверхонь на якість роботи механізму, для якого виготовляється деталь. Говорячи про поверхні, необхідно присвоїти кожній з них числове позначення чи позначення літерою, наприклад **площина 1** чи **торець Б**. Ті самі позначення повинні бути нанесені на відповідні поверхні на копії креслення. Потім потрібно визначити відхилення на розміри поверхні, не вказані на кресленні, для подальшого запису їх у технологічні карти.

З опису призначення і конструкції деталі повинно бути зрозуміло, які поверхні і розміри мають основне, вирішальне значення для службового призначення деталі і які – другорядне.

У цьому розділі потрібно навести також дані про матеріал деталі: хімічний склад та механічні властивості до і після термічного оброблення. Ці дані необхідно звести у таблиці довільного вигляду, наприклад:

Таблиця 1.1

Хімічний склад сталі 45 (ГОСТ 1050 – 74), %

C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr
			не більше			
0,40 – 0,50	0,17 – 0,37	0,50 – 0,80	0,045	0,045	0,30	0,30

Таблиця 1.2

Механічні характеристики сталі 45 (ГОСТ 1050 – 74)

σ_m	σ_{sp} , МПа	δ , %	ψ , %	a_m , Дж/см ²	НВ (не більше)	
					гарячекатаної	відпаленої
не менше					241	197
360	610	16	40	50		

Ознайомлюючись з наявними на кресленні технічними вимогами на виріб (деталь), необхідно переконатися, що вони задані правильно і обумовлені службовим призначенням виробу чи деталі. Так, наприклад, завищені норми точності завжди призводять до збільшення собівартості отримання виробу; проте занижені норми точності спричиняють невідповідність машини своєму службовому призначенню чи скорочують термін її служби.

1.2. Аналіз наявних технологічних процесів виготовлення

Аналіз технологічних процесів потрібно виконати з погляду забезпечення якості продукції (виконання технічних умов і норм точності) з огляду оптимального використання наявного на базовому підприємстві технологічного устаткування та оснащення. Варто оцінити коректність робочих технологічних процесів для виконання вимог відповідних креслень і ступінь дотримання цих вимог на виробництві.

Перед виконанням власне аналізу необхідно (з посиланням на відповідні карти технологічної документації) детально описати наявні на підприємстві технологічні процеси виготовлення з обов'язковим вказанням устаткування та оснащення, яке використовується під час виконання кожного процесу.

Для ґрунтовного аналізу відомих технологій можна рекомендувати приблизний перелік питань¹, зокрема:

- раціональність методу отримання заготовки для заданого масштабу виробництва;
- відповідність норм точності деталі фактичним припускам на оброблення з врахуванням структури існуючого технологічного процесу та точності відповідного технологічного устаткування;

¹ Зазначений перелік можна розширити за бажанням студента чи на вимогу керівника роботи.

- правильність вибору чорнових, чистових і проміжних баз на операціях технологічного процесу, дотримання принципу єдності технологічних баз;
- правильність встановлення послідовності операцій технологічних процесів для досягнення заданої точності деталі та виробу загалом;
- відповідність параметрів використовуваного устаткування вимогам окремих операцій;
- відповідність режимів оброблення (різання, складання, зварювання тощо) прогресивним;
- ступінь спорядження технологічних операцій спеціальними засобами технологічного оснащення;
- ступінь застосування високопродуктивних різальних інструментів;
- ступінь концентрації операцій технологічних процесів;
- можливі недоліки в організації виробництва (транспортування, контроль, інструментальне забезпечення тощо).

Якість оброблення деталей на кожній операції, а також якість складальних та інших операцій оцінюється на основі даних про брак. Першоджерелом про кількість браку на операціях можуть бути дані, які отримані з відділу технічного контролю. Проте для більшої об'єктивності варто керуватися особистими спостереженнями і результатами вимірювань найважливіших параметрів на основних операціях технологічного процесу. Необхідно також проаналізувати причини появи браку і звернути увагу на реальний стан устаткування щодо можливості забезпечення заданої точності на операціях.

Результати аналізу технологічних процесів виготовлення деталі та виробу повинні бути детально викладені у пояснювальній записці, оскільки саме такий аналіз може дати поштовх для розроблення нових технологічних процесів чи суттєвого вдосконалення наявних. Тому абсолютно неприпустимою є заміна аналізу істотного технологічного процесу простим його описом чи переписування відомостей з технологічних карт.

1.3. Відпрацювання конструкції вузла та деталі на технологічність

Перед проектуванням чи вдосконаленням технологічного процесу конструкція виробу (складальної одиниці, деталі) повинна бути проаналізована з метою виявлення недоліків її конструкції за тими даними, які містяться у кресленнях та технічних вимогах, а також можливого покращання її технологічності.

Технологічність конструкції деталі – це сукупність властивостей її конструкції, які визначають пристосованість цієї деталі для досягнення оптимальних витрат ресурсів (праці, засобів, матеріалів та часу) у процесах виготовлення, експлуатації та ремонту для заданих показників якості, обсягу випуску та умов виконання робіт без шкоди для її службового призначення. **Техно-**

логічність конструкції складальної одиниці (вузла) – така сама сукупність, що забезпечує технологічність виробу, до складу якого ця складальна одиниця входить. Технологічність конструкції визначається технологічним контролем креслень та аналізом конструкції деталі (складальної одиниці).

Технологічний контроль креслень зводиться до їх ретельного вивчення. Робочі креслення оброблених деталей повинні містити всі необхідні дані, які давали б повну уяву про деталь, тобто усі проєкції, розрізи й перетини, які абсолютно чітко й однозначно пояснюють конфігурацію деталі і можливі способи отримання заготовки, а також усі необхідні дані про матеріал деталі, термічне оброблення, масу тощо.

На кресленні повинні бути вказані всі розміри з необхідними відхиленнями, шорсткість оброблених поверхонь, допустимі відхилення від правильних геометричних форм і взаємного розташування поверхонь.

Проставляння розмірів і допусків на кресленні деталі повинне:

- 1) відтворювати вимоги, які висуваються до цієї деталі, враховуючи її службове призначення;
- 2) забезпечувати можливість її виготовлення максимально простими технологічними методами.

Виконання першої умови забезпечується виявленням розмірних зв'язків поверхонь деталі на основі розмірного аналізу вузла, другої – правильним вибором допусків для розмірів, які входять у складальні розмірні ланцюги, завдяки раціональному вибору методу досягнення точності замикальної ланки.

Наприклад, попереднє проставлення розмірів вала (рис 1.1, а) виконують на основі розмірного аналізу вузла, у який входить ця деталь, за допомогою вибірки зі складальних розмірних ланцюгів поздовжніх розмірів, які належать валу. На рис. 1.1, б показано кінцеве проставлення розмірів деталі з числовими значеннями і граничними відхиленнями, встановленими під час розмірного аналізу вузла.

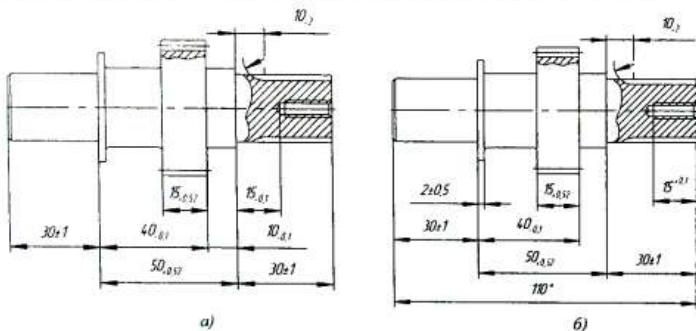


Рис. 1.1. Оптимізація проставлення поздовжніх розмірів деталі типу "вал"

Проставлення розмірів і допусків на робочих кресленнях деталей (формування розмірних зв'язків поверхонь) вимагає диференційованого підходу, за деякими основними правилами, наведеними нижче.

1. На кресленні обов'язково потрібно проставляти розміри з'єднань і розміри, які входять у розмірні ланцюги. Інші розміри проставляють, враховуючи з умови забезпечення можливості виготовлення (див. рис. 1.1).

2. Проставлення на кресленнях розмірів деталей повинно забезпечувати отримання найкоротших складальних розмірних ланцюгів вузла, у яких кількість складових ланок дорівнює кількості з'єднуваних деталей.

3. Кількість розмірів на кресленні повинна бути достатньою для виготовлення і контролю деталі. Для кожної деталі існує цілком визначена кількість розмірів, які становлять її повну розмірну характеристику. Можна по-різному змінювати проставлення розмірів, але їхня необхідна кількість для конкретної деталі є постійною.

4. Кожен розмір потрібно наводити на кресленні лише один раз.

5. Ланцюг розмірів на кресленні деталі не повинен бути замкненим. Розміри на кресленні становлять подетальний розмірний ланцюг. Складові розміри цього ланцюга отримують на визначених технологічних переходах (операціях). Замикальний розмір визначається у результаті виконання усіх технологічних переходів. У цьому розмірі нагромаджуються похибки складових розмірів, які виникають під час виготовлення деталі. Тому замикальним розміром вибирають найменш відповідальний розмір деталі, який на кресленні не проставляють, і подетальний розмірний ланцюг залишається незамкненим. Якщо замикальною ланкою є габаритний розмір, то його показують на кресленні як довідковий (див. рис. 1.1, б, розмір 110* мм). Довідкові розміри під час виготовлення деталі не контролюють.

6. Проставлення розмірів повинно бути таким, щоб під час виготовлення деталі найточніший її розмір мав найменшу нагромаджену похибку. Для цього застосовують ланцюговий, координатний і комбінований методи проставлення.

При ланцюговому методі розміри проставляють послідовно (ланцюгом) (рис. 1.2, а). При такому проставленні похибка отримання кожного розміру не залежить від похибок отримання попередніх розмірів, що є основною перевагою цього методу. Тому його застосовують для проставлення розмірів на міжосьових розмірах, ступінчастих деталях тощо.

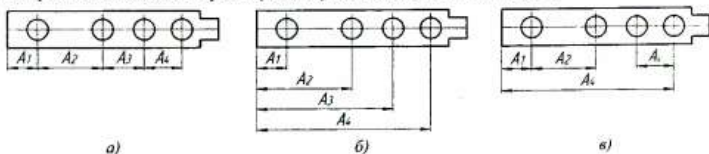


Рис. 1.2. Схеми розмірних ланцюгів, побудованих з використанням різних методів проставлення розмірів

При координатному методі розміри проставляють від однієї бази (рис. 1.2, б). Тому точність будь-якого з координатних розмірів не залежить від точності виконання інших розмірів. Цим методом користуються, якщо необхідно точно розташувати елементи деталі щодо бази. Недоліком цього методу є деяке збільшення похибки між суміжними елементами деталі.

Комбінований метод проставлення розмірів є поєднанням ланцюгового і координатного методів (рис. 1.2, в). Його використовують для зменшення похибки відповідальних розмірів.

7. Проставляючи розміри, необхідно враховувати технологію оброблення деталі, зокрема призначення і використання технологічних баз. У цьому контексті варто пам'ятати і про те, що зміна характеру виробництва (наприклад, заміна універсального металорізального устаткування на спеціальне з автоматичним отриманням заданого розміру) здебільшого також спричиняє зміну технологічних баз.

8. На кресленні розміри повинні бути проставлені так, щоб їх безпосередньо отримували під час оброблення деталі без зміни технологічних баз і перерахунку допусків. За будь-якої початково заданої на кресленні системи розмірів, розробляючи технологічний процес чи його здійснюючи, бази проставлення розмірів можна змінювати відповідно до прийнятого методу оброблення деталі і технологічних баз. Проте за необхідності збереження заданих на кресленні допусків це завжди призводить до зменшення допусків на оброблення. Технологічнішим у цьому разі є проставлення розмірів, яке передбачає умови виконання технологічного процесу й отже, усуває необхідність оброблення деталі за істотно зменшених технологічних допусків.

9. Розміри, які визначають віддалі між необроблюваними поверхнями, повинні замикатися між собою, утворюючи окремі подетальні ланцюги, які не містять інших розмірів.

Для деталей, які містять необроблювані поверхні, розрізняють дві системи розмірів: вихідної заготовки (сукупність розмірів, які зв'язують необроблювані поверхні), і деталі (сукупність розмірів, які зв'язують оброблювані поверхні). У зв'язку з цим розміри, які визначають геометричні параметри таких деталей, можуть зв'язувати:

- 1) дві необроблювані поверхні;
- 2) дві оброблювані поверхні;
- 3) оброблювану поверхню з необроблюваною.

Розміри першого виду утворюють систему розмірів вихідної заготовки, другого – систему розмірів деталі, третього – координують обидві системи одна щодо одної. Побудова кожної з зазначених систем підпорядковується загальним принципам проставлення розмірів. Проставляючи розміри третього виду, необхідно також враховувати послідовність різних стадій виготовлення деталі.

Системи розмірів необроблюваних і оброблюваних розмірів повинні зв'язуватися одним розміром по кожній координатній осі. Зв'язувати окремими розмірами оброблювану і необроблювану поверхні допускається лише у тому разі, коли останню планується використовувати як технологічну базу.

Приклад. Проаналізувати різні варіанти проставлення розмірів на кресленні литої деталі, показаної на рис. 1.3.

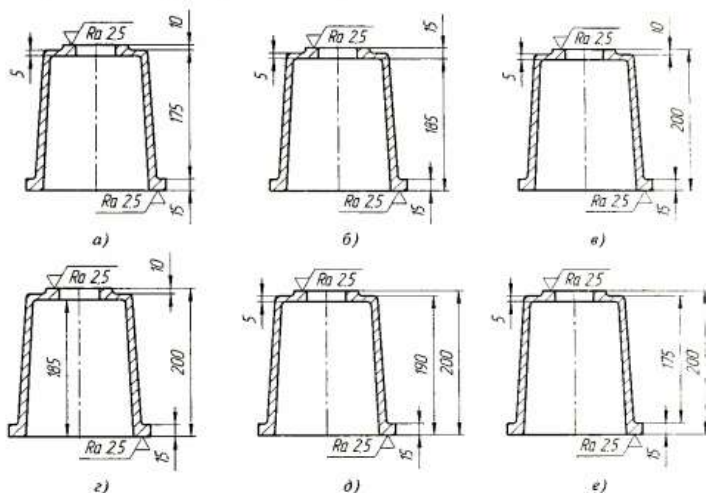


Рис. 1.3. Схеми проставлення розмірів, які визначають віддалі між необроблюваними поверхнями

Проставлення розмірів на рис. 1.3, *а* неправильне, оскільки віддалі між оброблюваними поверхнями, зв'язаними з необроблюваними сумою розмірів 15; 175 і 10 мм, у цьому випадку коливається у широких межах через коливання розмірів необроблюваних поверхонь. Така сама помилка допущена на рис 1.3, *б*, де віддалі між оброблюваними поверхнями задана сумою розмірів 185 і 15 мм.

Якщо проставити розміри відповідно до рис. 1.3, *в*, віддалі між оброблюваними поверхнями (200 мм) витримується у межах допуску на механічне оброблення. Помилка полягає у тому, що необроблювані поверхні зв'язані зі суміжними оброблюваними (розміри 15 і 10 мм). Витримати таку координацію практично неможливо. Положення необроблюваних поверхонь коливається у межах точності лиття, а з ним коливається і віддалі до оброблюваних поверхонь.

На рис. 1.3, *г* помилка посилюється тим, що товщина горизонтальної стінки визначається висотою внутрішньої порожнини, яка задана щодо оброблюваної нижньої поверхні (розмір 185 мм). Отже, вводиться ще одне джерело похибки, і товщина стінки коливатиметься у широких межах.

Якщо проставити розміри відповідно до рис. 1.3, *д*, положення нижньої оброблюваної поверхні задано двома розмірами від необроблюваної поверхні (розміри 190 і 15 мм). Витримати таку координацію практично неможливо.

Рис. 1.3, *е* відповідає правильному проставленню розмірів. У цьому разі чорною базою вибрано необроблювану поверхню фланця. З нею розміром 15 мм зв'язана технологічна база. З останньою розміром 200 мм зв'язана оброблювана верхня поверхня, яка своєю чергою координується від бази заготовки (розмір 175 мм) і від верхньої поверхні (товщина верхньої стінки – розмір 5 мм). Віддаль між верхніми оброблюваними і необроблюваними поверхнями стає замикальною ланкою розмірного ланцюга і слугує компенсатором відхилень розташування поверхонь, отримуваних на заготівельній операції.

Загальними вимогами до технологічності конструкції деталі є такі:

1) конструкція деталі повинна складатися зі стандартних й уніфікованих конструкційних елементів;

2) фізико-хімічні та механічні властивості матеріалу деталі, її форма та розміри, а також параметри її точності та шорсткості повинні відповідати вимогам технології виготовлення;

3) деталь повинна мати просту і правильну геометричну форму, що полегшує її базування під час механічного оброблення, а також спрощує отримання заготовки;

4) деталь повинна бути виготовлена зі стандартної чи уніфікованої заготовки;

5) показники базових поверхонь (точність та шорсткість) деталі повинні забезпечувати точність встановлення, оброблення та контролю;

6) конструкція деталі повинна забезпечувати можливість застосування типових технологічних процесів її виготовлення;

7) деталь повинна мати стандартні базові поверхні для початкового та подальшого оброблення;

8) оброблення поверхонь деталі за можливості повинно забезпечуватися напрохід і допускати застосування високопродуктивного устаткування;

9) конструкція деталі повинна давати змогу використовувати граничні калібри для контролю поверхонь та не вимагати застосування унікальних вимірювальних пристроїв та інструментів.

Під час виконання розділу окрім аналізу конструкції деталі на технологічність виконують ще й відпрацювання її на технологічність, яке полягає в тому, що у конструкцію деталі вносять зміни, що дають можливість зменшити собівартість її виготовлення. Якщо таких змін не можна зробити, то

визначають елементи, які виконано у різних нетехнологічних варіантах, обов'язково вказуючи, чому ці варіанти є нетехнологічними.

Види та показники технологічності конструкції деталей наведені у ГОСТ 14.205-83, а правила забезпечення їх технологічності – у ГОСТ 14.204-83. Оцінка технологічності конструкції може бути якісною та кількісною.

Якісне оцінювання ґрунтується на інженерно-візуальних методах і визначається такими показниками: добре – погано, припустимо – неприпустимо тощо.

Якісне оцінювання полягає у перевірці відповідності конструкції деталі вимогам, які забезпечують її технологічність під час отримання заготовки, механічного оброблення та складання виробу. При цьому доцільно використовувати рекомендації щодо технологічності конструкції виробів та окремих деталей, наведені у довідковій літературі, наприклад, [57 (т. 5), 60 (т. 2), 64 тощо].

Вимоги, які забезпечують технологічність конструкції заготовки, отриманої різними способами лиття, листового чи об'ємного штампування тощо, відрізняються змістом і обсягом. Нижче наведено деякі з основних рекомендацій для заготовок, отриманих литтям, штампуванням і куванням.

Литі заготовки з чавуну та сталі повинні відповідати таким вимогам:

1) форма заготовки повинна мати конфігурацію, наближену до деталі, високу розмірну точність, мінімальні припуски на механічне оброблення, низьку шорсткість поверхонь;

2) конструкція заготовки повинна мати просту зовнішню форму: без гострих кутів і заокруглень, високих ребер і виступів, а також мінімальну кількість внутрішніх порожнин;

3) виливок по можливості повинен передбачати мінімальне механічне оброблення, мати відповідні технологічні ухили для забезпечення виймання модельного комплекту з форми; стінки повинні бути оптимальної товщини залежно від обраного способу лиття; товщина усіх стінок повинна бути однаковою без різких переходів від тонких частин до товстих.

Основні вимоги до заготовок, отриманих **штампуванням та куванням**:

1) заготовки не повинні мати різких переходів у поперечних перетинах; площа поперечних перетинів по довжині деталі не повинна змінюватися більше трьох разів;

2) виступи та ребра не повинні розміщуватися близько одні від одних;

3) бобишки, в яких свердляться отвори, для забезпечення мінімальної товщини стінки повинні бути овальними у напрямі можливого зміщення отворів;

4) на деталях з двома і більше бобишками, у яких важко визначити напрям зміщення, діаметри бобишок повинні бути такими, щоб одержати максимально допустимий розмір стінки.

5) штаповані заготовки повинні мати відповідні ухили для забезпечення виймання їх зі штампів; значення ухилів для зовнішніх поверхонь приймаються 1:10 – 1:7, для внутрішніх – 1:7 – 1:5 (у разі підвищеної точності заготовки значення ухилу приймають меншими).

Вимоги щодо забезпечення технологічності конструкції деталей, які підлягають механічному обробленню, залежать від типу деталі та її геометричної форми. Нижче наведено загальні рекомендації для виконання аналізу технологічності окремих класифікаційних груп деталей.

Для *корпусних деталей* визначають:

- 1) чи допускає конструкція оброблення площин напрохід;
- 2) чи є можливість одночасного оброблення отворів на багатопшпіндельних верстатах з урахуванням відстаней між осями цих отворів;
- 3) як форма отворів та взаємне їх розташування дає змогу оброблювати ці отвори: напрохід з одного установу чи з двох боків;
- 4) чи є вільний доступ інструментів до оброблюваних поверхонь;
- 5) чи потрібне оброблення торців маточин з внутрішніх сторін вилівка і чи можна усунути таке оброблення;
- 6) чи є глухі отвори і чи можна їх замінити наскрізними;
- 7) чи наявні оброблювані площини, які розташовані не під прямим кутом, і чи можна їх замінити площинами, розташованими паралельно чи перпендикулярно одна до одної;
- 8) чи наявні отвори, що розташовані не під прямим кутом до площини входу і виходу, і чи можлива зміна цих елементів;
- 9) чи достатня жорсткість деталі, чи не обмежує вона режими різання;
- 10) чи наявні в конструкції деталі достатні за розмірами і відстанями базові поверхні; якщо ні, то як потрібно вибрати допоміжні бази;
- 11) чи наявна в конструкції деталі внутрішня різь великого діаметра і чи можливо замінити її іншими конструктивними елементами;
- 12) наскільки простий спосіб отримання заготовки (вилівка), чи правильно вибрані елементи конструкції, які обумовлюють виготовлення заготовки;

Для *валів* вказують:

- 1) чи можна обробити поверхні прохідними різцями;
- 2) чи зменшуються до кінців діаметральні розміри шийок вала;
- 3) чи можна зменшити діаметр великих фланців чи буртів або усунути їх взагалі, і як це вплине на коефіцієнт використання металу;

4) чи можна замінити закриті шпонкові канавки відкритими, які набагато продуктивніше обробляються дисковими фрезами;

5) чи мають поперечні канавки форму і розміри, придатні для оброблення на гідрокопіювальних верстатах;

6) чи допускає жорсткість вала отримання високої точності оброблення (жорсткість вала вважається недостатньою, якщо для отримання точності 6–9 квалітетів співвідношення його довжини l до діаметра d понад 10–12; для валів, виготовлених за нижчими квалітетами, це співвідношення може дорівнювати 15; у разі багатойнструментного оброблення це співвідношення необхідно зменшити до 10);

Під час аналізу технологічності конструкції деталей, які містять елементи типу *зубчастих вінців*, потрібно визначити можливість високопродуктивних методів формоутворення зубчастого вінця із застосуванням пластичного деформування в нагрітому і холодному стані. Конструкція таких елементів повинна характеризуватися:

1) простою формою центрального отвору зубчастого колеса, оскільки складні отвори значно ускладнюють оброблення, зумовлюючи необхідність застосування револьверних верстатів і напівавтоматів;

2) простою конфігурацією зовнішнього контуру зубчастого колеса (найтехнологічнішими є зубчасті колеса пласкої форми без виступаючих маточин);

3) симетричним розташуванням перемички між маточиною і вінцем для зубчастих коліс, які підлягають термічному обробленню, як щодо вінця, так і відносно маточини; порушення цієї умови приводить до значних односторонніх викривлень під час термічного оброблення;

4) правильною формою і розмірами канавок для виходу інструментів;

5) можливістю багатойнструментного оброблення залежно від співвідношення діаметрів вінців і відстаней між ними.

Подібно аналізують технологічність і для інших деталей, які мають аналогічні елементи конструкції.

Основні ознаки технологічності складальних одиниць.

1. Стосовно будови складальної одиниці:

- складальна одиниця повинна поділятися на раціональну кількість складових частин;

- конструкція складальної одиниці повинна передбачати компонування зі стандартних, стандартизованих чи уніфікованих елементів;

- конструкція складальної одиниці повинна мати базову частину, зручну для встановлення на робочому місці складання;

- види, будова і розташування з'єднань повинні забезпечувати механізацію та автоматизацію складальних робіт;

- компоновання складальної одиниці та її складових частин повинне передбачати зручний доступ до місць, які вимагають контролю, регулювання та інших робіт.

2. Стосовно *технологічного процесу складання*:

- складальні операції потрібно виконувати, якщо можливо, без складного технологічного оснащення;

- складальна операція повинна виконуватися за незмінного базування базової деталі;

- технологічні та вимірювальні бази повинні, якщо можливо, бути суміщеними;

- при виконанні технологічного процесу складання слід, якщо можливо, використовувати типові технологічні процеси.

3. Стосовно *точності і методу складання*:

- точність розташування складових частин виробу повинна бути обґрунтованою і взаємопов'язаною з точністю виготовлення деталей і складових частин виробу;

- вибір методу складання для заданого типу виробництва необхідно здійснювати на основі розрахунку й аналізу розмірних ланцюгів за методом максимуму-мінімуму чи ймовірнісним методом;

- у конструкції деталей необхідно передбачати елементи, які забезпечували б задану точність відносного розташування складових елементів (центрувальних, компенсувальних, фіксувальних тощо).

Кількісне оцінювання технологічності здійснюється після якісного і містить такі показники:

– абсолютний

$$K = \{k_1, k_2, \dots, k_n\}, \quad (1.1)$$

– порівняльний

$$K_p = \frac{K}{K_6}, \quad (1.2)$$

– різницевий

$$\Delta K = |K - K_6|, \quad (1.3)$$

де K – показник, отриманий внаслідок відпрацювання конструкції деталі на технологічність; K_6 – відповідний показник базової деталі; k_1, k_2, \dots, k_n – елементарні показники технологічності конструкції.

Абсолютні значення показників, отримані внаслідок відпрацювання конструкції деталі на технологічність, розраховують за формулами:

1. Коефіцієнт точності K_{IT} :

$$K_{IT} = 1 - \frac{l}{IT_{ср}}; \quad (1.4)$$

де $IT_{ср}$ – середній квалітет точності оброблення поверхнь:

$$IT_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^n IT_i \cdot m_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (1.5)$$

де IT_i – квалітет точності i -ї поверхні; m_i – кількість поверхнь, оброблених з квалітетом точності IT_i .

2. Коефіцієнт шорсткості K_{Ra} :

$$K_{Ra} = \frac{l}{Ra_{ср}}, \quad (1.6)$$

де $Ra_{ср}$ – середня шорсткість оброблення поверхнь:

$$Ra_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^n Ra_i \cdot k_i}{\sum_{i=1}^n k_i} \quad (1.7)$$

де Ra_i – шорсткість i -ї поверхні; k_i – кількість поверхнь з шорсткістю Ra_i .

3. Коефіцієнт уніфікації K_{UF} :

$$K_{UF} = \frac{n_{UF}}{n_{\Sigma}}, \quad (1.8)$$

де n_{UF} , n_{Σ} – відповідно кількість уніфікованих² і загальна кількість усіх оброблюваних конструктивних елементів.

4. Коефіцієнт використання матеріалу $K_{в.м}$:

$$K_{в.м} = \frac{m}{M}, \quad (1.9)$$

де m , M – маси деталі та заготовки відповідно;

² Уніфіковані конструкційні елементи – це елементи конструкції деталі, які мають уніфіковані розміри, виконані на основі т.зв. рядів нормальних рядів (додатки 4, 5), або є повторюваними у межах конструкції деталі, або можуть оброблятися стандартними металорізальними інструментами.

Після виконання відповідних розрахунків значення отриманих коефіцієнтів порівнюють зі значеннями нормативних коефіцієнтів:

$$K_{IT_{норм}} = 0,80; \quad K_{R_a_{норм}} = 0,32; \quad K_{UF_{норм}} = 0,60; \quad K_{в.м.норм} = 0,75$$

Деталь вважають технологічною за окремим показником, якщо її коефіцієнт технологічності за цим показником має таке співвідношення з нормативним коефіцієнтом:

$$K_{IT} \geq K_{IT_{норм}}; \quad K_{R_a} \leq K_{R_a_{норм}}; \quad K_{UF} \geq K_{UF_{норм}}; \quad K_{в.м.} \geq K_{в.м.норм}$$

У кваліфікаційній роботі допускається обмежитися лише розрахунками коефіцієнтів технологічності за формулами (1.4) – (1.9). Вказані розрахунки виконують за результатами якісного аналізу.

Загалом аналіз технологічності доцільно виконувати у такій послідовності.

1. Здійснити технологічний контроль креслення деталі.
2. На основі вивчення умов роботи вузла (виробу), і враховуючи задану річну програму, проаналізувати можливість спрощення конструкції деталі; заміни її зварною, армованою чи збірною конструкцією; зменшення товщини стінок, припусків, напусків, а також доцільність заміни матеріалу.
3. Проаналізувати технологічне співвідношення параметрів шорсткості і точності виготовлення окремих поверхонь.
4. Оцінити технологічність оброблення поверхонь:
 - встановити, чи конструкція складається з уніфікованих елементів і чи можлива їх подальша уніфікація (різи, канавки, виточки, розміри шліців, фаски тощо);
 - встановити, чи забезпечується зручний вхід і вихід різальних інструментів, можливість одночасного оброблення декількох поверхонь тощо;
 - встановити поверхні, які можна використати як технологічні бази, необхідність штучних баз тощо;
 - визначити доцільність оброблення важкодоступних поверхонь.
5. Встановити можливість застосування високопродуктивних методів оброблення.
6. Визначити поверхні, які можуть бути використані під час базування, а також необхідність введення штучних баз. Визначити можливість суміщення технологічних і вимірювальних баз при витримуванні точних розмірів.

7. Визначити можливість прямих методів вимірювання заданих на кресленні розмірів.

8. Визначити необхідність додаткових технологічних операцій, зумовлених специфічними вимогами (наприклад, допустимі відхилення в масі деталі) і можливість зміни цих вимог.

9. Передбачити в конструкціях деталей, що підлягають термічному обробленню, конструктивні елементи, які зменшують жолоблення деталей під час нагрівання й охолодження, і визначити, чи правильно вибрано матеріал деталі з урахуванням термічного оброблення.

10. Ввести інші показники, які виконавець вважає за доцільне розглянути.

11. Встановити дані для кількісного оцінювання технологічності деталі і записати їх у табл. 1.3.

12. Кількісно оцінити технологічність деталі за залежностями (1.4) – (1.9).

Таблиця 1.3

Вихідні дані для розрахунків кількісних показників технологічності

Позначення поверхні	Назва та характеристика поверхні (елемента) деталі	Шорсткість і уніфікованість			Розміри деталі			
		Кількість поверхонь	Параметр шорсткості Ra, мкм	Уніфікованість поверхні деталі (кількість)	Позначення поверхонь	Розмір за кресленням	Кількість розмірів	Квалітет допуску
1	Площина зовнішня	1	5	1	1 – 14	52h14	1	14
2	Циліндрична внутрішня	1	2,5	1	2	12h14	1	14
...
13	Отвір кріпильний	8	20	8	13	25H14	1	14
14	Площина зовнішня	1	5	0	14 – 10	25h14	1	14
15	Площина внутрішня	2	1,25	0	15	84,2H8	1	8
16	Міжосьова віддаль	1	0	0	–	∅116js7	1	7
Всього поверхонь		22	–	18	–	–	25	

Після виконаного аналізу технологічності всі пропозиції щодо зміни конструкції деталі повинні бути систематизовані в пояснювальній записці; деякі з цих пропозицій за погодженням з керівником проекту можна внести у конструкцію деталі.

1.4. Сучасні досягнення в галузі технології, устаткування та оснащення під час виготовлення подібних виробів, порівняльний аналіз

Кваліфікаційну роботу належить виконувати з урахуванням основних напрямів розроблення сучасних високоефективних технологій і організації виробництва:

1. Удосконалення форм і методів організації технологічних процесів на основі використання досягнень науки і техніки, наукової організації праці, комплексної механізації та автоматизації. Перехід від дискретних технологічних процесів до потокових автоматизованих, які забезпечують збільшення масштабів виробництва і підвищення якості продукції.
2. Максимальне скорочення процесів оброблення різанням за рахунок використання заготовок, що за формою, розмірами та якістю поверхонь наближаються до готових деталей.
3. Застосування для механічного оброблення та інших технологічних процесів виготовлення високопродуктивного технологічного устаткування і технологічного оснащення: агрегатних і багатопозиційних верстатів; верстатів з числовим програмним керуванням; верстатів-роботів; верстатів, споряджених мікропроцесорами; металокерамічних та алмазних інструментів; інструментів з полікристалічних надтвердих металів на основі нітриду бору; інструментів із звичайних інструментальних матеріалів з різноманітними покриттями, стійкими до спрацювання; швидкодійних пристроїв та інших технічних нововведень, спрямованих на інтенсифікацію режимів виготовлення.
4. Пошуки засобів і методів підвищення точності форм і розмірів деталей і виробів та якості їх поверхонь і спряжень з метою підвищення надійності і довговічності продукції, яка виготовляється.
5. Всебічний розвиток і застосування методів механічного, термічного, термомеханічного, термохімічного та іншого зміцнювального оброблення, які дають змогу економити метал за рахунок оптимізації маси та форми деталей.
6. Застосування електрофізичних, електрохімічних та інших методів оброблення деталей, особливо для важкооброблюваних матеріалів.

Під час складання виробів та їх складальних одиниць для полегшення праці та підвищення продуктивності необхідно використовувати сучасні засоби механізації та автоматизації. Вибір таких засобів (пристроїв і устаткування) залежить від кількості виробів, які підлягають складанню, їх габаритних розмірів, необхідної точності розмірних і кінематичних ланцюгів і прийнятих методів досягнення точності. Найбільшої продуктивності й точності досягають за допомогою різноманітних механізованих інструментів, пристроїв і складальних автоматизованих верстатів.

Як підйомно-транспортне устаткування використовують мостові крани, електричні та гідравлічні підйомачі з різною вантажопідймальністю і висотою підймання. Для транспортування деталей і вузлів використовують спеціальні візки, електрокари та рольганги. Для рухомого складання використовують конвесри.

Механізація та автоматизація, пов'язана з координуванням і закріпленням деталей і складальних одиниць, спричиняє найбільші труднощі через недостатність досягнення високої точності. Найменша похибка координування, яка виходить за межі допусків, може призвести до браку чи неможливості з'єднання деталей. Як правило, такі операції виконують вручну або для них проектують спеціальні пристрої. Ступінь механізації та автоматизації таких пристроїв визначається економічними міркуваннями.

Під час проектування технологічних процесів виготовлення необхідно пам'ятати про те, що максимальна ефективність виробництва забезпечується доцільним поєднанням відзначених вище принципів у конкретних умовах, після відповідних економічних обґрунтувань.

1.5. Висновки та постановка завдання на проектування

Проаналізувавши службове призначення деталі та виробу, технічні вимоги та норми точності, які до них висуваються, а також відомі технологічні процеси виготовлення, необхідно зробити відповідні висновки та здійснити постановку завдання на проектування, у якій чітко вказати, які саме елементи технологічних процесів підлягають вдосконаленню. Усі заплановані заходи з такого вдосконалення повинні бути детально пророблені під час виконання кваліфікаційної роботи.

Доцільність впровадження усієї сукупності заходів, присвячених розробленню нових чи підвищенню ефективності існуючих технологічних процесів, аналізують та розраховують в окремій частині роботи.

2. РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ

2.1. Попереднє встановлення типу та організаційної форми виробництва

Тип виробництва – це класифікаційна категорія, яка розрізняється за ознаками широти номенклатури, регулярності, стабільності та обсягу випуску продукції. Виділяють три типи виробництва: одиничне, серійне та масове. Залежно від кількості виробів у партії (серії) для серійного виробництва розрізняють також дрібно-, середньо- та великосерійне виробництво.

Тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій:

$$K_{з.о} = \frac{K_o}{K_{р.м}}, \quad (2.1)$$

де K_o – кількість усіх операцій, виконаних чи тих, що підлягають виконанню, на дільниці (лінії) протягом місяця; $K_{р.м}$ – кількість робочих місць на дільниці (лінії).

Коефіцієнт $K_{з.о}$ характеризує ступінь спеціалізації робочих місць. При $K_{з.о} \leq 1$ тип виробництва – масовий, якщо $1 < K_{з.о} \leq 10$ – великосерійний, при $10 < K_{з.о} \leq 20$ – середньосерійний; при $20 < K_{з.о} \leq 40$ – дрібносерійний, при $40 < K_{з.о}$ – одиничний.

Організаційно-технічна характеристика виробництва встановлюється відповідно до:

а) форми організації виробничого процесу (тип поточкових ліній для виробничих дільниць);

б) ступеня механізації й автоматизації поточкових ліній;

в) режиму роботи дільниці (лінії) та фонду часу роботи технологічного устаткування;

г) такту випуску виробів (для масового і великосерійне виробництва) чи розміру партії запуску виробів у виробництво (для інших типів виробництва).

Форма організації виробництва (поточкова або групова), визначає порядок виконання операцій у технологічних процесах, напрям руху деталей під час їх виготовлення, розміщення технологічного устаткування і робочих місць.

Поточкове виробництво характеризується розміщенням технологічного устаткування в послідовності виконання технологічного процесу, а також узгодженням інтервалу випуску виробів з часом здійснення кожної операції технологічного процесу. Використання поточної форми організації

виробництва забезпечується лише за певного співвідношення між тактом випуску та штучним часом виконання кожної з основних операцій. Близькість згаданих параметрів один до одного супроводжується повним і рівномірним завантаженням постійними операціями робочих місць. Якщо такт випуску з штучним часом узгодити не вдається, то організують змінно-потокове виробництво, за якого вироби на дільницю надходять партіями, однак їх оброблення чи складання виконується потоковим методом. Потокові та змінно-потокові лінії можуть бути однопредметними чи груповими. Потокові лінії поділяються на безперервно-потокові (синхронізовані) і перервно-потокові (синхронізація порушується, рівність штучного часу на всіх операціях не досягається). Потокова форма організації технологічних процесів є характерною для потокової форми організації виробництва.

Групове виробництво, на відміну від поточкового, відрізняється сумісним виготовленням груп виробів з різними конструктивними, але загальними технологічними ознаками. Групове виробництво характеризується груповою формою організації технологічних процесів. Систематизацію форм організації технологічних процесів встановлює ГОСТ 14.312-74.

Нижче наведено методику попереднього встановлення типу та організаційної форми виробництва для технологічних процесів механічного оброблення³.

1. Розрахунок річної програми запуску виробів у виробництво проводиться за заданою програмою випуску $N_{вип}$, а також даними щодо величини невідворотних втрат (браку) α , незавершеного виробництва β та обсягу запасних частин γ :

$$N = N_{вип} \cdot (1 + \alpha / 100 + \beta / 100 + \gamma / 100). \quad (2.2)$$

Вказані коефіцієнти (α , β , γ) потрібно вибирати за даними базового підприємства, а за відсутності таких даних – скористатися такими межами: $\alpha = 1 - 3$; $\beta = 2 - 4$; $\gamma = 2 - 6$.

2. Попереднє визначення типу виробництва виконують з метою проектування орієнтовного, найхарактернішого для заданої річної програми випуску, маршруту оброблення деталі.

Вибір здійснюється за додатком 1. Якщо маса деталі $Q_{дет}$ невідома, її необхідно розрахувати за залежністю

$$Q_{дет} = V_{дет} \cdot \rho,$$

де ρ – густина матеріалу деталі (для залізовмісних сплавів $\rho \approx 0,0000078$ кг/мм³); $V_{дет}$ – об'єм деталі, мм³.

³ Згадану методику можна використовувати також для визначення типу та організаційної форми виробництва для технологічних процесів складання.

3. Дійсний річний фонд часу F_p роботи устаткування. У кваліфікаційній роботі вибір дійсного фонду часу виконується для календарного року. Вказаний параметр приймають чи розраховують, враховуючи змінність роботи дільниці (лінії). Орієнтовні значення дійсного фонду часу роботи основного технологічного устаткування залежно від кількості робочих змін наведено у додатку 2.

4. Такт випуску деталей τ визначають за залежністю

$$\tau = \frac{60 \cdot F_p}{N}, \quad (2.3)$$

де N – річна програма запуску деталей, шт. (див. 2.2).

5. Розроблення попереднього маршруту виготовлення деталі і його наближене нормування. За відсутності документованого заводського технологічного процесу, маршрут механічного оброблення деталі розробляють, починаючи зі встановлення поверхонь, які підлягають обробленню, та значення окремих параметрів якості цих поверхонь. Усі вихідні дані доцільно звести у таблицю за прикладом табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Зведена інформація про оброблювані поверхні деталі

Характер розміру	Поверхня	Розмір, мм	Квалітет, IT	Допуск розміру, мкм	Шорсткість Ra, мкм
Діаметр	2	Ø80Js7	7	30	0,63
	3	Ø70H10	10	120	1,6
	6	Ø47Js7	7	25	1,25
	7	Ø40 ^{+0,12}	10-11	120	3,2
Довжина	1 – 14	52h14	14	740	12,5 / 12,5
	2 – 14	25±0,12	12-13	240	6,3 / 12,5
	10 – 14	40h14	14	620	6,3 / 12,5
	1 – 15	12h14	14	180	12,5 / необр.

Відповідно до типу оброблюваної поверхні, її точності та шорсткості вибирають методи оброблення (додатки 7–10). Крім цього необхідно враховувати й інші параметри якості, зокрема відхилення від форми та взаємного розташування поверхонь [53, 59 (т. 1), 65].

Маршрут оброблення компонують з урахуванням попередньо вибраного у п. 2 типу виробництва, групи верстатів⁴ та технологічного оснащення, узгоджуючи методи та їх послідовність під час оброблення окремих поверхонь. Необхідно брати до уваги можливість отримання окремої поверхні деталі

⁴ За групою верстата визначають назву операції (наприклад, поздовжньо-шліфувальний верстат – операція поздовжньо-шліфувальна).

внаслідок послідовного оброблення на верстатах різних типів, тому в розроблюваний маршрут необхідно додати відповідні операції, які визначаються типом застосовуваних верстатів. Наприклад, якщо передбачається циліндричну поверхню вала отримувати точінням і шліфуванням і для цього необхідно використовувати токарно-гвинторізний і круглошліфувальний верстати, то маршрут оброблення деталі-вала повинен містити відповідно токарно-гвинторізню та круглошліфувальну операції.

Вищенаведене повною мірою стосується й операцій, відмінних від механічного оброблення (зокрема, складальних).

Маршрут оброблення визначається дотриманням певної послідовності оброблення різних поверхонь (послідовності операцій), яка регламентується насамперед необхідністю забезпечення точності взаємного розташування поверхонь, передбаченої кресленням деталі.

Назви технологічних операцій та технологічних переходів повинні відповідати положенням Єдиної системи технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ) та Єдиної системи технологічної документації (ЄСТД) (див. додатки 166, 167).

Допускається розроблювати попередній маршрут оброблення, приймаючи за основу технологічний процес виготовлення деталі, який використовується на базовому підприємстві.

6. Наближене технічне (трудове) нормування попередньо складеного маршруту оброблення деталі здійснюється послідовним розрахунком основного часу T_0 виконання кожного переходу за наближеними формулами, відповідно до додатка 11.

Норму штучного часу $T_{шт}$, яка визначається для попередньо прийнятого масового та великосерійного типів виробництва⁵, для кожної операції розраховують як:

$$T_{шт} = \varphi_k \cdot T_0, \quad (2.4)$$

де φ_k – коефіцієнт, що враховує тип виробництва та тип верстата (додаток 12); T_0 – загальний основний час, що витрачається на виконання певної операції, хв. (визначається як сума основних часів виконання кожного окремого переходу).

Результати розрахунків записують у табл. 2.2.

Для визначення норм часу для виконання операцій технологічного процесу складання рекомендується користуватися даними базового підприємства. За відсутності таких даних можна використовувати дані, наведені у додатку 139.

⁵ Тут і далі: для інших типів виробництва (середньо- та дрібносерійне, одиничне) використовується норма *штучно-калькуляційного часу* $T_{шт.к.}$.

Наближене нормування маршруту оброблення деталі

Номер, назва, зміст операції	Розрахункове значення T_{op} хв	Φ_k	$T_{шт}$ хв
005. Фрезерно-центрувальна.			
1. Фрезерувати торці 1, 2 одночасно.	2,43		
2. Центрувати торці 1, 2 одночасно	1,86		
Разом по операції 005:	4,29	1,84	7,89
010. Токарно-гвинторізна.			
1. Точити пов. 3 начорно.	1,04		
2.		
.....		
Разом по операції 010:	5,01	2,14	10,72
.....
Разом по технологічному процесу:	24,12	-	39,96

7. Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій і встановлення типу виробництва здійснюється на основі визначення наведених нижче параметрів.

1. Нормативний коефіцієнт завантаження устаткування $\eta_{норм}$ (для масового виробництва приймати таким, що дорівнює $\eta_{норм} = 0,65 - 0,70$; для великосерійного виробництва – $\eta_{норм} = 0,71 - 0,75$; для середньосерійного виробництва – $\eta_{норм} = 0,76 - 0,80$; для дрібносерійного виробництва – $\eta_{норм} = 0,81 - 0,85$; для одиничного виробництва – $\eta_{норм} = 0,86 - 0,90$).

2. Розрахункова кількість одиниць $m_{розр}$ технологічного устаткування, яке використовується під час виконання кожної операції:

$$m_{розр} = \frac{1}{60} \cdot \frac{T_{шт} \cdot N}{F_p} = \frac{T_{шт}}{\tau} \quad (2.5)$$

Отримане значення заокруглюють до більшого цілого числа, приймаючи фактичну кількість верстатів (робочих місць) $m_{факт}$ на конкретній операції.

3. Фактичний (дійсний) коефіцієнт завантаження устаткування на кожній операції $\eta_{факт}$:

$$\eta_{факт} = \frac{m_{розр}}{m_{факт}} \quad (2.6)$$

У разі перевищення $\eta_{факт}$ прийнятого значення $\eta_{норм}$, фактичну кількість верстатів (робочих місць) на операції $m_{факт}$ (див. п. 2) збільшують на одиницю з подальшим перерахунком скоректованої величини $\eta_{факт}$.

4. Кількість операцій, які можна виконати на одному робочому місці (верстаті):

$$O = \frac{\eta_{\text{норм}}}{\eta_{\text{факт}}}, \quad (2.7)$$

Розраховану за (2.7) кількість операцій необхідно заокруглити до ближчого більшого числа.

5. Загальна кількість робочих місць $K_{р.м}$ та загальна кількість операцій K_o , які можуть бути виконані на верстатах дільниці,

$$K_{р.м} = \sum_{i=1}^k m_{\text{факт}_i}, \quad K_o = \sum_{j=1}^r O_j, \quad (2.8)$$

де k – загальна кількість робочих місць; r – загальна кількість операцій.

Усі розрахунки записують у табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Вихідні дані для встановлення типу виробництва

Номер та назва операції	$T_{шт}, хв$	$m_{розр}$	$m_{факт}$	$\eta_{факт}$	O
005. Фрезерно-центрувальна	7,89	1,36	2	0,68	2
010. Токарно-гвинторізна	10,72	1,84	3	0,61	2
.....
Разом по технологічному процесу:	39,96	6,89	11	0,63	12

Якщо, відповідно до виконаних розрахунків (за формулами (2.5) та (2.6)), окремі робочі місця (операції) мають коефіцієнт завантаження, який є значно нижчим від нормативного, необхідно проаналізувати технологічний процес з метою можливого підвищення цього коефіцієнта. Для цього потрібно розглянути можливість об'єднання усіх переходів, які виконуються на однотипному устаткуванні, у межах однієї операції. Якщо технологічний процес виготовлення дає змогу виконати таке об'єднання, необхідно уточнити дані табл. 2.3 з подальшим виконанням перерахунків за формулами (2.5) та (2.6). У такому разі кількість операцій, які можна виконати на одному робочому місці, визначають за формулою

$$O_j = \left[\frac{\eta_{\text{норм}}}{\sum_{i=1}^f \eta_{\text{факт}_i}} - 1 + f \right] \cdot m_{\text{факт}}, \quad (2.9)$$

де f – загальна кількість однойменних операцій оброблення деталі, які передбачається виконувати на одному робочому місці.

Розраховану за (2.9) кількість операцій необхідно заокруглити до ближчого більшого числа.

Відповідно до (2.1) обчислюють коефіцієнт закріплення операцій $K_{з.о.}$, а за його величиною встановлюють тип виробництва.

Середньозважений штучний час $T_{шт.ср.зв}$, що витрачається на виконання основних операцій маршруту оброблення:

$$T_{шт.ср.зв} = \frac{\sum_{i=1}^k \frac{T_{шт.к}}{m_{факт.к}}}{\sum n}, \quad (2.10)$$

де n – кількість основних операцій маршруту оброблення.

7. Встановлення організаційної форми виробництва. Перевірка можливості застосування потокової форми виробництва для однономенклатурної потокової лінії, за умови завантаження її устаткування не менш як на 60 %, виконується порівнянням норми середньозваженого штучного часу $T_{шт.ср.зв}$

для основних операцій з розрахунковим тактом випуску τ , що еквівалентно встановленню середньої кількості робочих місць R_M , які припадають на одну операцію:

$$R_M = \frac{T_{шт.ср.зв}}{\tau} = \frac{1}{60} \cdot \frac{T_{шт.ср.зв} \cdot N}{F_p}. \quad (2.11)$$

Якщо $R_M \geq 0,6$ – приймають потокову форму організації виробництва. В іншому випадку – групу.

Потокова форма організації виробництва.

Ритмічність і безперервність роботи потокової лінії визначається тактом випуску деталей. Величина такту залежить від типу лінії:

– однономенклатурна лінія $\tau = \frac{60 \cdot F_p}{N} \cdot \eta_{норм.л.}$;

– багатноменклатурна лінія $\tau = \frac{60 \cdot F_p}{\sum_{j=1}^p N_j} \cdot \eta_{норм.л.}$;

– автоматична лінія $\tau = \frac{60 \cdot F_p}{N} \cdot \eta_{норм.л.}$,

де F_p – дійсний річний фонд часу роботи одиниці устаткування автоматичної лінії (год.); $\eta_{норм.л.} = 0,75 - 0,95$ – плановий нормативний коефіцієнт завантаження устаткування ліній, який враховує простої з організаційно-технічних причин і регламентованих перерв на відпочинок (більші значення

$\eta_{\text{норм.л}}$ відповідають масовому виробництву); N_j – кількість j -х виробів (деталей), що підлягають випуску за рік; j – порядковий номер виробу (деталі), $j = 1, 2, 3; \dots, P$.

Групова форма організації виробництва

Групова форма організації виробництва характеризується періодичним запуском деталей партіями. Для наявності такої форми організації виробництва додатково необхідно встановити:

– попередній розмір партії запуску P_0

$$P_0 = P_d \cdot a = \frac{N}{D} \cdot a, \quad (2.12)$$

де P_d – добове завдання шт. $\left(P_d = \frac{N}{D} \right)$; a – періодичність запуску в днях (приймають $a = 3, 6, 12, 24$ дні); D – кількість робочих днів у році (приймають $D = 254$ дні);

– кількість змін Z_0 , необхідних для виготовлення (оброблення, складання тощо) всієї партії деталей (виробів) розміром P_0 :

$$Z_0 = \frac{T_{\text{шт.сер}} \cdot P_0}{F_{\text{доб}} \cdot \eta_{\text{норм}}}, \quad (2.13)$$

де $F_{\text{доб}}$ – добовий фонд часу роботи устаткування в одну зміну (приймають $F_{\text{доб}} = 476$ хв.);

– фактичну кількість змін $Z_{\text{факт}}$, протягом яких планується виконувати виготовлення партії виробів (значення Z_0 необхідно заокруглити до більшого цілого числа);

– фактичну кількість виробів у партії $P_{\text{факт}}$ для одночасного запуску

$$P_{\text{факт}} = \frac{F_{\text{доб}} \cdot \eta_{\text{норм}}}{T_{\text{шт.сер}}} \cdot Z_{\text{факт}}, \quad (2.14)$$

2.2. Вибір методу отримання заготовки

Заготовка – це предмет праці, з якого за допомогою зміни форми розмірів, властивостей поверхні та (чи) матеріалу виготовляють деталь.

Заготовка може бути штучною чи виготовленою зі сортового прокату. До штучних заготовок належать виливок – виріб чи заготовка, отримані технологічними методами лиття; штампована заготовка – виріб чи заготовка, отримані технологічними методами штампування; поковка – виріб чи заготовка, отримані технологічними методами кування, об'ємного штампування чи вальцювання.

Вибрати заготовку означає визначити раціональний спосіб її виготовлення, конструкцію, напуски та припуски на оброблення різанням, розміри та їх допустимі відхилення, вимоги до якості поверхонь тощо.

Відповідно до **технічного принципу** проєктований ТП виготовлення заготовки має забезпечити виконання вимог креслення та технічних умов на виготовлення виробу. До них належать: точність форми та розмірів поверхонь, їх взаємне розташування, якість поверхонь, матеріал і його фізико-механічні властивості.

Відповідно до **економічного принципу** виробу потрібно виготовляти з мінімальними затратами праці, для чого необхідно задовольнити такі вимоги:

- заготовки за формою та розмірами мають наближатися до готових виробів; ступінь цього наближення зростає зі збільшенням програми випуску;
- базування заготовок у пристроях має забезпечувати максимальну надійність технологічного оснащення для оброблення різанням;
- способи оброблення заготовок повинні відповідати сучасним вимогам технології машинобудування;
- устаткування й технологічне оснащення мають бути високопродуктивними і піддаватись механізації й автоматизації;
- використовувані інструменти для отримання й оброблення заготовок повинні по можливості бути стандартними й уніфікованими.

Відповідно до **організаційного принципу** виготовлення виробів необхідно здійснювати в умовах, що забезпечують максимальну їх ефективність. Форма організації ТП виготовлення заготовки має відповідати заданому типу виробництва.

З можливих варіантів вибирають той спосіб виготовлення заготовки, що найбільше відповідає заданому критерію оптимізації, яким може бути вартість, якість виробу та продуктивність праці. У разі однакової продуктивності праці перевагу віддають варіанту з меншою вартістю, а за рівної вартості – продуктивнішому варіанту, але за умови обов'язкового забезпечення заданої якості виробів.

Нові ТП виготовлення заготовок розробляють у разі проєктування нового та реконструкції чинного виробництва, організації виробництва нових виробів чи впровадження у виробництво нових досягнень науки та техніки.

Фактори, які впливають на вибір способу отримання заготовки

Спосіб виготовлення заготовки вибирають залежно від форми, розмірів і маси деталі, точності розмірів, якості поверхонь, фізико-механічних і технологічних властивостей матеріалу деталі, програми випуску, виробничих можливостей підприємства.

Складні за формою заготовки отримують литтям чи зварюванням їх з простіших частин (збірні заготовки). Прості заготовки формують гарячим та

холодним штампуванням, вільним куванням, вальцюванням, прокатуванням, пресуванням тощо.

Для лиття та вільного кування розміри й маса заготовок практично не обмежені. Обмеженими можуть бути в окремих випадках мінімальні розміри (товщина стінки виливка, маса виливка чи поковки тощо) або максимальні розміри чи маса (штамповані та ковані заготовки).

Точність розмірів і якість поверхонь заготовок часто визначають їх вартість, що залежить здебільшого від вартості формоутворювального оснащення та устаткування.

Істотно впливає на вартість заготовки програма її випуску. Більша програма випуску зазвичай забезпечує меншу вартість заготовок, причому ця залежність має непропорційний характер. Часто за програмою випуску заготовок визначають доцільність цього чи іншого способу її виготовлення.

Вибирати спосіб виготовлення заготовки не можна без урахування виробничих можливостей підприємства (наявність відповідного технологічного устаткування та оснащення, виробничих площ, ремонтної бази, допоміжних служб, відповідної кількості основних робітників і службовців необхідної кваліфікації тощо). Подекуди вибір способу виготовлення заготовки вимагає організації нових для підприємства виробничих процесів, що зумовлює необхідність придбання нового устаткування й оснащення, підготовки спеціалістів належної кваліфікації чи придбання потрібних заготовок від інших виробників. Тому вибір способу виготовлення заготовки вимагає всбічного технічного та економічного обґрунтування.

Одним з основних факторів, що впливають на вибір способу виготовлення заготовки, є *обсяг їх подальшого оброблення*, який визначається величинами напусків, припусків на оброблення різанням, ливарних і штампувальних ухилів, наявністю та розмірами дефектних шарів, спотворень форми поверхонь тощо.

Істотно зменшують обсяг оброблення різанням та полегшують його виконання (базування під час оброблення різанням) за рахунок раціонального розташування заготовки в ливарній формі чи штампі щодо площини її рознімання.

Вибираючи спосіб виготовлення заготовки, зазвичай зважають на умови необхідності економії праці та матеріалів, механізації та автоматизації виробництва, підвищення якості деталі чи виробу, що виготовлятиметься з цієї заготовки.

Порівняно легко автоматизуються безперервні процеси виробництва заготовок – лиття, прокатування, зварювання, пресування, волочіння, штампування, вальцювання тощо. Ефективними для певних умов є складані заготовки, що дають змогу значно спростувати їх конструкції, допускають виготовлення

різних частин заготовки з різних матеріалів, а також виготовлення заготовок значних розмірів і мас.

Дуже важливим є вдалий вибір способу виготовлення заготовки для умов гнучкого автоматизованого виробництва, коли технічні вимоги до заготовок значно зростають (вони вимагають вищої точності форми, розмірів, меншої зміни властивостей матеріалів заготовок тощо).

Методика вибору оптимального способу виготовлення заготовки

Вибір заготовки є складним завданням, що пояснюється багатьма факторами, вплив яких за різних обставин є неоднозначним. Тому вибір способу виготовлення заготовки вимагає всебічного розгляду можливих варіантів з детальним технічним та економічним обґрунтуванням вибраного.

Для умов серійного та масового виробництва вибір способу виготовлення заготовки повинен супроводжуватися необхідними розрахунками та обґрунтуваннями, в яких потрібно враховувати не тільки витрати на виготовлення заготовки, а й витрати на її подальше оброблення.

Загальна послідовність вибору заготовки:

- 1) аналіз факторів, які впливають на вибір способу виготовлення заготовки;
- 2) визначення матеріалу і конструктивної форми заготовки;
- 3) аналіз можливості отримання заготовки з окремих стандартних (чи стандартизованих) частин, сортаментів, матеріалів, які випускаються промисловістю (періодичний чи сортовий прокат, виливки, поковки тощо);
- 4) добір способу виготовлення заготовки та основного технологічного устаткування;
- 5) конструювання заготовки та розроблення технологічного процесу її виготовлення;
- 6) здійснення техніко-економічних розрахунків.

Зазвичай вибирають не один, а декілька альтернативних варіантів, для яких визначають техніко-економічні показники й на основі їх аналізу вибирають найраціональніший.

Критеріями оптимізації для вибору способу виготовлення заготовки є якість деталі, продуктивність праці з урахуванням оброблення різанням, вартість деталі чи технологічна працесмність її виготовлення, витрати матеріалу. Враховуючи наведені вимоги, можна дати окремі загальні рекомендації для попереднього вибору способу виготовлення заготовки у машинобудуванні.

Корпусні коробчасті заготовки закритої форми для всіх типів виробництва доцільно виготовляти литтям; відкритої конструкції для масового та серійного виробництва – литтям, а для дрібносерійного та одиничного виробництва – зварюванням. **Заготовки дисків, трійників, важелів, кришок,**

маточин, шківів, шестерень тощо для масового та серійного виробництва отримують штампуванням, прокатуванням чи литтям, а для дрібносерійного та одиничного – литтям. *Заготовки валів, стаканів, втулок* з невеликою різницею діаметрів окремих поверхонь для всіх типів виробництва виготовляють з прокату. *Заготовки балок, кронштейнів, рам, ферм, каркасів, траверс* для всіх типів виробництва отримують зварюванням зі сортового прокату.

Для багатосерійного та масового виробництва широко застосовують сортовий, періодичний і спеціальний прокат, тонкостінні гнуті профілі та лиття.

Детальніші рекомендації щодо вибору доцільних методів отримання заготовок наведено у спеціальній літературі.

Методика техніко-економічного обґрунтування способу виготовлення заготовки.

У технологічній практиці найчастіше існують такі випадки:

1. Вид заготовки заданий.
2. Зміна виду заготовки не викликає істотних змін у технологічному процесі подальшого механічного оброблення.
3. Зміна виду заготовки істотно змінює технологічний процес подальшого механічного оброблення.

У першому випадку техніко-економічне обґрунтування способу отримання заготовки не потрібне.

У другому випадку обґрунтування вибору способу отримання заготовки ведуть за технологічною вартістю лише заготовки і значенням коефіцієнта використання матеріалу. Перевага надається виду заготовки, який забезпечує мінімальну технологічну вартість і максимальний коефіцієнт використання матеріалу.

У третьому випадку техніко-економічне обґрунтування способу отримання заготовки ведуть за технологічною вартістю деталі, разом з вартістю подальшого механічного оброблення її заготовки і коефіцієнтом використання матеріалу.

У кваліфікаційній роботі допускається техніко-економічне обґрунтування виконувати як для другого випадку, вибираючи з технологічних міркувань мінімум два способи отримання заготовки. Розрахунки вартості заготовки і коефіцієнта використання матеріалу виконують у пояснювальній записці для усіх способів, а робоче креслення заготовки – лише для вибраного кінцевого виду заготовки⁶.

Техніко-економічне обґрунтування способу отримання заготовки ведуть відповідно до вимог стандартів з розрахунку економічної ефективності нової техніки. У кваліфікаційній роботі допускається застосування спрощених розрахунків.

⁶ Робоче креслення заготовки розробляють та наводять у пояснювальній записці після виконання технологічного розмірного аналізу (див. п. 2.7).

Вартість заготовок із сортового прокату:

$$S_{np} = Q_{zag} \cdot \frac{C_{zag}}{1000} - (Q_{zag} - Q_{det}) \cdot \frac{C_{vidx}}{1000} + S_{техн}, \quad (2.15)$$

де Q_{zag} , Q_{det} – маса відповідно заготовки і деталі, кг⁷; C_{zag} , C_{vidx} – ціна однієї тонни матеріалу відповідно заготовки і відходів, грн./т (встановлюється за додатками 16 і 18); $S_{техн}$ – технологічна вартість заготівельних операцій правки, розрізки, калібрування прокату, грн.

Технологічну собівартість $S_{техн}$ визначають на підставі даних базового підприємства. За відсутності таких даних зазначену величину обчислюють, враховуючи собівартість хвилини роботи вибраного типу основного технологічного устаткування (див. додаток 151) та машинного часу на відповідну операцію (дodatки 11, 12).

Вартість литих заготовок:

$$S_{вил} = \frac{C_{zag}}{1000} \cdot Q_{zag} \cdot K_{BT} \cdot K_{ВП} \cdot K_{ВМС} \cdot K_{ВС} \cdot K_{ВМТ}, \quad (2.16)$$

де K_{BT} , $K_{ВП}$, $K_{ВМС}$, $K_{ВС}$, $K_{ВМТ}$ – коефіцієнти, які враховують клас точності вилівка (K_{BT}), річну програму випуску ($K_{ВП}$), масу ($K_{ВМС}$), складність форми ($K_{ВС}$) і марку матеріалу ($K_{ВМТ}$); орієнтовні значення цих коефіцієнтів наведено у додатках 21, 23 – 26.

Вартість штампованих і кованих заготовок:

$$S_{ков} = \frac{C_{zag}}{1000} \cdot Q_{zag} \cdot K_{ШТ} \cdot K_{ШП} \cdot K_{ШМС} \cdot K_{ШС} \cdot K_{ШМТ}, \quad (2.17)$$

де $K_{ШТ}$, $K_{ШП}$, $K_{ШМС}$, $K_{ШС}$, $K_{ШМТ}$ – коефіцієнти, які враховують клас точності ($K_{ШТ}$), річну програму випуску ($K_{ШП}$), масу ($K_{ШМС}$), складність ($K_{ШС}$), і марку матеріалу ($K_{ШМТ}$) штампованих і кованих заготовок (дodatки 27, 29 ... 32).

Значення базових вартостей основних видів штучних заготовок, а також вартостей відповідних видів відходів вибирають відповідно до діючих цін (у кваліфікаційній роботі допускається використання додатків 17, 18).

Якщо вартість заготовок порівнюваних варіантів відрізняється між собою менше, ніж на 5 %, то спосіб отримання заготовки вибирають за коефіцієнтом використання матеріалу:

$$K_{в.м} = \frac{m_{дет}}{m_{zag} + m_{тех.видх}}, \quad (2.18)$$

⁷ У цій та подальших формулах масу заготовки необхідно розраховувати, використовуючи для визначення її об'єму відповідні математичні залежності чи дані, отримані засобами комп'ютерного моделювання (КОМПАС-3D, SolidWorks тощо). Для попереднього призначення величини технологічних припусків на оброблювані поверхні доцільно використовувати дані, наведені у довідковій літературі, наприклад, [10, 22, 38, 49, 57 (т. 5), 59 (т. 1), 60 (т. 1) тощо].

де $m_{\text{тех.відх}}$ – маса неминучих технологічних відходів матеріалу, яка становить переважно 5–15 % від маси заготовки і залежить від способу отримання заготовки; відсоток цих витрат приймається за рекомендаціями.

Кращим способом отримання заготовки вважається той, у якого значення $K_{\text{в.м}}$ є більшим. Якщо $K_{\text{в.м}}$ відрізняється менше ніж на 5 %, то вид заготовки вибирають, враховуючи технологічні міркування.

Остаточно вибирати заготовку за третім варіантом (зміна виду заготовки істотно змінює технологічний процес подальшого механічного оброблення) необхідно під час виконання розділу проекту, присвяченого процесу оптимізації технологічного процесу оброблення деталі.

2.3. Вибір необхідної кількості переходів та встановлення можливих методів оброблення поверхонь

Під час побудови маршруту виготовлення деталі враховують те, що кожен наступний метод оброблення повинен бути точнішим за попередній. Технологічний допуск на проміжний розмір, який отриманий на попередньому етапі оброблення, повинен перебувати в тих межах, при яких принципово можливе виконання подальшого наміченого методу оброблення. Після чорнового розточування не можна, наприклад, застосовувати чистове розвертання, оскільки для усунення всіх похибок попереднього оброблення зубці розвертки працюватимуть з недопустимо великою глибиною різання. Визначають кількість етапів оброблення (фактично – кількість технологічних переходів) з використанням гіпотези про послідовне уточнення розміру поверхні заготовки економічно доцільними методами до точності розміру поверхні деталі.

Після оброблення заготовка отримує розрахункове уточнення, яке дорівнює:

$$\varepsilon_{y \text{ розр}} = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}}, \quad (2.19)$$

де $T_{\text{заг}}$, $T_{\text{дет}}$ – допуски на розмір оброблюваної поверхні заготовки і деталі відповідно (значення допусків T_i для найрозповсюдженіших значень номінальних розмірів наведено у додатку 3).

У загальному випадку кожен поверхню обробляють послідовно чорновими, чистовими та викінчувальними методами, на кожному з яких точність поверхні підвищується на величину

$$\varepsilon_{y_i} = \frac{T_{i-1}}{T_i} \quad (2.20)$$

де T_{i-1} , T_i – відповідно допуски, що забезпечуються попереднім і поточним методами оброблення.

Допустиму точність оброблення поверхні можна забезпечити різними методами, кожний з яких має свою величину уточнення. Повністю оброблена поверхня отримує загальне уточнення, яке дорівнює добутку уточнень, отриманих на кожному переході (операції):

$$\varepsilon_{y\Sigma} = \varepsilon_{y_1} \cdot \varepsilon_{y_2} \cdot \varepsilon_{y_3} \cdot \dots \cdot \varepsilon_{y_m} = \prod_{i=1}^m \varepsilon_{y_i}. \quad (2.21)$$

Ознакою того, що кількість методів оброблення поверхні деталі вибрано правильно, є нерівність:

$$\varepsilon_{y_{\text{розр}}} \leq \varepsilon_{y\Sigma}. \quad (2.22)$$

Коефіцієнт уточнення визначає необхідну кількість методів оброблення m [15]:

$$m = \frac{\lg \varepsilon_{y_{\text{розр}}}}{0,46}. \quad (2.23)$$

Кількість методів оброблення для розмірів, точність яких задана відповідним квалітетом, наведена у додатку 13.

Вибираючи методи оброблення, необхідно враховувати, що

підвищення точності механічного оброблення на окремих етапах (переходах) технологічного процесу відбувається непропорційно: на початкових операціях точність оброблення підвищується на більшу кількість квалітетів; на викінчувальних – меншу.

Відповідно до цього правила під час планування оброблення потрібно враховувати максимальну точність, яку можна досягнути на поточному переході. Орієнтовні значення кількості квалітетів, на які підвищується точність під час механічного оброблення (за різних співвідношень квалітетів точності заготовки та деталі), наведені у додатку 14, а відповідні граничні значення уточнень – у додатку 15.

Одних й тих самих показники точності можна досягти різними методами оброблення. Перевагу необхідно надавати тим методам, що мають меншу кількість переходів (наприклад, дев'ятий квалітет точності забезпечується одноразовим протягуванням на противагу розсвердлюванню із зенкеруванням). Для різних поверхонь однієї деталі варто вибирати однакові методи оброблення. Це дозволить зменшити номенклатуру різальних інструментів, сумістити оброблення різних поверхонь, зменшити кількість установів, підвищити продуктивність і точність оброблення.

Для коректного призначення методів оброблення необхідно пам'ятати, що поверхня з порівняно невисокою точністю (квалітетом точності) може мати низьку шорсткість чи жорсткі допуски форми та взаємного розташування

поверхонь. Кількість методів оброблення таких поверхонь потрібно збільшувати до необхідної кількості, встановленої за довідковими даними, наприклад, за табл. 1–9 [59 (т. 1)].

Загалом методика вибору методів оброблення передбачає такі етапи:

1. Встановлюють допуск заготовки $T_{за}$.
2. Визначають розрахункове уточнення $\varepsilon_{у розр}$ (2.19).
3. Встановлюють кінцеві методи оброблення і здійснюють їх аналіз.
4. Розраховують необхідну кількість методів оброблення m (2.23).
5. Встановлюють попередні методи оброблення.
6. Для кожного методу оброблення встановлюють середньоекономічний квалітет і допуск.
7. Розраховують уточнення для кожного методу оброблення $\varepsilon_{у_i}$ (2.20).
8. Розраховують загальне уточнення всіх методів оброблень $\varepsilon_{у \Sigma}$ (2.21).
9. Перевіряють правильність призначення та, за необхідності, уточнюють методи оброблення залежно від необхідної шорсткості та допусків форми і взаємного розташування поверхонь.
10. Усі розрахунки записують до таблиці за прикладом табл. 2.4.

2.4. Вибір і розрахункове обґрунтування технологічних баз

Під час оброблення заготовка деталі повинна займати заздалегідь визначене, постійне положення щодо елементів системи ВПД. Вибір такого положення здійснюється на основі теорії базування (ГОСТ 21495 – 76).

Базування – це надання деталі чи виробу необхідного положення щодо вибраної системи координат.

База – це поверхня чи сукупність поверхонь, що виконують ту саму функцію, вісь, точка, які належать заготовці чи виробу, і використовуються для базування. За кількістю ступенів вільності, яких вони позбавляють заготовку (виріб), бази поділяють на:

– встановлювальну, яка використовується для накладання на заготовку (виріб) зв'язків, що позбавляють її трьох ступенів вільності (переміщення вздовж однієї координатної осі і поворотів навколо інших двох осей);

– напрямну, яка використовується для накладання на заготовку (виріб) зв'язків, що позбавляють її двох ступенів вільності (переміщення вздовж однієї координатної осі і повороту навколо іншої осі);

– опорну, яка використовується для накладання на заготовку (виріб) зв'язків, що позбавляють її одного ступеня вільності (переміщення вздовж однієї координатної осі чи повороту навколо іншої осі);

Таблиця 2.4

Вибір методів оброблення поверхонь деталей

Поверхня	Розмір, мм	Квалітет	Довж. розміру деталі $T_{\text{дет}}$, мм	Довж. розміру заготовки $T_{\text{заг}}$, мм	Розрахункове значення умноження $C_{\text{рп}}$	Розрахункова кількість переходів, $m_{\text{рп}}$	Прийнята кількість переходів, $m_{\text{пр}}$	Можливі методи оброблення	Лісна точність оброблення на переході $T_{\text{р}}$, мкм	Лісна значення умноження на переході $C_{\text{р}}$	Загальне значення умноження $C_{\text{з}}$
1 - 21	166 ^{-0,050} -0,165	9 - 10	115	1 850	16,09	2,78	3	1. Фрезерування чорнове 2. Фрезерування чистове 3. Шліфування одноразове	480	3,85	18,50
8	Ø350 H7	7	57	3 600	63,16	3,92	4	1. Свердління 2. Зенкерування 3. Розвертання попереднє 4. Розвертання кінцеве	-	-	10,0 після свердл.
15	Ø10 H6	7	15	0,150	10,0	2,61	3	1. Свердління 2. Зенкерування 3. Розвертання попереднє 4. Розвертання кінцеве	40	3,75	10,0 після свердл.

– подвійну напрямну, яка використовується для накладання на заготовку (виріб) зв'язків, що позбавляють її чотирьох ступенів вільності (переміщення вздовж двох координатних осей і повороту навколо цих осей);

– подвійну опорну, яка використовується для накладання на заготовку (виріб) зв'язків, що позбавляють її двох ступенів вільності (переміщення вздовж двох координатних осей).

Теоретична схема базування (скорочено: **схема базування**) – це схема розташування опорних точок⁹ на базових елементах заготовки (виробу). Усі опорні точки зображають умовними знаками (рис. 2.1) і нумерують порядковими номерами, починаючи з бази, на якій розташована найбільша кількість точок. При накладанні у будь-якій проекції однієї опорної точки на іншу, зображається одна точка. Біля неї проставляють номери суміщених точок. Кількість проєкцій заготовки чи виробу на схемі базування повинна бути достатньою для чіткого уявлення про розташування опорних точок.

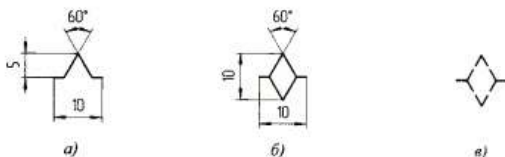


Рис. 2.1. Умовне зображення опорних точок: вигляд спереду і збоку (а); вигляд зверху (б); вигляд знизу (в)

Схему базування розробляють з метою раціонального вибору базових елементів деталі (точка, вісь, площина). Застосування вибраних базових елементів деталі для надання заготовці однозначного положення в пристрої забезпечує необхідну стійкість заготовки під час її оброблення (див. п. 3.1), а також необхідне взаємне розташування оброблених поверхонь щодо інших поверхонь заготовки з точністю, заданою кресленням деталі. Приклади найрозповсюдженіших схем базування заготовок деяких класів деталей у пристроях наведено у додатку 60. Основною метою оптимального вибору технологічних баз є визначення послідовності оброблення різних поверхонь заготовки, що регламентується необхідністю забезпечення точності взаємного розташування поверхонь, передбаченою кресленням деталі.

Конструкторська база – база, яка визначає положення деталі чи складальної одиниці у виробі. **Основна база** – конструкторська база деталі чи

⁹ Опорна точка символізує один із зв'язків заготовки (виробу) з вибраною системою координат. Кількість опорних точок на схемі базування завжди дорівнює кількості ступенів вільності, яких опора позбавляє заготовку під час базування останньої.

складальної одиниці, яка визначає їх положення у виробі. *Допоміжна база* – конструкторська база деталі чи складальної одиниці, яка визначає положення приєднаних до них інших деталей, складальних одиниць чи виробів.

Технологічна база – база, яка визначає положення заготовки, складальної одиниці або виробу під час їх виготовлення, ремонту чи складання.

Вимірвальна база – база, яка визначає відносне положення деталі, складальної одиниці або виробу та засобів їх вимірювання (контролю).

Передбачена стандартом класифікація баз доповнена додатковою класифікацією, яка дає змогу систематизувати практичні принципи вибору технологічних баз [31].

Контактна база – технологічна база, яка безпосередньо контактує з відповідними встановлювальними поверхнями пристрою.

Налагоджувальна база – одна з оброблених поверхонь у разі визначеного встановлення заготовки на операції, щодо якої орієнтовані решта оброблених поверхонь. Налагоджувальна база безпосередньо пов'язана відповідними розмірами в певному координатному напрямку з кожною з оброблених поверхонь (рис. 2.2).

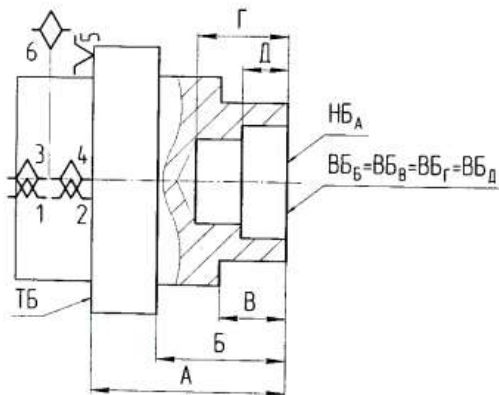


Рис. 2.2. Використання налагоджувальної бази для витримування технологічних розмірів (НБ_А – налагоджувальна база, ТБ_А – технологічна база, ВБ_Б, ВБ_В, ВБ_Г, ВБ_Д – вимірвальні бази для розмірів Б, В, Г, Д, відповідно)

Перевіркова база (база для вивірювання) – поверхня, лінія або точка заготовки (деталі), відносно якої здійснюється вивірювання положення заготовки на верстаті або встановлення різального інструмента для оброблення заготовки, або вивірювання інших деталей (складальних одиниць) під час складання виробу. Використання

методу базування за допомогою перевірових баз виправдане в дрібносерійному та одиничному виробництві важкого машинобудування, де виготовлення складних пристроїв і додаткове точне оброблення контактних баз є недоцільним.

Чорнова база – технологічна необроблена база, яка використовується у разі першого встановлення заготовки.

Чистова база – технологічна попередньо оброблена база, яка використовується на всіх стадіях оброблення, окрім першої.

Визначеність базування – незмінність положення деталі чи складальної одиниці, яке досягнуте базуванням.

Точність базування – ступінь відповідності положення деталі чи складальної одиниці, досягнутого базуванням, необхідному положенню.

2.4.1. Загальні особливості вибору технологічних баз

Призначення технологічних і вимірювальних баз є одним з найбільш складних і принципових розділів проектування технологічного процесу.

Від належного вибору технологічних баз значною мірою залежать:

- фактична точність виконання розмірів;
- фактична точність взаємного розташування оброблених поверхонь деталі;
- ступінь складності пристроїв, різальних інструментів та засобів вимірювання;
- продуктивність оброблення заготовок.

Вибір вимірювальних баз впливає на структуру контрольних операцій, а також на конструктивне виконання контрольних пристроїв, оскільки формально віддаль між поверхнями деталі можна проконтролювати від однієї з двох поверхонь, з'єднаних на кресленні одним розміром.

На практиці технологічні бази реалізують у формі опор, на вибір конструктивного виконання яких впливають форма, розміри, шорсткість базових поверхонь заготовки, а також очікувана стійкість і жорсткість її закріплення. Для визначення виду опори для встановлення¹⁰ заготовки у пристрої, необхідно на етапі розроблення схеми базування враховувати кількість ступенів вільності, яких опори позбавляють заготовку. Нижче наведено основні види опор та їх характеристики:

- площина – позбавляє заготовку трьох ступенів вільності;
- палець високий циліндричний (оправка) – позбавляє чотирьох ступенів вільності (подвійна напрямна база);
- палець низький циліндричний – позбавляє двох ступенів вільності (подвійна опорна база);

¹⁰ Встановлення – базування і закріплення заготовки у пристрої.

– палець низький зрізаний – позбавляє одного ступеня вільності (опорна база);

– призма довга – позбавляє чотирьох ступенів вільності (подвійна напрямна база);

– призма коротка – позбавляє двох ступенів вільності (подвійна опорна база);

– оправка довга конічна – позбавляє п'яти ступенів вільності; (практична реалізація – конічний палець);

– центри двосторонні – позбавляють п'яти ступенів вільності; (практична реалізація – встановлення вала в центрах на конічні центрові отвори: один отвір позбавляє заготовку деталі трьох ступенів вільності (опорна база і дві точки подвійної напрямної бази); другий отвір позбавляє додатково заготовку деталі двох ступенів вільності (дві точки подвійної напрямної бази)).

Вибрана сукупність трьох технологічних баз формує систему координат заготовки чи виробу й утворює *комплект технологічних баз*. У такому комплекті відповідно розміщуються шість опорних точок. При цьому необхідно враховувати геометричні ознаки поверхонь. Найбільші габаритні розміри повинна мати поверхня встановлювальної бази, на якій розміщуються три опорні точки, найбільшу протяжність – поверхні напрямної бази (дві опорні точки), будь-які інші габаритні розміри – поверхня опорної бази (одна опорна точка).

Під час оброблення заготовка обов'язково повинна бути нерухомою щодо встановлювальних елементів пристрою, тобто позбавлена всіх шести ступенів вільності. Використання в певному координатному напрямку зайвої (сьомої і більше) постійної опорної точки є неприпустимим, оскільки супроводжується невизначеністю базування і втратою стійкого положення заготовки у разі її закріплення в пристрої. Якщо ж, відповідно до умов оброблення чи технічних умов, встановлених кресленням деталі, точне встановлення в пристрої заготовки у відповідних координатних напрямках не потрібне чи допускається її поворот навколо певної координатної осі, то доцільно застосувати неповну схему базування, у якій використовують п'ять, чотири і навіть три опорні точки. У цьому разі під час базування у пристрої заготовка позбавляється за допомогою встановлювальних елементів лише частини ступенів вільності. Решти ступенів вільності заготовку позбавляють затискні елементи пристрою, за допомогою яких до заготовки прикладаються сили затиску. На схемі базування формально відображають вплив сил затиску, прикладених до заготовки (наприклад, трикулачковий патрон, магнітна плита тощо).

Ураховуючи вищенаведене, у технології машинобудування розрізняють такі основні поєднання трьох технологічних баз [3]:

1) три взаємно перпендикулярні площинні поверхні (зовнішні чи внутрішні) – встановлювальна поверхня (3 опорні точки), напрямна поверхня (2 опорні точки), опорна поверхня (1 опорна точка).

2) циліндрична зовнішня (внутрішня) довга та дві площинні поверхні – циліндрична поверхня (4 опорні точки), торцева поверхня (1 опорна точка), площинна поверхня (1 опорна точка);

3) циліндрична зовнішня (внутрішня) коротка (довжина циліндричної частини менша за 1/3 діаметра) та дві площинні поверхні – торцева поверхня (3 опорні точки), циліндрична поверхня (2 опорні точки), площинна поверхня (1 опорна точка);

4) одна площинна та дві циліндричні внутрішні поверхні – площинна поверхня (3 опорні точки), одна циліндрична поверхня (2 опорні точки – отвір встановлюється на циліндричний палець); одна циліндрична поверхня (1 опорна точка – отвір встановлюється на зрізаний палець);

5) одна площинна та дві циліндричні зовнішні поверхні – площинна поверхня (3 опорні точки), одна циліндрична поверхня (2 опорні точки); одна циліндрична поверхня (1 опорна точка);

6) комбінація реальних поверхонь з площинами, осями або центрами симетрії – елементами симетрії.

У додатках 60–62 наведено приклади вказаних поєднань баз (вибірково).

Нижче наведено узагальнений алгоритм вибору технологічних баз.

1. Аналіз функціонального призначення різних поверхонь деталі і розмірних зв'язків між ними, в результаті якого необхідно виявити основні та допоміжні конструкторські бази деталі.

2. Вибір поверхонь, осей, точок, які потенційно можуть виконувати функцію технологічних баз, для відповідного класу деталей.

3. Вибір технологічних баз для виконання останніх (викінчувальних) та проміжних операцій маршруту оброблення (вибір чистових баз).

4. Вибір технологічних баз для виконання першої чи перших операцій маршруту оброблення (вибір чорнових баз).

Загальні принципи вибору технологічних баз

1. Вибір баз необхідно виконувати з умови можливого суміщення конструкторських і вимірювальних, а також технологічних і вимірювальних баз (принцип єдності (суміщення) баз)¹¹. Кількість баз визначається вимогами креслення деталі й умовами виконання операції.

¹¹ Принцип єдності баз забезпечує вищу точність отримання початкового розміру за рахунок усунення похибки базування. За неможливості реалізації цього принципу намагаються зменшити вплив похибки від несуміщення конструкторських, технологічних і вимірювальних баз. Розв'язання подібної задачі на практиці є доволі складним і залежить від багатьох умов конкретного технологічного процесу.

2. Технологічні бази доцільно вибирати з числа основних конструкторських баз деталі.

3. Технологічні бази необхідно призначати з врахуванням доступності різальних інструментів до оброблюваних поверхонь, а також наявності поверхонь, до яких у технологічних пристроях будуть прикладені зусилля затиску.

4. Виділити головну базу, за яку приймають базу, що забезпечує найстійкіше положення заготовки деталі в пристрої, надає їй максимальної орієнтації, позбавляючи трьох чи чотирьох ступенів вільності.

5. Визначити кількість ступенів вільності, яких була позбавлена заготовка деталі під час встановлення на головну базу. Вибрати решту баз.

6. На ескізах деталі на відповідних проєкціях відобразити схеми базування умовними позначеннями опорних точок з необхідною нумерацією. Нумерацію починати з головної бази.

Загальні принципи вибору чистових технологічних баз

Від правильності вибору чистових баз багато в чому залежить точність отримання розмірів і виконання технічних умов на оброблення деталі, наведених на кресленні, а також ступінь складності використовуваних пристроїв, різальних та вимірювальних інструментів, продуктивність й економічні характеристики технологічного процесу.

1. За чистову базу необхідно вибирати основні конструкторські бази, від яких задано більшість розмірів, що координують взаємне розташування оброблюваних поверхонь деталі. Відступати від цього правила можна лише тоді, коли основна конструкторська база має недостатню протяжність для надійного базування деталі або коли оброблення виконують з використанням пристрою-супутника.

2. Вибираючи чистову технологічну базу, насамперед до уваги необхідно брати можливість досягнення точності відносного розташування поверхонь деталі, а потім – точність отримання розміру (точність взаємного розташування забезпечується на верстатах методами взаємозамінності, що практично унеможливує його корекцію, а точність розмірів – методом регулювання, при якому можлива компенсація відхилень дійсних розмірів).

3. Чистові бази повинні забезпечувати можливість оброблення з одного установи максимальної кількості поверхонь. Ця вимога особливо важлива під час оброблення деталей на верстатах з ЧПК, поздовжньо-стругальних та поздовжньо-фрезерних верстатах.

4. Кількість поверхонь, які формують чистові бази, повинна бути мінімально достатньою для забезпечення отримання всіх розмірів, які отримують на цій операції.

5. Вибираючи чистові бази, рекомендується брати до уваги також зручність встановлення деталі та простоту і собівартість виготовлення пристрою.

6. Вибір баз для проміжних та викінчувальних операцій технологічного процесу визначає послідовність виконання цих операцій.

7. Для операції, наступної після термічного оброблення, технологічні бази необхідно встановлювати відповідно до правил вибору чорнових баз.

8. На проміжних операціях оброблення деталі необхідно, за можливістю, дотримуватись принципів єдності (суміщення), постійності та спадковості баз.

Відповідно до принципу постійності баз під час проектування проміжних та викінчувальних операцій необхідно використовувати одну й ту саму технологічну базу¹². Використанням принципу постійності технологічної бази уникають похибки, яка виникає внаслідок перевстановлення заготовки під час її оброблення. При цьому забезпечується висока точність взаємного розташування поверхонь деталі, які підлягають обробленню за один установ. Інакше кажучи, для отримання найменшої похибки від несуміщення баз у розмірі, який зв'язує дві поверхні, необхідно обидві поверхні обробляти з однієї бази.

Відповідно до принципу спадковості баз для забезпечення заданих значень основних показників якості поверхні деталі під час оброблення заготовки необхідно використовувати такі базові поверхні, значення показників якості яких є співрозмірними з тими, які необхідно досягти.

Від принципів єдності і постійності баз відмовляються, коли розміри поверхонь задані не відносно основних баз, або коли габарити чи довжина основних базових поверхонь є незначними, що може дати велику похибку встановлення заготовки, або коли оброблення виконують за допомогою пристроїв-супутників. У тих випадках, коли базові поверхні заготовки не забезпечують надійного орієнтування чи необхідної точності встановлення заготовки в пристрої, необхідно передбачити штучні технологічні бази – спеціальні приливи, платики, центри тощо. Обробляти такі бази необхідно з точністю, яка була б співрозмірною з точністю оброблених з цих баз поверхонь (відповідно до принципу спадковості баз).

Встановивши чистові технологічні бази, вибирають технологічні бази для першої операції – чорнові бази. Чорнова база є з'єднувальною ланкою між заготівельними операціями й операціями механічного оброблення, тобто фактично визначає маршрут всього технологічного процесу. Здебільшого можна реалізувати кілька варіантів базування. Для визначення переваг та недоліків кожного варіанта необхідно виконати їх аналіз.

На першій операції, яка має особливе значення, переважно вирішуються два завдання:

¹² Наприклад, для виконання усіх проміжних та викінчувальних операцій оброблення корпусних деталей рекомендується використовувати постійний комплект баз – площину та два отвори, з перпендикулярними до цієї площини осями.

- 1) встановлюються зв'язки, які визначають відстані і відхилення розташування оброблених поверхонь деталі щодо необроблених поверхонь заготовки;
- 2) забезпечується рівномірний розподіл припуску на оброблюваних поверхнях.

Загальні принципи вибору чорнових технологічних баз

1. Базові поверхні мають бути простими за формою і мати достатню протяжність, оскільки в цьому разі відхилення форми менше впливають на положення деталі. Правильна геометрична форма базових поверхонь забезпечує їй стійкість і жорсткість під час чорнового оброблення зі значними силами різання і до того ж дає змогу максимально спростити конструкцію використовуваного пристрою. Заготовка повинна займати в пристрої відповідне їй місце під дією власної ваги, а не в результаті прикладання затискних зусиль.

2. Для деталей, у яких оброблюється лише частина поверхонь, на чорнову базу вказує розмір, який у певному координатному напрямі поєднує два типи розмірних ланцюгів, що встановлюють зв'язки між оброблюваними та необроблюваними поверхнями (див. п. 1.3)¹³.

3. Для деталей, у яких оброблюються всі поверхні, чорною базою вибирають поверхню з мінімальними припуском для механічного оброблення. У цьому разі забезпечується правильний розподіл припуску¹⁴.

4. Чорнова база повинна бути характерною для деталі. Положення чорнкової бази повинно визначати точність розташування необроблюваних поверхонь деталі щодо оброблюваних. Чорнову базу вибирають так, щоб вже на першій операції механічного оброблення була можливість оброблення тієї поверхні, стосовно якої скоординовано найбільшу кількість решти поверхонь оброблюваної деталі. Інакше кажучи, бажано, щоб перша оброблена поверхня використовувалася надалі як встановлювальна база, будучи одночасно і конструкторською.

5. Базові поверхні повинні бути без явних дефектів для забезпечення однозначності базування. Неприпустимо використовувати поверхні зі слідами роз'сму штампів, ливарних форм, залишками ливникової системи тощо. Поверхні, які перебували під час відливання внизу, потрібно вважати переважальними порівняно з тими, що перебували вгорі, оскільки в останніх більша ймовірність наявності рифлень, раковин та інших дефектів.

¹³ Приклад: для забезпечення співвісності зовнішньої необроблюваної та внутрішньої оброблюваної циліндричних поверхонь чорною базою вибирають вісь зовнішньої поверхні.

¹⁴ Приклад: лита заготовка для втулки. Коли припуск на внутрішній поверхні є порівняно невеликим, то саме таку поверхню варто використовувати як чорнову базу. В іншому випадку та при несиметрично розміщеному припуску по зовнішній поверхні після оброблення (розточування) отвору на внутрішній поверхні може залишитися необроблена ділянка.

6. З погляду експлуатації деталі за чорнові бази потрібно вибирати найвідповідальніші поверхні заготовки, щодо яких забезпечується рівномірність припусків та стабільна якість оброблюваних поверхонь.

7. З метою забезпечення правильного взаємного розташування оброблюваних поверхонь щодо необроблюваних базами для першої операції обирають ті поверхні, які в готовій деталі повинні залишатись необробленими. Лише у такому разі оброблені поверхні матимуть мінімальні зміщення відносно необроблених¹⁵.

8. Чорнову базу можна використовувати лише один раз внаслідок її порівняно невисокої точності. Повторне використання чорнових баз є неприпустимим. Отже, вибір чорнкової бази визначає поверхню, з якої починається виготовлення (оброблення) деталі.

2.4.2. Практичні рекомендації з вибору технологічних баз

Виконання основних принципів вибору технологічних баз, наведених у п. 2.4.1, зумовлює можливість отримання комплексу показників якості, заданих кресленням та технічними умовами на деталь. Для об'єктивного ж встановлення оптимального варіанта схеми базування заготовки на технологічній операції потрібно застосовувати розрахунковий метод, який може бути реалізовано двома способами – *проектним* і *перевірковим*.

Застосування цих способів ґрунтується на розрахунковому оцінюванні точності базування за допомогою визначення *похибки базування*.

Похибка базування – це відхилення фактично досягнутого положення заготовки під час її базування від потрібного.

Похибка базування еквівалентна похибці розташування вимірювальної бази відносно технологічної в певному координатному напрямку для прийнятої схеми базування і розраховується для певного отриманого розміру (лінійного або кутового), якщо оцінюється відносно розташування вимірювальної та базової поверхонь.

Похибку базування доцільно розраховувати для способу отримання розмірів на налагоджених металорізальних верстатах. Отримуючи розміри способом пробних ходів, розрахунок похибки базування не виконують.

Похибка базування ε_b для певного виконуваного розміру виникає внаслідок відсутності збігу вимірювальної і технологічної баз деталі вздовж відповідного координатного напрямку. Похибка базування ε_b – це реальна величина, яка визначається, як відстань між можливими граничними положеннями проєкції вимірювальної бази на напрямок виконуваного розміру у разі встановлення заготовки деталі в пристрій на технологічну базу.

¹⁵ Приклад: поршень автомобільного двигуна, в якому чорнвою базою найчастіше приймають внутрішню порожнину поршня. Такий вибір бази забезпечує рівностінність.

Практичне правило розрахунку похибки базування:

похибка базування, при витримуванні певного розміру деталі під час її виготовлення, числово дорівнює допуску розміру, що з'єднує технологічну базу з вимірною базою.

Сума похибок, які виникають під час оброблення заготовки, повинні бути меншими за величини допусків розмірів, що витримуються на певній операції у разі використання пристрою. До згаданих похибок належать похибка встановлення $\varepsilon_{вт}$ (складеться з похибки базування $\varepsilon_{б}$, похибки закріплення $\varepsilon_{з}$, похибки положення заготовки у пристрої $\varepsilon_{пр}$), похибка оброблення $\varepsilon_{обр}$ та похибка налагодження $\varepsilon_{нлг}$.

Похибку базування $\varepsilon_{б}$ можна зменшувати, зменшуючи зазори, які завжди існують між опорними елементами пристрою та відповідними охопленими чи охоплюваними базовими елементами заготовки деталі, сумішуючи технологічну та вимірну бази; використовувуючи налагоджувальні бази.

Похибку базування $\varepsilon_{б}$ доцільно визначати за розмірним ланцюгом, у якому замикаюча ланка – це розмір, що з'єднує вимірювальну (ВБ) та технологічну (ТБ) бази. Розмір між ВБ та ТБ на кресленні деталі може бути відсутнім.

Приклад 1. Визначити похибки базування заготовки для схеми базування, зображеної на рис. 2.2.

На налагодженому верстаті токарної групи здійснюється оброблення зовнішніх та внутрішніх циліндричних поверхонь з витримуванням лінійних розмірів A, B, V, Γ, D . Схема базування утворена опорними точками 1 – 6, які визначають подвійну напрямну базу – вісь заготовки (опорні точки 1 – 4), опорну базу – торець заготовки (опорна точка 5), уявну опорну базу (опорна точка 6).

Відповідно до вказаної схеми базування передбачається спочатку виконати оброблення торця заготовки з витримуванням розміру A відносно технологічної бази $ТБ_A$, а потім виконати оброблення решти торців заготовки з витримуванням розмірів B, V, Γ, D ; положення інструмента встановлюється налагоджуванням від налагоджувальної бази $НБ_A$. Для розміру A технологічна $ТБ_A$ та вимірна $ВБ_A$ бази збігаються. На точність розмірів B, V, Γ, D застосування технологічної бази $ТБ_A$ впливу не має. Налгоджувальна $НБ_A$ та вимірні бази $ВБ_B, ВБ_V, ВБ_\Gamma, ВБ_D$ збігаються. Похибки базування у разі витримування розмірів за цією схемою базування набувають таких значень:

$$\varepsilon_{б}(A) = \varepsilon_{б}(B) = \varepsilon_{б}(V) = \varepsilon_{б}(\Gamma) = \varepsilon_{б}(D) = 0.$$

Приклад 2. Визначити похибки базування для схем базування, показаних на рис. 2.3.

На налагодженому верстаті витримується технологічний розмір RT_I (рис. 2.3, б, в). Розмір C отриманий на попередньому етапі оброблення. Розмір RT_I зв'язує технологічні бази $ТБ_A$ та $ТБ_B$ з оброблюваною поверхнею $ОП_I$. Контроль деталі після оброблення здійснюється лише за конструкторськими розмірами A та

B , які з'єднують оброблену поверхню $ОП_1$ з відповідними вимірювальними базами $ВВ_A$ та $ВВ_B$. Для розміру A вимірювальна $ВВ_A$ та технологічна $ТБ_A$ бази збігаються (рис. 2.3, б). Розмір K_1 між базами $ВВ_A$ та $ТБ_A$ становить $K_1=0$. Отже, похибка базування для розміру A дорівнює $\epsilon_B(A)=0$. Для розміру B вимірювальна $ВВ_B$ та технологічна $ТБ_B$ бази є різними (рис. 2.3, в). Розмір K_2 між базами $ВВ_B$ та $ТБ_B$ дорівнює $K_2=C$. Отже, похибка базування $\epsilon_B(B)$ для розміру B числово дорівнює допуску на розмір C – $T(C)$. Тобто $\epsilon_B(B) = T(C)$;

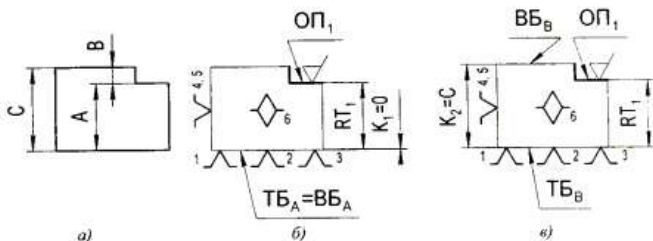


Рис. 2.3. Визначення похибки базування у разі встановлення призматичної заготовки (креслення деталі (а), вимірювальна та технологічна бази суміщені (б), вимірювальна та технологічна бази несуміщені (в)).

Вибір схеми базування та пов'язаний з ним вибір послідовності оброблення поверхонь виконується на основі порівняння похибки базування ϵ_B з допуском витриманого розміру.

Відповідно до практичних рекомендацій [8], похибка встановлення $\epsilon_{вст}$ не повинна перевищувати третини допуску на витримуваний розмір у пристрої під час оброблення на налагодженому верстаті.

Похибка встановлення для розмірів, які розглядаються, визначається за виразом

$$\epsilon_{вст} = \sqrt{\epsilon_B^2 + \epsilon_z^2 + \epsilon_{пр}^2} \quad (2.24)$$

Похибка закріплення ϵ_z виникає лише у разі збігу напрямку дії сили затиску з напрямком витриманого розміру. Здебільшого верстатні пристрої проєктують так, що напрямок дії сили затиску перпендикулярний напрямку витриманого розміру, тобто $\epsilon_z = 0$. Технологічні можливості сучасного інструментального виробництва забезпечують значення похибки $\epsilon_{пр}$ у межах 10–15 мкм [59 (т. 1)]. Тому можна вважати, що вказана похибка є систематичною похибкою, яка компенсується налагодженням інструмента перед обробленням, і є величиною фактично сталою. Відповідно для цих розрахунків можна прийняти, що

$$\varepsilon_{вст} = \varepsilon_6 \quad (2.25)$$

Вибираючи схему базування, допускається похибка базування ε_6 порівнювати з третиною допуску на витримуваний розмір, тобто виконувати перевірку нерівності

$$\varepsilon_6 \leq \frac{1}{3}T(A), \quad (2.26)$$

де $T(A)$ – допуск розміру A деталі, який контролюється відносно вимірювальної бази.

Ураховуючи вищенаведене, похибка базування при отриманні розміру B для схеми базування, поданої на рис. 2.3, ε , та перевірка умови (2.26) набудуть вигляду:

$$\varepsilon_6(B) = T(C), \quad \varepsilon_6(B) \leq \frac{1}{3}T(B)$$

Проектний спосіб вибору схем базування

Проектний вибір варіанта схеми базування є більш працездатним. Його виконання є доцільним за умови, що поточний склад технологічного устаткування на дільниці механічного оброблення заданої деталі є незмінним під час виконання програми випуску. У цьому разі відомими є технологічні можливості верстатів, очікувані похибки (похибки технологічних систем) при витримуваних розмірах оброблюваних заготовок [7, 21, 68]. Вибираючи схеми базування, необхідно враховувати вибрану кількість переходів та можливі методи оброблення поверхонь (див. п. 2.3). Проектний спосіб може бути раціонально реалізований із застосуванням положень теорії розмірних ланцюгів (див. п. 2.7).

Розроблення схеми базування здійснюється за дотримання загальних рекомендацій з вибору технологічних баз і з урахуванням таких правил.

1. Основною необхідною вимогою є виконання принципу суміщення баз. Відзначений принцип може не виконуватися за умови, що конструктивні особливості заготовки, яка підлягає обробленню, потребують розроблення складних пристроїв. За відсутності суміщення технологічних і вимірювальних баз виникає похибка базування для витримуваного розміру.

2. Висновок про вибір певної схеми базування роблять після порівняння похибки базування витримуваного розміру з допуском цього розміру відповідно до (2.26). Схему базування приймають вихідною для подальших розрахунків, якщо нерівність (2.26) виконується.

3. Невиконання нерівності (2.26) свідчить про низьку точність розміру, який для цієї схеми базування поєднує технологічну та вимірювальну бази. У цьому разі необхідно:

– ввести додаткову попередню операцію для забезпечення підвищеної точності розміру, який поєднує вимірювальну та технологічну бази (навіть, якщо пропонується точність розміру кресленням деталі не передбачається, а додаткова операція (установ) з її забезпечення є зайвою);

– використати принцип концентрації оброблюваних поверхонь на одній операції, тобто використати налагоджувальні технологічні бази; у цьому разі похибка базування розмірів отримуваних від налагоджувальної бази дорівнюватиме нулеві.

Приклад 3. Визначити похибку базування для схеми базування, показаної на рис. 2.3, в за умови, що

$$\varepsilon_B(B) = T(C), \quad \varepsilon_B(B) > \frac{1}{3}T(B).$$

Для вказаної схеми базування одночасне чи послідовне оброблення поверхонь OP_1 та OP_2 з отриманням технологічних розмірів RT_2 та RT_3 є доцільним з одного установа. Налгоджувальною базою $НБ_в$ є поверхня OP_2 . Технологічна база $ТБ_с$ збігається з вимірювальною $ВБ_с$, тому похибка базування для розміру C дорівнює $\varepsilon_B(C) = 0$. Відповідно похибка базування для розміру B дорівнює $\varepsilon_B(B) = 0$, оскільки розмір RT_3 витримується від налагоджувальної бази $НБ_в$, а розташування вимірної бази $ВБ_с$ щодо технологічної бази $ТБ_с$ значення не має.

4. Схему базування необхідно вибрати спочатку для деталі, потім – для заготовки.

5. Похибки базування доцільно визначати за виразами, які встановлені для відомих схем базування ([59 (т. 1)]; додаток 62 тощо).

Перевірковий спосіб вибору схем базування

Перевірковий вибір варіанта схеми базування ґрунтується на застосуванні відомих, апробованих схем встановлення заготовок та черговості оброблення поверхонь, що їх традиційно використовують під час виготовлення деталей різних класів, – корпусів, станин, валів, дисків, зубчастих коліс тощо. Якщо розміри, що їх потрібно витримати, відповідно до креслення деталі, відрізняються від розмірів, які витримуються під час оброблення за відомих схем базування, необхідно виконати розрахунок похибки базування відповідного розміру з перевіркою виконання нерівності (2.26). Типові схеми базування заготовок під час їх механічного оброблення, а також можливі варіанти реалізації таких схем наведено у додатках 60, 61. Вибір схем базування для окремих класів деталей здійснюється відповідно до рекомендацій, наведених у [7, 21].

Вибір технологічних баз для оброблення поверхонь корпусних деталей з головним отвором здійснюється за одним з нижченаведених варіантів.

Варіант 1

1. Для більшості операцій оброблення заготовки – технологічні бази, які утворюють координатний кут (встановлювальна, напрямна та опорна бази).

2. Для оброблення на першій операції – основна (нижня) площина корпусу чи поверхня під кришку (встановлювальна база), поверхня головного отвору (напрямна база), поверхня торця головного отвору (опорна база). Можна також використовувати поверхню головного отвору як подвійну напрямну базу.

Варіант 2

1. Для оброблення більшості поверхонь заготовки – основна (нижня) площина корпусу (встановлювальна база) та поверхні двох отворів, перпендикулярних до цієї площини (напрямна та опорна бази).

2. Для оброблення на першій операції – поверхні полицок (встановлювальна база), площина симетрії корпусу або площина симетрії основного отвору (напрямна база), площина симетрії корпусу або торець корпусу (опорна база).

Вибір технологічних баз для оброблення поверхонь валів.

1. Для більшості операцій оброблення торцевих та зовнішніх циліндричних, шліцьових, різевих та інших фасонних поверхонь – конічні центрові отвори (подвійна напрямна база) та один з торців (опорна база). Для витримування лінійних розмірів між торцями ступенів вала доцільно використовувати налагоджувальні бази. Для оброблення шпонкових пазів технологічними базами є зовнішні циліндричні поверхні вала, якими заготовку встановлюють у призми (площина симетрії – напрямна база, площина, яка проходить через точки контакту призми з циліндричною поверхнею вала – напрямна база), а також торець ступені (опорна база).

2. Для оброблення на першій операції – зовнішні циліндричні поверхні заготовки (подвійна напрямна база) та один з габаритних торців (опорна база).

Вибір технологічних баз для оброблення поверхонь фланців.

1. Для більшості операцій оброблення циліндричної поверхні, торця, кріпильних отворів, лисок тощо – торець (встановлювальна база) та циліндрична поверхня пояса, який утворює з'єднання зі спряжованою деталлю (подвійна опорна база).

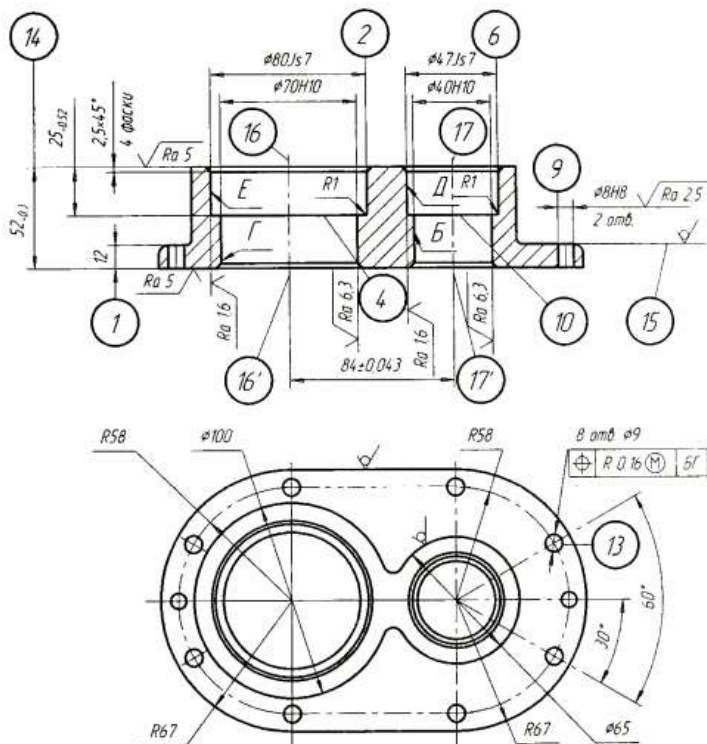
2. Для оброблення на першій операції – торець фланця з найбільшими габаритами (встановлювальна база), зовнішня циліндрична поверхня (подвійна опорна база).

Вибір технологічних баз для оброблення поверхонь важелів та вилок.

1. Для більшості операцій оброблення основних конструкторських баз – циліндричний отвір (подвійна напрямна база) та один з його торців (опорна база). Для більшості операцій оброблення допоміжних конструкторських баз – циліндрична поверхня основного отвору (подвійна напрямна база), торець бобишки (опорна база), площини симетрії (опорна база).

2. Для оброблення на першій операції – площина симетрії заготовки (напрямна база), зовнішня поверхня бобишки заготовки (подвійна напрямна або подвійна опорна бази), торцеві поверхні заготовки (відповідно опорна або встановлювальна бази) (див. додаток 59).

Приклад 4. Вибрати технологічні бази та послідовність оброблення у великосерійному типі виробництва поверхонь деталі "Корпус", зображеної на рис. 2.4 із застосуванням перевіркового способу вибору схем базування.



1. Невказані граничні відхилення розмірів валів - $h14$, отворів - $H14$, решта - $\pm \frac{IT14}{2}$
2. Допуск перпендикулярності осей отв. E і D до площини K - 0,05 мм.
3. Допуск овальності і конусності пов. E і D - 0,05 мм.
4. Невказані лідарні радіуси 3...5 мм ухили 1...3°.
5. Точність вилідка X-X-X ГОСТ 26645-85.

Рис. 2.4. Креслення деталі "Корпус"

Після здійснення технологічного аналізу технічних вимог до деталі встановлено, що системи розмірних ланцюгів між оброблюваними і необроблюваними поверхнями зв'язані лише одним розміром у кожному з координатних напрямків:

- у вертикальному координатному напрямку розмірні ланцюги між оброблюваними та необроблюваними поверхнями поєднує розмір $12h_{14}$, який представлений між необроблюваною поверхнею 15 та оброблюваною поверхнею 1;

- у горизонтальному напрямку таким поєднувальним розміром є розмір $84 \pm 0,043$ мм, який з'єднує осі 16 – 16' та 17 – 17' оброблюваних отворів 2 і 6 та зовнішніх циліндричних необроблюваних поверхонь діаметрами $\varnothing 100$ мм і $\varnothing 65$ мм відповідно.

Враховуючи вищенаведені рекомендації, чорновими технологічними базами доцільно використати необроблювану поверхню 15 (у вертикальному координатному напрямку) та зовнішні циліндричні необроблювані поверхні $\varnothing 100$ мм і $\varnothing 65$ мм – у горизонтальному координатному напрямку.

Необхідна точність основних поверхонь деталі під час виготовлення в умовах великосерійного виробництва досягається багатоетапним обробленням на різних типах верстатів. Враховуючи це, доцільним є дотримання принципу постійності технологічних баз. Проміжними технологічними базами вибрано два отвори 9 та площина 1, які мають необхідну точність. Поверхні 9 та 1 отримують на першій операції при використанні як чорнових технологічних баз необроблюваних поверхонь $\varnothing 100$ мм і $\varnothing 65$ мм.

Допуск перпендикулярності осей 16 та 17 до поверхні 1 можна витримати лише встановленням заготовки поверхнею 1 у разі оброблення отворів 2 та 6.

Поверхні отворів 2, 6, 13 отримують попередньо налагодженими на розмір інструментами (розточувальні різці в оправках) або мірними інструментами (свердло, зенкер). Враховуючи це, схема встановлення заготовки на відповідних операціях забезпечення точності вказаних поверхонь принципового значення не має.

Точність розміру $84 \pm 0,043$ мм між осями 16 та 17 можна забезпечити одночасним (паралельним) обробленням отворів 2 та 6 із застосуванням напрямних елементів пристрою або послідовним обробленням отворів 2 і 6 під час переміщення заготовки разом з пристроєм на задану відстань за допомогою виконавчих елементів верстата, використовуючи поверхні 1 та отвори 9 як технологічні бази.

Беручи до уваги вищенаведений якісний аналіз, отримано такий попередній план оброблення основних поверхонь деталі.

1. Оброблення основної площини – поверхні 1 (чистої встановлювальної бази).

Встановлювальна база – поверхня 15; напрямна база – поздовжня площина симетрії заготовки, утворена осями 16' – 17', опорна база – поверхня $\varnothing 100$ мм або $\varnothing 65$ мм.

2. Отримання двох базових отворів – поверхонь 9 (чистових напрямної та опорної баз).

Встановлювальна база – поверхня 1, напрямна база – поздовжня площина симетрії заготовки, утворена осями 16' – 17', опорна база – вісь необроблюваної циліндричної поверхні $\varnothing 100$ мм (можлива реалізація такої схеми базування: три рухомі призми, дві з яких затискають поверхню $\varnothing 100$ мм завдяки переміщенню в напрямку, перпендикулярному до площини утвореної прямими 16' – 17', а третя призма здійснює затиск по поверхні $\varnothing 65$ мм при переміщенні в площині, утвореній прямими 16' – 17').

3. Оброблення площини – поверхні 14; основних отворів – поверхонь 2, 3, 6, 7; кріпильних отворів – поверхонь 13.

Встановлювальна база – поверхня 1, напрямна та опорна бази – поверхні двох базових отворів 9.

Постійні технологічні бази (отвори 9) доцільно обробити з підвищеною точністю – до $\varnothing 8H8$ (граничні відхилення $ES_{ome} = +0,022$ мм, $EL_{ome} = 0$). Отвори 9 використовуються для встановлення заготовки деталі на встановлювальні пальці пристрою, які обробляються з точністю $\varnothing 8g6$ (граничні відхилення $es_{av} = -0,005$ мм, $ei_{av} = -0,014$ мм). Зазор між отвором 9 та відповідним встановлювальним пальцем пристрою розраховують за залежністю

$$S_{max} = (ES_{ome} - ei_{av}) = 0,022 - (-0,014) = 0,036 \text{ мм.}$$

Схему базування заготовки під час оброблення основних поверхонь деталі (отвори 2 і 6) на останній стадії показано на рис. 2.5.

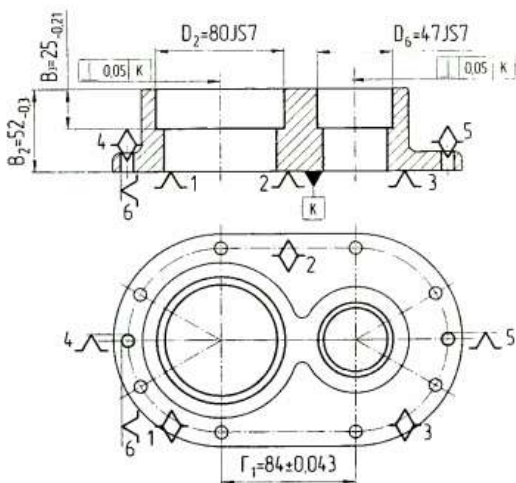


Рис. 2.5. Схема базування під час отримання поверхонь деталі на останніх етапах оброблення

Розрахунок похибки базування при отриманні розміру $B_2 = 52_{-0,3}$ мм у вертикальному координатному напрямку.

Розмір B_2 з допуском $T(B_2) = 0,3$ мм вважається отриманим на попередній операції.

Похибка базування $\varepsilon_B(B_3)$ при отриманні розміру B_3

$$\varepsilon_B(B_3) = T(B_2) = 0,3 \text{ мм}.$$

Умова (2.26) $\varepsilon_B(B_3) \leq \frac{1}{3}T(B_3)$ не виконується:

$$\frac{1}{3}T(B_3) = \frac{1}{3} \cdot 0,21 = 0,07 \text{ мм}.$$

Ураховуючи невиконання умови (2.26), оброблення поверхонь 14, 4 та 10 є доцільним на одній операції при одному встановленні. Для цього потрібно використати поверхню 14 як налагоджувальну технологічну базу, від якої встановлюється інструмент для оброблення поверхонь 4 та 10. Схема базування залишається попередньою (див. рис. 2.5). Похибки базування $\varepsilon_B(B_2)$ та $\varepsilon_B(B_3)$ при отриманні розмірів B_2 та B_3 відповідно набудуть значень:

$$\varepsilon_B(B_2) = \varepsilon_B(B_3) = 0.$$

Очікувана точність розмірів $B_2 = 52_{-0,3}$ мм та $B_3 = 25_{-0,21}$ мм такою схемою базування забезпечується.

Розрахунок похибки базування під час отримання розміру $\Gamma_1 = 84 \pm 0,043$ мм з допуском $T(\Gamma_1) = 0,086$ мм у горизонтальному координатному напрямку.

Отвори 2 та 6 вважаються отриманими на різних операціях або після перевстановлення заготовки на одній операції. У цьому разі похибка базування $\varepsilon_B(\Gamma_1)$ дорівнює найбільшому очікуваному зазору $S_{max} = 0,036$ мм, який виникає між базовими отворами 9 та встановлювальними пальцями пристрою, тобто:

$$\varepsilon_B(\Gamma_1) = S_{max} = 0,036 \text{ мм};$$

$$\frac{1}{3} \cdot T(\Gamma_1) = \frac{1}{3} \cdot 0,086 = 0,029 \text{ мм}.$$

Оскільки умова (2.26) $\varepsilon_B(\Gamma_1) \leq \frac{1}{3} \cdot T(\Gamma_1)$ не виконується, отвори 2 та 6

доцільно отримати на одній операції у разі одного встановлення, тобто використати вісь 16 або вісь 17 як налагоджувальну технологічну базу. Точність розміру Γ_1 тоді визначиться точністю технологічної системи (верстата) і не залежатиме від зазору S_{max} . Схема базування залишається попередньою (див. рис. 2.5). Похибка базування $\varepsilon_B(\Gamma_1) = 0$. Очікувана точність розміру Γ_1 такою схемою базування забезпечується.

Розрахунок похибок базування у разі отримання розмірів $D_2 = \varnothing 80J_6s7 (\pm 0,015)$ мм та $D_6 = \varnothing 47J_6s7 (\pm 0,012)$.

Циліндричні поверхні 2 та 6 обробляються мірними інструментами, тому схема базування на точність розмірів D_2 та D_6 не впливає

$$\varepsilon_6(D_2) = \varepsilon_6(D_6) = 0.$$

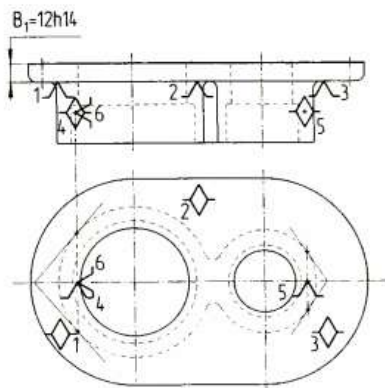


Рис. 2.6. Схема базування у разі отримання чистої встановлювальної бази (поверхня 1, див. рис. 2.4) на перших етапах оброблення

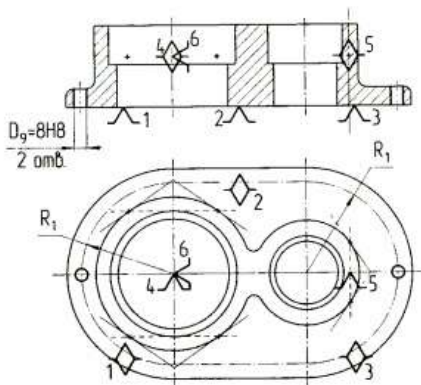


Рис. 2.7. Схема базування у разі отримання базових отворів 9 (див. рис. 2.4) на перших етапах оброблення

Точність розміру $R_1 = 58J_514 (\pm 0,37)$ мм залежить лише від попереднього налаштування інструментів щодо осей 16 – 16' і 17 – 17' і не залежить від положення заготовки під час базування в пристрої упродовж виконання відповідної операції.

Схеми базування у разі отримання технологічних баз на перших етапах оброблення заготовки показано на рис. 2.6 (оброблення поверхні 1) та рис. 2.7 (отримання базових отворів 9). Похибки базування:

$$\varepsilon_B(B_j) = \varepsilon_B(R_j) = 0.$$

2.5. Структурний аналіз і синтез конкуруючих варіантів технологічного процесу виготовлення, встановлення оптимального

Розроблення технологічних процесів – основний розділ технологічної підготовки виробництва. У ГОСТ 14.301-73 Єдиної системи технологічної підготовки виробництва встановлено види і загальні правила розроблення технологічних процесів, вихідну інформацію і перелік основних завдань на етапах їх розроблення.

В основу розроблення технологічних процесів покладено два принципи – технічний та економічний. Відповідно до технічного принципу, проєктований технологічний процес повинен повністю забезпечувати виконання усіх вимог робочого (складального) креслення і технічних вимог на виготовлення заданого виробу. Відповідно до економічного принципу виготовляти виріб потрібно з мінімальними затратами праці і виробництва.

Технологічний процес виготовлення виробу потрібно проєктувати з найповнішим використанням технічних можливостей засобів виробництва за найменших затрат часу і мінімальної собівартості виробу.

Із сукупності розроблених варіантів технологічного процесу виготовлення одного й того самого виробу, які є рівноцінними з позицій технічного принципу проєктування, необхідно вибрати найбільш ефективний (інакше кажучи, продуктивний) і рентабельний варіант. За рівної продуктивності зіставлюваних варіантів необхідно вибрати найрентабельніший, а за рівних рентабельностей – найпродуктивніший. Якщо продуктивності та рентабельності варіантів розроблюваного процесу є різними, то вибирають найрентабельніший за умови, що продуктивність усіх порівнюваних варіантів є не нижчою за задану. При цьому кожен варіант технологічного процесу, який розглядається, повинен забезпечити отримання виробу належної якості у заданій кількості. Варіант технологічного процесу, який відповідає усім вимогам, наведеним вище, можна назвати оптимальним для конкретних умов виробництва.

Вихідні дані для проектування технологічних процесів. Коли технологічний процес проектують для нових заводів, вихідними даними є:

- робоче креслення деталі (виробу);
- матеріал деталі (виробу);
- конструктивна форма й розміри деталі (виробу);
- технічні умови на виготовлення деталі (виробу), які характеризують точність і якість оброблення її поверхонь;
- розмір програми випуску.

Проектуючи технологічний процес для діючих цехів чи цехів, які підлягають реконструюванню, необхідно володіти даними про наявне основне й допоміжне технологічне устаткування, площі виробничих підрозділів (цехів і дільниць), підйально-транспортне устаткування та інші місцеві виробничі умови.

Під час проектування використовують:

- довідкові й нормативні каталоги і паспорти устаткування;
- альбоми пристроїв;
- стандарти і нормалі на різальні, слюсарно-монтажні і вимірювальні інструменти;
- нормативи точності, шорсткості, розрахунку припусків, режимів різання і технічного нормування часу;
- тарифно-кваліфікаційні довідники;
- інші допоміжні матеріали.

Загальна методика і послідовність проектування оптимального технологічного процесу механічного оброблення заготовки. Завдання проектування оптимального технологічного процесу характерне багатоваріантністю можливих рішень. Навіть для порівняно простих деталей може бути розроблено декілька різних технологічних процесів, які повністю забезпечують вимоги робочого креслення і технічних умов. Методом подальшого зіставлення цих варіантів за критеріями рентабельності та продуктивності кінцево відбирають оптимальний.

Процес проектування оптимального технологічного процесу складається з комплексу етапів, які є взаємопов'язаними і виконуються у суворій послідовності. До цих етапів належать:

- 1) аналіз вихідних даних;
- 2) технологічний контроль робочого креслення і технічних умов (відпрацювання конструкції деталі на технологічність);
- 3) встановлення типу та організаційної форми виробництва за базовим технологічним процесом (за даними базового підприємства) чи за типовим

технологічним процесом (за відсутності базового технологічного процесу чи базового підприємства як такого).

4) вибір методу отримання заготовки;

5) вибір технологічних баз;

6) розроблення можливих варіантів маршрутів оброблення окремих поверхонь деталі;

7) формування конкуруючих структур окремих технологічних операцій для оброблення усіх поверхонь деталі (виробу);

8) укрупнене нормування технологічного процесу та визначення продуктивності оброблення;

9) розрахунок необхідної кількості устаткування та його завантаження;

10) укрупнене встановлення припусків;

11) попередній вибір металорізальних інструментів, визначення режимів різання та основного технологічного устаткування;

12) встановлення технологічної собівартості виконання операцій;

13) побудова орієнтованого графу варіантів технологічних операцій;

14) встановлення оптимального варіанта технологічного процесу.

1. Аналіз вихідних даних. На цьому етапі аналізують робоче креслення деталі (виробу), річну програму випуску, технологічний процес, який використовується на базовому підприємстві або (за його відсутності) типовий технологічний процес оброблення схожих деталей.

2. Технічний та технологічний контроль робочого креслення і технічних умов (відпрацювання конструкції деталі на технологічність) виконують для виявлення можливості підвищення рівня технологічності конструкції деталі.

Детальний опис вимог технологічності подано у відповідній частині посібника (див. п. 1.3), а також у спеціальній літературі.

3. Встановлення типу та організаційної форми виробництва здійснюють за вихідними даними, отриманими на першому етапі (див. п. 2.1).

4. Вибір методу отримання заготовки проводять за заданим у конструкторській документації матеріалом і маркою деталі та деякими технічними умовами (зокрема, необхідність і вид термічного оброблення, належний спосіб отримання заготовки (наприклад, кування чи штампування замість прокату чи лиття)). На основі цих даних необхідно вибрати конкретний метод отримання заготовки (п. 2.2).

5. Вибір технологічних баз проводять з метою намітити як самі бази, так і порядок їх зміни (за необхідності) під час виконання технологічного процесу оброблення. Вихідними даними під час вибору технологічних баз є: робоче креслення деталі, технічні умови на її виготовлення, вид заготовки, а також бажаний ступінь автоматизації процесу. Вибираючи бази, враховують також умови

роботи деталі в механізмі. Основні положення з вибору технологічних баз і вимоги до базових поверхонь викладено у відповідній частині посібника див. п. 2.4.

6. Розроблення можливих маршрутів оброблення окремих поверхонь деталі виконують, враховуючи вимоги робочого креслення і метод отримання заготовки. За заданими точністю і шорсткістю поверхонь деталі, а також з врахуванням її розмірів, маси й конфігурації вибирають один чи кілька можливих методів викінчувального оброблення, а також тип відповідного устаткування. Знаючи вид заготовки, у такий самий спосіб вибирають першу операцію маршруту. Якщо, наприклад, точність заготовки є невисокою, то оброблення поверхні починають з попереднього (чорнового) методу. За наявності точної заготовки відразу можна починати чистове, а в деяких випадках, – і викінчувальне оброблення.

Кількість можливих варіантів маршруту оброблення тієї чи іншої поверхні може бути достатньо великою. Проте її часто можна істотно скоротити з урахуванням деяких практичних міркувань. До їх числа можна зарахувати, наприклад, необхідність оброблення поверхні на одному верстаті за кілька послідовних переходів, обмеження можливості застосування інших методів оброблення через недостатню жорсткість деталі, необхідність оброблення певної поверхні деталі разом з іншими поверхнями тощо.

7. Формування конкуруючих структур технологічних операцій для оброблення усіх поверхонь деталі (виробу) виконують на основі отриманих маршрутів оброблення елементарних поверхонь деталі (виробу). Визначаючи оптимальну кількість переходів у межах однієї операції, необхідно враховувати застосування принципів концентрації чи диференціації операції, використання можливих інструментальних налагоджень, комбінованих інструментів, багатомісних і багатопозиційних пристроїв, типу основного технологічного устаткування тощо. Необхідно розглянути можливість використання високопродуктивного устаткування: багатофункціональних та агрегатних верстатів і верстатів з ЧПК.

Проектуючи операцію, уточнюють її зміст (намічений раніше під час складання маршруту), встановлюють послідовність і можливість сполучення переходів у часі, вибирають устаткування, інструменти й пристрої (чи розроблюють завдання на їх конструювання), призначають режими різання і визначають норму часу. Оцінюють можливі варіанти за продуктивністю й собівартістю, враховуючи технічний й економічний принципи проектування. Проектуючи технологічну операцію, прагнуть до зменшення штучного часу. За потокового методу роботи штучний час погоджують із тактом випуску, забезпечуючи задану продуктивність потокової лінії. Основний час скорочується в результаті використання високопродуктивних різальних інструментів і режимів різання, скорочення кількості проходів і переходів під

час оброблення поверхонь. Допоміжний час скорочується за рахунок зменшення часу неробочих ходів верстата й ефективних пристроїв зі швидкодіючими затискачами.

Разом зі зменшенням тривалості кожного переходу операції намагаються об'єднати елементи основних і допоміжних переходів. У цьому разі на сумарний штучний (штучно-калькуляційний) час операції впливатимуть лише найтриваліші переходи з тих, які підлягають об'єднанню (ними можуть бути як основні, так і допоміжні переходи). Можливості такого об'єднання визначаються схемою побудови верстатної операції. Воно залежить від кількості заготовок, що встановлюються для оброблення, кількості застосовуваних інструментів і порядку оброблення поверхонь цими інструментами.

За кількістю встановлюваних заготовок розрізняють одно- і багатомісні, одно- і багатопозиційні схеми, а за кількістю використовуваних інструментів – одно- і багатоінструментні. Залежно від порядку використання інструментів, існують схеми послідовного, паралельного й паралельно-послідовного виконання. Послання зазначених ознак дає схеми від найменш продуктивних (одномісних одноінструментних послідовних) до найбільш продуктивних (багатомісних багатопозиційних багатоінструментних паралельних).

На оптимальну суміщеність переходів, окрім продуктивності, впливає ще й собівартість, оскільки складніші налагодження виконують на дорожчому устаткуванні з використанням складнішого технологічного оснащення.

Кількість і послідовність технологічних переходів визначають з урахуванням прийнятого виду заготовки й вимог до точності готової деталі. Рациональне сполучення переходів визначають залежно від взаємного розташування оброблюваних поверхонь, можливого розміщення інструментів і видалення стружки. При цьому недостатня жорсткість заготовки часто перешкоджає паралельному виконанню переходів.

Оброблення поверхонь з високими параметрами точності і шорсткості виділяють в окремі операції, використовуючи одномісні одноінструментні послідовні, а часто й одноперехідні схеми.

Технологічні операції автоматичних ліній характеризуються великою концентрацією переходів. Їх будують за паралельними й паралельно-послідовними схемами. Допоміжний час при цьому складається лише з часу переміщення заготовки у наступну позицію і часу підведення й відведення інструментів.

Проектуючи технологічні процеси оброблення великих заготовок, у важкому машинобудуванні прагнуть до скорочення кількості операцій і перевстановлень, а також до виконання максимальної кількості переходів при одному установі заготовки. У цьому разі застосовують паралельні, послідовні й

паралельно-послідовні схеми. Під час серійного виготовлення великогабаритних деталей застосовують також спеціальні верстати агрегатного типу.

Під час встановлення загальної послідовності оброблення спочатку обробляють поверхні, прийняті за чистові технологічні бази. Потім обробляють інші поверхні в послідовності, зворотній до їх точності та шорсткості (чим точнішою повинна бути оброблена поверхня, тим пізніше вона обробляється).

Закінчується оброблення поверхнею, яка є найточнішою і має найважливіше значення для деталі. На кінець маршруту також часто відкладають оброблення поверхонь, які легко пошкоджуються, наприклад, зовнішні різви поверхні.

З метою своєчасного виявлення раковин й інших дефектів матеріалу спочатку виконують чорнове, а якщо буде потрібно, то й чистове оброблення поверхонь, на яких ці дефекти не допускаються.

Така послідовність оброблення відповідальних поверхонь є обов'язковою, навіть якщо такі поверхні мають достатньо низькі показники точності і шорсткості.

Виготовляючи точні відповідальні деталі машин, маршрут оброблення зазвичай поділяють на три послідовні стадії: чорнове, чистове й викінчувальне. На першій стадії знімають основну масу матеріалу у вигляді припусків і напусків; друга має проміжне значення; на останній забезпечується задана точність і шорсткість поверхонь деталі. Таке розчленовування маршруту є необхідним з огляду на те, що на чорновій стадії оброблення виникають порівняно великі похибки, які спричинені деформаціями технологічної системи від сил різання й сил закріплення заготовки, а також її інтенсивне нагрівання.

Після чорнового оброблення часто відбувається деформація заготовки в результаті перерозподілу залишкових напружень у її матеріалі.

У разі групування оброблення за зазначеними етапами збільшується розрив у часі між чорновим та викінчувальним обробленням і надається можливість повнішого вияву деформацій для їх усунення на останній стадії оброблення.

Винесенням викінчувального оброблення в кінець маршруту зменшується ризик випадкового ушкодження остаточно оброблених поверхонь під час оброблення й транспортування. Крім того, чорнове оброблення можна виконувати на спеціально виділеному, порівняно неточному устаткуванні робітниками нижчої кваліфікації.

Проте викладений принцип побудови маршруту не у всіх випадках є обов'язковим. Сліпе слідування йому іноді може призвести до створення нереальних процесів. У разі жорсткої заготовки й малих розмірів оброблюваних поверхонь остаточно оброблення окремих елементів можна виконувати й на

початку маршруту без яких-небудь шкідливих наслідків. Цей принцип певною мірою суперечить принципу концентрації оброблення, коли на одній операції можна виконувати переходи чорнового й чистового оброблення (наприклад, виготовлення деталей з прутка на автоматах).

Якщо деталь підлягає термічному обробленню, то технологічний процес механічного оброблення розчленовується на дві частини: процес до термічного оброблення й після нього. Для усунення можливих жолоблень (відхилень від прямолінійності, площинності тощо) часто доводиться передбачати виправлення деталей чи повторне оброблення окремих поверхонь для забезпечення заданих точності й шорсткості. Окремі види термічного оброблення значною мірою можуть ускладнювати процес механічного оброблення. Так, під час цементації зазвичай потрібно науглецювати окремі ділянки деталі. Це досягається захисним омідненням ділянок, які не підлягають такому обробленню, чи залишенням на них шару припуску, що знімається додагковим обробленням після цементації, але до загартовування.

Послідовність оброблення певною мірою залежить від системи проставлення розмірів на робочому кресленні деталі. Насамперед необхідно оброблювати ту поверхню, щодо якої на кресленні координовано більшу кількість інших поверхонь деталі (фактично, основну конструкторську базу).

Для забезпечення високої продуктивності оброблення в умовах масового й великосерійного виробництва доцільним є використання агрегатних верстатів. Технологічна характеристика агрегатного верстата значною мірою визначається під час розроблення технологічного процесу. До факторів, від яких залежить технологічна характеристика, необхідно зарахувати:

- 1) характер технологічної операції;
- 2) кількість позицій оброблення;
- 3) кількість шпинделів інструментального налагодження;
- 4) швидкість різання та подачі кожного інструмента;
- 5) сила і потужність різання;
- 6) деякі інші особливості, які визначають особливості оброблення з використанням агрегатних верстатів.

Технологічна характеристика верстата і конструктивні особливості оброблюваної заготовки (деталі) дають можливість визначити компоновку агрегатного верстата, яка характеризується розташуванням заготовки у робочій зоні, наявністю і конструкцією транспортного пристрою для переміщення заготовки з позиції на позицію, а також взаємним розташуванням вузлів верстата у компоновці. До найрозповсюдженіших компоновок належать:

- вертикальне і горизонтальне розташування силових механізмів за характером здійснення ними робочої подачі;

- нерухоме розташування оброблюваної заготовки чи переміщення її з позиції на позицію за допомогою транспортних засобів з вертикальною чи горизонтальною віссю повороту.

Зокрема, агрегатний верстат вертикальної компоновки – це верстат зі стійкою, на якій змонтовано силовий вузол (силову головку), який переміщується для здійснення робочої подачі у вертикальному напрямі і пришвидшеного підведення інструментів. Стійку можна змонтувати зі станиною для встановлення стаціонарного пристрою (для оброблення нерухомої заготовки) чи з поворотним столом, який дає змогу обробляти заготовку у декількох позиціях. Горизонтальний агрегатний верстат також можна змонтувати зі стаціонарним пристроєм чи з поворотним барабаном, який дає змогу здійснювати багатопозиційне оброблення. Горизонтальні та вертикальні верстати зі стаціонарними пристроями призначені, як правило, для оброблення заготовок великогабаритних деталей. Найчастіше використовуються горизонтальні та вертикальні агрегатні верстати з поворотними пристроями для багатопозиційного оброблення.

Вибравши компоновку верстата, за даними технологічної характеристики (швидкість різання і подачі, потужності різання, ходів робочих і прискорених перемішень), необхідно підібрати його нормалізовані вузли. Цю роботу доцільно виконувати у такій послідовності¹⁶:

- за лімітованою продуктивністю, подачею і сумарним зусиллям подачі на всіх позиціях підібрати силовий стіл;
- за ефективною потужністю різання і частотою обертання шпинделів підібрати силову бабку приводу головного руху;
- за кількістю позицій оброблення підібрати відповідний транспортний засіб – поворотний стіл чи барабан.

Точність верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК) співрозмірна з точністю спеціалізованих верстатів, причому їхня продуктивність до 5 разів вища за продуктивність верстатів загального призначення. Сфера застосування верстатів з ЧПК достатньо широка за характером технологічних операцій та типом виробництва, у якому їх використовують, зокрема:

- верстати з ЧПК токарної групи застосовуються у масовому, серійному та одиничному виробництві;
- фрезерні, свердлильні і розточувальні верстати з ЧПК – у серійному та одиничному виробництві;
- шліфувальні верстати з ЧПК – у серійному виробництві.

¹⁶ Добір нормалізованих вузлів необхідно здійснювати за даними, наведеними у спеціальній літературі.

До основних умов доцільності застосування верстатів з ЧПК можна зарахувати:

- оброблення поверхонь складної геометричної форми, які вимагають використання декількох послідовно працюючих інструментів, а також оброблення групи отворів на свердлильних і розточувальних верстатах; ці види оброблення можна виконати на верстатах з ЧПК без виготовлення спеціального технологічного оснащення (кондукторів, копирів тощо), яке зазвичай використовується на універсальних верстатах;

- необхідність побудови технологічного процесу за принципом концентрації операцій:

- необхідність зменшення частки допоміжного часу на прийоми керування верстатом, пов'язані зі зміною режимів різання, переходом на оброблення іншої поверхні, зміною різального інструмента тощо¹⁷;

- оброблення декількох заготовок однотипних деталей на одному верстаті в умовах серійного виробництва; у цьому разі з'являється можливість скорочення часу на переналадження верстата;

- можливість скорочення кількості робітників (операторів) запровадженням багатOVERSTATного обслуговування.

Операції допоміжного чи другорядного характеру (свердління дрібних отворів, оброблення фасок, прорізування канавок, зачищення задірів тощо) зазвичай виконують на стадії чистового оброблення. На цьому етапі маршруту послідовність виконання цих операцій часто може змінюватися; проте вона не впливає на якісні й економічні показники процесу загалом.

Операції технічного контролю намічають після тих етапів оброблення, де прогнозується підвищена кількість браку, до і після складних і вартісних операцій, а також наприкінці оброблення. Здебільшого функції технічного контролю вибірково виконують контролери, робітники-верстатники чи налагоджувачі верстатів. На окремих, переважно попередніх, операціях, де використовується мірні різальні інструменти (свердла, зенкери тощо) контроль зазвичай не роблять, покладаючись на правильність розміру стандартного інструмента. Це скорочує кількість контролерів і витрати виробництва. Розмір вибірок під час вибіркового приймання масових деталей визначають за правилами математичної статистики.

Під час проектування технологічних процесів для існуючих заводів, де цехи організовано за видами оброблення, послідовність оброблення встановлюють з урахуванням можливого скорочення шляхів транспортування

¹⁷ Зазначені прийоми керування застосовують під час послідовного оброблення декількох поверхонь на універсальних верстатах.

деталей. У цьому разі, наприклад, виконується повне токарне оброблення, потім фрезерне тощо.

Попередній зміст операцій встановлюють об'єднанням тих переходів на відповідній стадії оброблення, які можна виконати на обраному типі основного технологічного устаткування. У масовому потоковому виробництві зміст операцій визначають з умови, щоб їх тривалість дорівнювала чи була кратною такту випуску. На зміст операцій впливає також необхідність скорочення кількості переставлень деталей з верстата на верстат, що має велике значення для умов важкого машинобудування.

Усі конкуруючі варіанти записують у табл. 2.6. При цьому обов'язково враховують вид і технологічні параметри заготовок, які були попередньо вибрані (див. п. 2.3). Конкуруючі варіанти записують у такому порядку (кількість етапів оброблення може змінюватися залежно від виду заготовки та параметрів якості виготовлюваної деталі):

- 1) попереднє оброблення чистових баз;
- 2) попереднє (чорнове) оброблення поверхонь деталі;
- 3) чистове оброблення поверхонь деталі;
- 4) викінчувальне оброблення чистових баз;
- 5) викінчувальне оброблення поверхонь деталі.

Зауважимо, що один варіант операції може належати кільком конкуруючим варіантам технологічного процесу.

8. Укрупнене нормування технологічного процесу та визначення продуктивності оброблення. Норми часу на усі конкуруючі операції визначають спрощено, керуючись відповідними таблицями, наведеними, наприклад, у додатках 11, 12 чи [16]. У разі послідовного виконання переходів основний час на операцію дорівнює сумі основних часів кожного переходу оброблення; у разі паралельного виконання переходів – основному часу найтривалішого переходу; при послідовно-паралельному виконанні переходів – основному часу окремих найтриваліших переходів, які не перекриваються.

На цьому ж етапі необхідно визначити добову продуктивність оброблення:

$$Q_{\text{доб}} = \frac{F_{\text{доб}} \cdot i}{T_{\text{шт}}} \eta_{\text{норм}}, \quad (2.27)$$

де $F_{\text{доб}}$ – добовий фонд часу роботи устаткування в одну зміну, хв. ($F_{\text{доб}} = 476$ хв); i – кількість змін; $T_{\text{шт}}$ – штучний (штучно-калькуляційний) час виконання операції, хв.; $\eta_{\text{норм}}$ – нормативний коефіцієнт завантаження верстата для прийнятого типу виробництва (див. п. 2.1).

Величину визначеної норми штучного (штучно-калькуляційного) часу та продуктивності оброблення необхідно записати у табл. 2.5.

9. Розрахунок необхідної кількості устаткування та його завантаження виконують за методиками, наведеними у п. 2.1. Усі отримані дані необхідно записати у відповідні графи табл. 2.5.

10. Укрупнене встановлення припусків необхідне для попереднього визначення режимів різання під час виконання переходів конкуруючих операцій. Для укрупненого встановлення припусків рекомендується використовувати дослідно-статистичний метод, за якого загальні й проміжні припуски вибирають за таблицями, що складені на основі узагальнення й систематизації виробничих даних передових підприємств [22, 38, 40, 46, 48 тощо].

11. Попередній вибір металорізальних інструментів, визначення режимів різання та основного технологічного устаткування.

Тип різального інструмента, який використовується на кожному технологічному переході, вибирають за прийнятим методом оброблення.

Елементи режиму різання (глибина, подача й швидкість різання) встановлюють для кожного технологічного переходу усіх конкуруючих операцій, враховуючи вибраний тип різального інструмента та план оброблення поверхні. Кількість елементів режимів різання, які підлягають встановленню на цьому етапі, можна значно скоротити, визначивши лімітуючий (найбільш завантажений) перехід кожної операції. Спочатку встановлюють глибину різання, потім подачу й, в останню чергу, швидкість різання. Усі елементи режиму різання встановлюють за табличним методом, використовуючи відповідну довідникову літературу, наприклад [40, 48].

За режимами різання розраховують сумарну потужність різання. Необхідно враховувати кількість одночасно працюючих інструментів технологічного налагодження, кількість одночасно оброблюваних заготовок та інші фактори, від яких залежить величина потужності. Потужність визначають розрахунково-аналітичним чи табличним методами за найзавантаженішим переходом (позицією), користуючись відповідними залежностями [40, 47, 48].

Особливість операції та прийнятий метод оброблення свідчать про тип верстата (токарний, фрезерний, свердлильний тощо), розміри заготовки й оброблюваних поверхонь – про основні розміри верстата (висоту центрів, віддаль між центрами, розмір стола тощо), а розрахована потужність різання – про необхідну потужність головного приводу верстата. За високого ступеня концентрації вибирають багатосупортні чи багатопшпіндельні верстати. Встановлені вимоги зазвичай задовольняє кілька моделей верстатів цього типу (типорозміру). Попередньо обрана модель повинна забезпечувати заданий комплект параметрів якості оброблення, максимальну жорсткість і продуктивність. Оптималішою є модель з більшим запасом потужності й більшим ступенем автоматизації робочого циклу. Моделі вибраного основного технологічного устаткування повинні відповідати новітнім досягненням в галузі

верстатобудування, а також встановленому типу й організаційній формі виробництва. Враховуючи технологічні можливості вибраної моделі верстата, надалі допускається необхідне коригування структури відповідних операцій з метою повнішого використання цієї моделі.

Для вибору моделі основного технологічного устаткування можна використовувати додаток 153, технічні паспорти металорізального устаткування, а також інші джерела, наприклад, [38, 59 (т. 2)].

Усі дані щодо розрахункової потужності різання, вибраної моделі основного технологічного устаткування та потужності її головного приводу записують у відповідні графи табл. 2.5.

12. Встановлення технологічної собівартості виконання операцій. Технологічна собівартість виконання операції – це узагальнені матеріальні витрати, які доводяться на виконання технологічної операції виготовлення одиниці продукції:

$$C_m = C_{н} \cdot T_{шт} \cdot \frac{l}{60}, \quad (2.28)$$

де $C_{н}$ – нормативна собівартість (норматив матеріальних витрат) однієї хвилини роботи вибраної моделі основного технологічного устаткування, коп./хв; $T_{шт}$ – штучна (штучно-калькуляційна) норма часу на виконання відповідної операції, хв.

Для встановлення нормативної собівартості можна використовувати¹⁸ відповідні дані з додатка 151. Якщо вибраної моделі основного технологічного устаткування у додатку немає, то необхідно орієнтуватися на схожі (типові) моделі.

Величини нормативної та технологічної собівартості виконання кожної операції записують у відповідні графи табл. 2.5. Спочатку у таблицю (графа “Назва і зміст операції”) необхідно записати метод отримання заготовки та технологічну собівартість виконання цього методу (графа “Технологічна собівартість, коп.”) за даними, отриманими у п. 2.2.

13. Побудова орієнтованого графа варіантів технологічних операцій виконується за даними табл. 2.5. Нумеровані (за порядком занесення конкуруючих операцій у табл. 2.5) вершини графа відповідають технологічним операціям (а також величинам їх технологічної собівартості), а дуги (ребра), які з’єднують ці вершини, – взаємозв’язки цих операцій. Певна сукупність вершин і дуг графу у відповідній послідовності від початкової вершини (“Заготовка”) до кінцевої (“Деталь”) відповідає одному з конкуруючих

¹⁸ Величину технологічної собівартості можна визначити й за іншими методиками. Не допускається визначення технологічної собівартості різними способами через різну точність цих способів.

варіантів технологічного процесу. Граф може мати кілька початкових вершин. Їх кількість залежить від кількості розглянутих у п. 2.2 методів отримання заготовки, які мають однакову чи близьку вартість.

Для спрощення подальшого аналізу й розрахунків граф доцільно будувати за рядками і стовпцями. У цьому разі у рядках відповідного рівня необхідно внести різні варіанти операції, які відповідають певному етапу виготовлення (оброблення). Наприклад, у рядках першого рівня показуються операції попереднього оброблення чистових баз, у рядках другого рівня – операції чорнового оброблення окремих поверхонь деталі і т.д. Для великосерійного і масового типів виробництва, де оброблення елементарної поверхні часто зводиться в окрему операцію, доцільно усі операції одного етапу виготовлення (наприклад, чистове оброблення кількох поверхонь, яке виконується на різних операціях) розподіляти за окремими рядками графа.

Побудова графу за стовпцями зводиться до з'єднання дугами (ребрами) окремих вершин у технологічно обгрунтовану послідовність, тобто отримання сукупності конкуруючих варіантів маршрутів виготовлення. З метою істотного спрощення пошуку оптимального варіанта технологічного процесу, а також можливого використання програмних методів пошуку, в організаційному графі всі дуги повинні мати однаковий напрямок без повернення до попередніх вершин.

Приклад виконання графа для визначення оптимального варіанта технологічного процесу за даними табл. 2.5 наведено на рис. 2.8.

14. Оптимальний варіант технологічного процесу вибирають за величиною відповідного критерію оптимізації. Основним критерієм оптимізації (критерієм оптимізації першого рівня) є мінімальна величина технологічної собівартості. За наявності кількох варіантів технологічного процесу з однаковою величиною цього критерію, для них розраховують величину критерію оптимізації другого і, за необхідності, третього рівнів. До цих критеріїв належать:

2) середня максимальна продуктивність виготовлення;

3) середній максимальний коефіцієнт завантаження основного технологічного устаткування.

Оптимальний варіант технологічного процесу за порівняно невеликої кількості конкуруючих варіантів встановлюється методом повного перебору шляхів в організаційному графі. За значної кількості конкуруючих варіантів доцільно використовувати т.зв. "машинні" методи оптимізації з використанням комп'ютерної техніки і відповідного програмного забезпечення.

Технологічний процес, встановлений як оптимальний, необхідно виділити (потовщеними лініями) на організаційному графі та описати у спрощеному маршрутно-операційному вигляді для подальшого детального пророблення.

Таблиця 2.5

Встановлення оптимального технологічного процесу механічного оброблення

Назва та зміст операції	Штучний час, хв. (штучно-калькуляційний) час, хв.	Продуктивність, шт./год.	Кількість одиниць устаткування		Коефіцієнт завантаження устаткування	Потужникова потужність рідання, кВт	Устаткування		Нормативна собівартість, коп/год	Технологічна собівартість, коп.	Позначення вершин організації графу
			подрезникова	приймає			модель	потужність			
Фрезерно-центрувальна. Фрезерувати торці 1, 2 одночасно. Центрувати торці 1, 2 одночасно.	2,06	29,1	0,25	1	0,25	3,02	2А931	4,4	56,5	116,4	1
Токарно-гвинторізна. Точити торсьє 1. Центрувати торсьє 1. Точити торсьє 2. Центрувати торсьє 2.	5,14	11,7	0,63	1	0,63	2,17	1Т61	4,5	46,0	236,4	2
Токарно-гвинторізна. Точити пов. 3 начорно. Точити пов. 4 начорно. Точити пов. 5 начорно. Точити пов. 3 начисто. Точити пов. 5 начисто. Точити торсьє 6. Точити торсьє 7. Точити канавку торсьє 8.	7,87	7,6	0,96	2	0,48	3,56	1Т61	4,5	46,0	362,0	3
Токарно-копювальна. Подовжній супорт. Точити пов. 3, 4, 5 начорно. Поперечний супорт. Точити торці 6, 7.	2,45	10,8	0,30	1	0,30	9,98	1А730	13,0	53,5	131,1	4
Токарно-копювальна. Подовжній супорт. Точити пов. 3, 4, 5 начисто. Точити канавку 7, фаску 8.	3,12		0,38	1	0,38	6,36	1А7230	7,5	50,7	158,2	5

Встановлення оптимального технологічного процесу складання

Назва та зміст операції	Штучна (штучно – калькуляційні) час, хв.	Такт випуску, хв	Співвідношення штучного (штучно-калькуляційного) часу та такту випуску (прозрахунок кількості робочих місць)	Кількість клієнтів робочих місць)	Коефіцієнт завантаження робочого місця	Позначення вершин організаційного графу
<i>Слюсарно-складальна.</i> Встановити шпонку 27 у паз вала 7. Запресувати зубчасте колесо 14 на вал 7. Запресувати два підшипники 24. Встановити статорне кільце 22. Встановити шайбу 30. Загвинтити гайку 21. Зашпильнувати гайку 21 шпильтом 35.	5,60	5,16	1,09	2	0,54	1
<i>Слюсарно-складальна.</i> Встановити вал у зборі у корпус 3. Сумістити прокладку 2 з фланцем корпусу 3. Встановити кришку 4. Встановити вісім шайб 31 на болти 18. Наживити болти 18 у різьбові отвори кришки 4. Загвинтити болти 18 у різьбові отвори кришки 4. Заповнити корпус мастилом технічним об'ємом 1,2 л. Перевірити плавність обертання вала у зборі.	3,01	5,16	0,58	1	0,58	2
<i>Слюсарно-складальна.</i> Встановити шпонку 27 у паз вала 7. Запресувати зубчасте колесо 14 на вал 7. Запресувати два підшипники 24. Встановити статорне кільце 22. Встановити шайбу 30. Загвинтити гайку 21. Зашпильнувати гайку 21 шпильтом 35. Встановити вал у зборі у корпус 3. Сумістити прокладку 2 з фланцем корпусу 3. Встановити кришку 4. Встановити вісім шайб 31 на болти 18. Наживити болти 18 у різьбові отвори кришки 4. Загвинтити болти 18 у різьбові отвори кришки 4. Заповнити корпус мастилом технічним об'ємом 1,2 л. Перевірити плавність обертання вала у зборі.	8,54	5,16	1,66	2	0,83	3

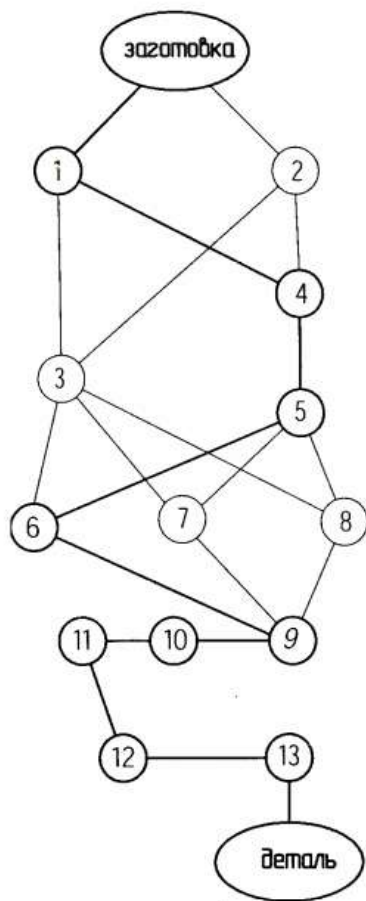


Рис. 2.8. Приклад побудови організаційного графу для визначення оптимального технологічного процесу

Загальна методика і послідовність проектування оптимального технологічного процесу складання виробу. Завдання вибору оптимального технологічного процесу складання, як і у випадку технологічного процесу механічного оброблення, є багатоваріантним.

Оптимізація ТП складання починається з етапів, аналогічних до тих, які необхідно виконати під час оптимізації ТП механічного оброблення (аналіз вихідних даних; технічний та технологічний контроль складального креслення і технічних умов); встановлення типу та організаційної форми виробництва за базовим чи типовим технологічним процесом.

Після вивчення конструкції машини, виявлення в ній взаємозв'язків складальних одиниць і деталей, встановлення методів досягнення необхідної точності та коректування розмірів і допусків у кресленнях розробляють послідовність складання. Послідовність загального складання машини визначається її конструктивними особливостями і закладеними в конструкції методами досягнення точності замикальних ланок.

Складання машини здебільшого здійснюється за такими етапами:

- ручне слюсарне оброблення і припасовування деталей (застосовується в одиничному і дрібносерійному виробництвах);
- попереднє складання (з'єднання деталей в окремі складальні одиниці);
- загальне чи кінцеве складання (складання всієї машини);
- регулювання (вивірення правильності взаємного положення і взаємодії всіх елементів машини);
- випробування машини.

На загальне складання повинні подаватися попередньо скомплектовані складальні одиниці та в якомога меншій кількості окремі деталі. Загальне складання має бути максимально звільненим від виконання дрібних складальних з'єднань і різноманітних допоміжних робіт.

Існують рекомендації до синтезу технологічного процесу складання.

1. За складальними кресленнями та специфікаціями виробу, встановлюють усі складальні одиниці й окремо деталі, які входять до цього виробу. Виділення того чи іншого з'єднання в складальну одиницю повинне бути можливим і доцільним як у конструктивному, так і в технологічному сенсі.

2. Загальне складання виробу і складання будь-якої складальної одиниці починають з встановлення на складальному стенді чи конвеєрі основної базової деталі. Функцію базової деталі може виконувати менш складна складальна одиниця, яка входить до складу виробу й попередньо була зібрана.

3. За рекомендаціями, наведеними у п. 1.3, виявляють розмірні зв'язки між окремими частинами виробу (складальної одиниці). Складання починають з встановлення тих складальних одиниць (деталей), розміри чи відносні повороти поверхонь яких є спільними ланками. Якщо під час складання необхідно частково демонтувати раніше встановлені деталі (складальні одиниці), то це треба відобразити на схемі складання.

Розробляючи порядок і зміст складальних операцій, потрібно з'ясувати можливість:

- суміщення декількох операцій;
- зміни послідовності операцій;
- об'єднання складальної операції з контрольною;
- диференціації складної операції, виділивши її частину в самостійну операцію;
- перенесення операцій, які вимагають припасовувальних робіт, в обробний цех, скоротивши витрати на складання.

Під час складання виникає необхідність систематично перевіряти якість складуваного виробу та його складальних одиниць. Це потрібно робити щоразу, коли потрібної точності в тих чи інших розмірних і кінематичних ланцюгах досягають регулюванням і, особливо, припасовуванням. Необхідність перевірки відповідності зібраних складальних одиниць їх службовому призначенню часто виникає і тоді, коли для досягнення потрібної їх якості використовуються інші методи взаємозамінності, оскільки під час складання виникають похибки, пов'язані з впливом пружних деформацій, заміною баз тощо. Розроблення послідовності складання значно полегшує наявність взірця виробу. У цьому разі можна розібрати виріб, складаючи детальний план розбирання, і прийняти зворотну послідовність виконання операцій.

Загалом кількість варіантів технологічного процесу є тим більшою, чим складнішим є виріб, для якого проектується цей процес. Вибираючи оптимальний варіант, необхідно прагнути до зменшення кількості робітників, працеемності та собівартості складальних процесів. Вирішення цього завдання пов'язане з визначенням змісту складальних операцій, які поділяються на підготовчі, складальні та допоміжні.

Найтипівішими підготовчими складальними операціями є: обпилювання, зачищення, притирання, полірування, шабрування, свердління, розвертання, торцювання, згинання, миття тощо. До власне складальних операцій належать: паяння, склепування, опресовування, зварювання, згвинчування, шплінтування, штифтування тощо. До допоміжних операцій належать балансування, зважування тощо.

Усі конкуруючі структури необхідно записати у табл. 2.6.

Критерієм оптимізації під час вибору структури ТП складання доцільно вибрати мінімальну кількість робочих місць. Для технологічного процесу потокового складання для забезпечення ритмічності та найповнішого використання робочого часу на всіх місцях необхідно забезпечити синхронність усіх операцій процесу. Інакше кажучи, необхідно, щоб час, який витрачається на кожну операцію, приблизно дорівнював чи був кратним заданому

такту випуску (графа табл. 2.6 “Співвідношення штучного (штучно-кальculaційного) часу та такту випуску (розрахункова кількість робочих місць”).

Досягають цього відповідним добором робіт чи додатковим поділом (посднанням) операцій, прискоренням виконання операцій за рахунок використання високопродуктивного технологічного оснащення тощо. Таким чином, паралельно з встановленням норм часу й уточненням структури та змісту кожної операції встановлюють спосіб її виконання, добирають технологічне устаткування та оснащення.

Процедуру встановлення оптимального варіанта технологічного процесу виконують, як і для механічного оброблення, за допомогою теорії графів.

2.6. Розрахунок припусків

Припуск – це частина матеріалу, яка знімається з оброблюваної поверхні з метою досягнення заданих властивостей цієї поверхні. Наявність припуску на заготовці забезпечує необхідну точність деталі та якість її поверхневого шару після механічного оброблення. У найпростішому випадку припуск – це різниця між розмірами поточного виконаного та попереднього технологічних переходів.

Припуск на оброблення поверхонь заготовки призначають на основі розрахунково-аналітичного чи табличного методу.

1. Розрахунково-аналітичний метод ґрунтується на аналізі технологічних факторів, які впливають на припуски попереднього та виконаного переходів технологічного процесу оброблення поверхні. Детальне врахування вказаних факторів є доцільним у великосерійному та масовому виробництві з метою забезпечення економії металу.

2. Табличний метод. Таблиці припусків є узагальненням виробничих даних і не враховують усіх умов оброблення конкретної деталі. Дослідно-статистичні припуски здебільшого є значно завищеними. Табличний метод простий, проте у разі його використання проектні рішення приймають догматично, без аналізу умов виконання операцій та пошуку шляхів економії матеріалу. Сфера застосування цього методу – одиничне, середньо- і дрібносерійне виробництво.

Використовуючи розрахунково-аналітичний метод, залежно від умов виконання операції і виду оброблюваних поверхонь, значення припуску визначають диференційованим розрахунком складових елементів припуску. Метод передбачає розрахунок припусків за всіма послідовно виконуваними переходами оброблення певної поверхні та встановлення проміжних розмірів (які визначають розташування поверхні) і розмірів заготовки. Розрахунковою величиною є мінімальний припуск, достатній для усунення на виконаному переході похибок оброблення та дефектів поверхневого шару, отриманих на попередньому переході, а також компенсації

похибок, які виникають на виконуваному переході. З використанням значення мінімального припуску розраховують проміжні розміри, які визначають розташування оброблюваної поверхні, та розміри заготовки.

Коли з оброблюваної поверхні необхідно зняти лише сліди від попереднього оброблення, і до того ж не здійснюється перевстановлення заготовки (наприклад, під час розрахунків припуску на технологічні операції суперфінішу та полірування), то значення мінімального припуску $z_{i\min}$ беруть з урахуванням висоти нерівностей профілю $R_{z_{i-1}}$, які виникли на попередній технологічній операції (переході):

$$z_{i\min} = R_{z_{i-1}} \quad (2.29)$$

Якщо необхідно забезпечити не лише відповідний параметр шорсткості, але й зняти дефектний шар, тоді:

$$z_{i\min} = R_{z_{i-1}} + h_{i-1}, \quad (2.30)$$

де h_{i-1} – висота дефектного шару на попередній операції (переході).

Значення мінімального припуску $z_{i\min}$ за різних методів оброблення поверхонь дорівнює:

- під час послідовного оброблення протилежних поверхонь

$$z_{i\min} = R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i; \quad (2.31)$$

- під час одночасного оброблення протилежних поверхонь

$$2z_{i\min} = 2 \cdot (R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i); \quad (2.32)$$

- під час оброблення замкнутих зовнішніх та внутрішніх поверхонь тіл обертання:

$$2z_{i\min} = 2 \cdot \left(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (2.33)$$

де ρ_{i-1} – сумарні просторові відхилення (відхилення від правильної геометричної форми поверхонь та їх взаємного розташування) на попередній операції (переході), ε_i – сумарна похибка встановлення на виконуваній операції (переході).

Максимальний припуск на одностороннє оброблення:

$$z_{i\max} = z_{i\min} + T_{i-1} + T_i; \quad (2.34)$$

та двостороннє оброблення:

$$2z_{i\max} = 2z_{i\min} + T_{i-1} + T_i, \quad (2.35)$$

де T_{i-1} , T_i – допуски розмірів на попередньому і виконуваному переходах відповідно.

Номинальний припуск на:

- одностороннє оброблення зовнішніх поверхонь:

$$z_i = z_{i \min} + ei_{i-1} + ei_i; \quad (2.36)$$

- двостороннє оброблення зовнішніх поверхонь:

$$2z_i = 2z_{i \min} + ei_{i-1} + ei_i; \quad (2.37)$$

- одностороннє оброблення внутрішніх поверхонь:

$$z_i = z_{i \min} + ES_{i-1} - ES_i; \quad (2.38)$$

- двостороннє оброблення внутрішніх поверхонь:

$$2z_i = 2z_{i \min} + ES_{i-1} - ES_i, \quad (2.39)$$

де ei_{i-1} , ei_i – нижні граничні відхилення розмірів на попередньому і виконуваному переходах; ES_{i-1} , ES_i – верхні граничні відхилення розмірів на попередньому і виконуваному переходах.

Нижче подано детальні рекомендації щодо встановлення числових значень R_z , h , ρ та ε .

Величину глибини дефектного шару h для сірого і кувального чавуну, а також кольорових металів та їх сплавів після першого технологічного переходу і для сталі після термічного оброблення (коли необхідно зберегти зміцнений поверхневий шар) з відповідних формул виключають. В інших випадках глибину дефектного шару доцільно призначати, використовуючи додатки 33–43¹⁹.

Розрахункові формули для визначення сумарного значення просторових відхилень ρ для типових видів заготовок під час їх оброблення на першій операції з урахуванням способів базування, які впливають на значення відхилення, наведено у додатку 45.

Сумарні просторові відхилення враховують:

- у заготовок (під перший технологічний перехід);
- після чорнового та напівчистового оброблення лезовими інструментами (під подальший технологічний перехід);
- після термічного оброблення, навіть за відсутності явної деформації.

Для литих заготовок під час оброблення пласкої поверхні корпусної деталі з отворами, осі яких паралельні до оброблюваної поверхні, істотного значення набуває спосіб базування заготовки на першій операції. Якщо заготовка базується на отвори і перпендикулярно до них поверхню, то сумарне просторове відхилення ρ складається з величини жолоблення (сумарного значення відхилень форми) оброблюваної поверхні $\rho_{\text{жол}}$ і похибки

¹⁹ Відзначені додатки також рекомендуються для призначення величини R_z оброблюваної поверхні.

розташування базових отворів щодо цієї поверхні, тобто зміщення $\rho_{зм}$ цих отворів до зовнішньої поверхні виливка. Величина зміщення у цьому разі обумовлена неточністю розташування стрижня моделі відносно зовнішньої поверхні і регламентується допуском на розмір від оброблюваної поверхні до осі базових отворів ($A \pm (T/2)$). На ескізі у додатку 45 вектори жолоблення і зміщення базових отворів відносно напрямку витримуюваного розміру є колінеарними, і для визначення сумарного просторового відхилення можна прийняти алгебраїчну суму складових $\rho_{жол}$ і $\rho_{зм}$, проте ймовірність цього випадку є доволі незначною. Тому для отримання ймовірнішого значення сумарного просторового відхилення (враховуючи нормальний закон розподілу дійсних розмірів) необхідно виконувати геометричне додавання векторних складових $\rho_{жол}$ і $\rho_{зм}$:

$$\rho = \sqrt{\rho_{жол}^2 + \rho_{зм}^2}, \quad (2.40)$$

Встановлюючи заготовку на площину, яка є протилежною і паралельною до оброблюваної, загальну величину жолоблення поверхні виливка визначають як добуток питомої кривизни $\Delta_{кр}$ на найбільший розмір оброблюваної поверхні L у напрямі оброблення (див. додаток 46):

$$\rho_{жол} = \Delta_{кр} \cdot L, \quad (2.41)$$

Для литих деталей типу тіл обертання під час оброблення ділянок зовнішньої поверхні і базування по іншій зовнішній поверхні величина жолоблення (овальність) виражається добутком питомої кривизни на відповідний діаметр виливка (див. додаток 45):

$$\rho_{жол} = \Delta_{кр} \cdot D, \quad (2.42)$$

Якщо ж базування під час оброблення зовнішньої циліндричної поверхні здійснюється по внутрішньому діаметру, то для сумарного значення просторового відхилення ρ потрібно, як і для коробчастих заготовок, враховувати зміщення стрижня ливарної моделі щодо зовнішньої поверхні. Величину зміщення $\rho_{зм}$ у цьому разі можна приймати такою, що дорівнює допуску на товщину стінки виливка.

Під час оброблення торцевих поверхонь виливків тіл обертання, просторове відхилення оброблюваної поверхні виражається у вигляді жолоблення і визначається як добуток питомої кривизни на діаметр оброблюваної поверхні (див. (2.42)).

Для штампованих заготовок (під час оброблення циліндричних поверхонь деталей типу ступінчастих валів у разі їх консольного закріплення по крайній ступені) сумарне значення просторових відхилень виражається у вигляді жолоблення деталі і зміщення одних ділянок поверхні щодо інших. Це

зміщення зумовлене незбігом верхньої та нижньої частин штампа під час штампування заготовок впоперек осі, незбігом півматриць у горизонтально-кувальних машинах чи зміщенням штампованої частини заготовки щодо стрижня вихідного матеріалу. Під час оброблення штампованих заготовок у центрах для розрахунків кривизни чи стріли прогину оброблюваного перерізу потрібно брати добуток питомої кривизни після правлення чи термічного оброблення на віддаль від цього перерізу до найближчої опори. У цьому разі, крім наведених факторів, необхідно враховувати радіальне биття оброблюваної поверхні у результаті похибки зацентрування.

Для заготовок типу дисків з центральними отворами, які прошиваються під час штампування (зубчасті колеса, фланці тощо), сумарне значення просторових відхилень (у разі базування заготовки на першій операції по зовнішньому діаметру) складається зі зміщення частин штампів, які формують заготовку по обидва боки роз'єму, та відхилення від співвісності (ексцентричності) центрального отвору щодо зовнішнього контуру заготовки. Допуски на зміщення та неспіввісність наведено у додатках 47, 48 відповідно. Обробляючи торцеві поверхні штампованих заготовок за просторові відхилення необхідно приймати жолоблення оброблюваної поверхні, яке визначається як добуток значень питомої кривизни (див. додаток 45) та оброблюваного діаметра.

Для заготовок із сортового прокату визначають сумарне значення просторових відхилень аналогічно до штампованих заготовок типу валів залежно від способу базування. У разі консольного закріплення заготовок у розрахунок приймається лише кривизна в оброблюваному перерізі, а у разі оброблення у центрах у векторну суму додається похибка зацентрування. Кривизна в оброблюваному перерізі визначається на основі питомої кривизни (див. додаток 46) з урахуванням правлення чи термічного оброблення відповідно до стану заготовки.

Похибка зацентрування заготовок виникає внаслідок похибки базування на цій операції і призводить до радіального биття зовнішньої поверхні заготовки відносно осі центрових отворів. Якщо використовувати на операції зацентрування самоцентрувальні затискові пристрої, допуск на зовнішній діаметр не справляє значущого впливу на похибку зацентрування, яка у такому разі визначається похибкою налаштування центрувального верстата (до 0,25 мм). У разі встановлення заготовки на призму з одностороннім затиском, похибка зацентрування, окрім цього, залежить від допуску на зовнішній діаметр заготовки і кута призми.

Оброблення отворів свердлінням у нерухомій заготовці характеризується зміщенням отвору й відхиленням від прямолінійності (уводом) його осі внаслідок недостатньої жорсткості свердла (додаток 49).

Остаточні просторові відхилення на оброблених поверхнях, які мали вихідні відхилення, є наслідком копіювання похибок під час механічного оброблення. Значення цих відхилень залежать як від умов оброблення, так і від параметрів, які характеризують жорсткість технологічної системи і механічні властивості оброблюваного матеріалу.

Для визначення проміжних значень припусків на оброблення можна з достатньою для практичних цілей точністю користуватися залежністю

$$\rho_{ост} = k_y \cdot \rho_{заг}, \quad (2.43)$$

де k_y – коефіцієнт уточнення форми, значення якого для різних видів заготовок і методів їх оброблення можна приймати за даними додатка 44.

При обробленні торцевих поверхонь штампованих заготовок з центральним отвором остаточне просторове відхилення (жолоблення) визначають як:

- після чорнового оброблення:

$$\rho_{ост} = 1,2 \cdot [0,060 \rho_{жол} + 0,15(R - r)];$$

- після чистового оброблення:

$$\rho_{ост} = 1,1 \cdot [0,003 \rho_{жол} + 0,10(R - r)];$$

- після викінчувального оброблення:

$$\rho_{ост} = 0,003 \rho_{жол} + 0,10(R - r),$$

де R і r – радіуси зовнішньої поверхні й отвору (див. додаток 45).

Розраховуючи сумарне значення просторових відхилень, необхідно усувати ті похибки, які не можна видалити на виконуваному переході²⁰.

Похибка встановлення ϵ на виконуваному переході під час визначення проміжного припуску характеризується зміщенням оброблюваної поверхні, яке повинно компенсуватися додатковою складовою:

$$\bar{\epsilon} = \bar{\epsilon}_б + \bar{\epsilon}_з + \bar{\epsilon}_{np}, \quad (2.44)$$

де $\epsilon_б$ – похибка базування; $\epsilon_з$ – похибка закріплення; ϵ_{np} – похибка положення заготовки у пристрої.

Абсолютна величина похибки встановлення визначається як

$$\epsilon = \sqrt{\epsilon_б^2 + \epsilon_з^2 + \epsilon_{np}^2} \quad (2.45)$$

Похибка базування $\epsilon_б$ існує при незбігу установочної і технологічної баз і залежить також від допуску і похибки форми базових поверхонь. Значення похибки базування розраховують у відповідному розділі (див. п. 2.4).

²⁰ Наприклад, у разі розвертання плаваючою розверткою чи протягування отворів зміщення й увід осі не усуваються.

Похибка закріплення ε , виникає у результаті зміщення оброблюваної поверхні заготовки від дії сили затиску. Це зміщення, навіть якщо воно і значне, але постійне за величиною, може бути враховане налаштуванням верстата. У деяких випадках, особливо коли використовуються пневматичні, гідравлічні, електромеханічні та інші затискні пристрої, які забезпечують постійність зусилля затиску, похибку закріплення можна усунути з розрахунків.

Похибка положення заготовки у пристрої ε_{np} є наслідком неточності виготовлення верстатного пристрою та зношування його встановлювальних елементів, а також похибки встановлення самого пристрою на верстаті. Сюди належить також похибка індексації – повороту затискних пристроїв під час оброблення заготовок на багатопозиційних верстатах, яку здебільшого приймають такою, що дорівнює 0,05 мм. За винятком останньої складової часто доволі утрудненим є виявлення окремих значень інших вказаних елементів похибки положення, тому їх враховують як складові похибки закріплення. У цьому разі похибка закріплення, особливо за умови використання силових механізмів з постійною силою затиску, має визначену величину. Її значення наведено у додатках 50–53.

Для однопозиційного оброблення формула (2.45) набуде вигляду

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \quad (2.46)$$

Якщо вектори ε_6 і ε_3 є колінеарними, наприклад, під час оброблення плоских поверхонь, які є паралельними до встановлювальної бази, то

$$\varepsilon = \varepsilon_6 + \varepsilon_3 \quad (2.47)$$

Нижче наведено послідовність розрахунку припусків.

1. Користуючись робочим кресленням деталі і планом оброблення вибраної поверхні, записати у таблицю за прикладом табл. 2.7 перелік технологічних переходів оброблення за послідовністю їх виконання: від заготовки до кінцевого переходу.

2. Використовуючи додатки 33–53 та вищенаведені рекомендації, встановити значення R_z , T , ρ , ε .

3. Використовуючи додаток 3, встановити величини допусків TA , (TD_i – для отвору, Td_i – для зовнішньої циліндричної поверхні) проміжних розмірів оброблення поверхні після виконання кожного технологічного переходу. Для першого переходу під час оброблення заготовок усіх видів і витримуючи розмір від чорнової бази, допуск необхідно приймати не табличний, а визначати за формулою

$$TA = \frac{TA_{заг} + TA_1}{2}, \quad (2.48)$$

де $TA_{заг}$ ($TD_{заг}$, $Td_{заг}$) – допуск розміру заготовки, TA_1 (TD_1 , Td_1) – допуск розміру, отриманий після виконання першого технологічного переходу.

4. За однією з вибраних формул (2.31–2.33) визначити розрахункові мінімальні припуски $2z_{\min p_i}$ (для одностороннього оброблення – $z_{\min p_i}$) для всіх технологічних переходів. Розрахунковий мінімальний припуск для заготовки не визначається.

5. Враховуючи, відповідно до робочого креслення, граничні відхилення розміру оброблюваної поверхні, записати для кінцевого переходу у графу “Розрахунковий розмір” (див. табл. 2.7) граничний розмір деталі. Для цього при розрахунку припуску для оброблення зовнішньої поверхні записати мінімальний граничний розмір, а при обробленні внутрішньої поверхні – максимальний граничний розмір.

6. Послідовно визначити розрахункові розміри A_{p_i} (D_{p_i} , d_{p_i}) для усіх інших технологічних переходів та заготовки. Під час розрахунків припуску для оброблення зовнішньої поверхні розрахунковий розмір кожного переходу визначиться як

$$A_{p_i} = A_{p_{i+1}} + 2z_{\min p_{i+1}} \quad (2.49)$$

У розрахунках припуску для оброблення внутрішньої поверхні розрахунковий розмір кожного переходу:

$$A_{p_i} = A_{p_{i+1}} - 2z_{\min p_{i+1}} \quad (2.50)$$

7. Для оброблення зовнішньої поверхні встановити мінімальні граничні розміри A_{\min_i} (d_{\min_i}) для усіх технологічних переходів заокругленням до більшого з розрахункових розмірів A_{p_i} (d_{p_i}).

Для оброблення внутрішньої поверхні встановити максимальні граничні розміри A_{\max_i} (D_{\max_i}) для усіх технологічних переходів заокругленням до меншого з розрахункових розмірів A_{p_i} (D_{p_i}).

Заокруглювати необхідно до того самого знака десяткового дробу, з яким поданий допуск на розмір для кожного переходу.

8. Для оброблення зовнішньої поверхні встановити максимальні граничні розміри A_{\max_i} (d_{\max_i}):

$$A_{\max_i} = A_{\min_i} + TA_i \quad (2.51)$$

Для оброблення внутрішньої поверхні встановити мінімальні граничні розміри A_{\min_i} (D_{\min_i}):

$$A_{\min_i} = A_{\max_i} - TA_i \quad (2.52)$$

9. Встановити граничні значення припусків $2z_{\min_i}$ та $2z_{\max_i}$.

Для оброблення зовнішньої поверхні:

$$2z_{\min_i} = A_{\min_i} - A_{\min_{i-1}} \quad (2.53)$$

$$2z_{\max_i} = A_{\max_i} - A_{\max_{i-1}}$$

Для оброблення внутрішньої поверхні:

$$2z_{\min_i} = A_{\max_i} - A_{\max_{i-1}} \quad (2.54)$$

$$2z_{\max_i} = A_{\min_i} - A_{\min_{i-1}}$$

10. Визначити загальні припуски на оброблення поверхні:

$$2z_{\min_\Sigma} = \sum z_{\min_i} \quad (2.55)$$

$$2z_{\max_\Sigma} = \sum z_{\max_i}$$

11. Перевірити виконані розрахунки за формулою

$$2z_{\max_i} - 2z_{\min_i} = TA_{i-1} - TA_i \quad (2.56)$$

12. Встановити номінальний розмір заготовки [59 (т. 1)]. Для оброблення зовнішньої поверхні – як розрахований максимальний розмір $A_{\max_{заг}}$ ($d_{\max_{заг}}$) з допуском у “мінус”:

$$A_{ном_{заг}} = A_{\max_{заг}} (-TA_{заг}) \quad (2.57)$$

Для оброблення внутрішньої поверхні – як розрахований мінімальний розмір $A_{\min_{заг}}$ ($D_{\min_{заг}}$) з допуском у “плюс”:

$$A_{ном_{заг}} = A_{\min_{заг}} (+TA_{заг}) \quad (2.58)$$

Якщо поле допуску розташоване симетрично відносно номінального розміру:

$$A_{ном_{заг}} = A_{p_{заг}} (\pm TA_{заг}/2) \quad (2.59)$$

13. Встановити номінальний розмір припуску.

Для оброблення зовнішньої поверхні:

$$2z_{ном} = A_{ном_{заг}} - A_{ном_{дет}} \quad (2.60)$$

Для оброблення внутрішньої поверхні:

$$2z_{ном} = A_{ном_{дет}} - A_{ном_{заг}} \quad (2.61)$$

14. Усі розрахунки записати у таблицю за прикладом табл. 2.7.

15. На основі отриманих розрахункових даних побудувати схему розташування припусків і допусків на оброблення відповідної поверхні за прикладом рис. 2.9 (2.10).

Розрахунок припуску на оброблення поверхні типу отвору

Технологічні переходи оброблення отвору $\varnothing 36H8 (\varnothing 36^{+0,039})$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, $z_{\text{числ.р.}}$ мкм	Розрахунковий розмір, D_p мм	Допуск T_D , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мкм		
	R_z	T	ρ	ϵ				D_{\min}	D_{\max}	z_{\min}	z_{\max}	
Заготовка	200	100	293	—	—	34,637	620	34,02	34,64	—	—	
1. Розточування чорнове	32	40	18	100	1,22	35,857	100	35,76	35,86	1,24	1,76	
2. Розточування чистове	5	10	12	5	0,18	36,039	39	36,00	36,04	0,18	0,24	
Разом:											1,42	2,00

На поверхні, які не підлягали розрахунковому визначенню припусків, необхідно встановити припуски за табличним методом.

Табличні значення припусків для круглого сортового прокату наведені у додатку 54.

Для виливків різних видів під час виконання кваліфікаційної роботи рекомендується встановлювати загальні значення припусків за додатком 56, враховуючи значення допуску лінійного розміру вилівка (додаток 55) без урахування величини додаткових припусків.

Визначаючи припуски штампованих та кованих заготовок, допускається встановлювати загальний припуск на оброблення як основний припуск (додаток 58), без урахування додаткових припусків, які компенсують зсув половин штампа та деформацію заготовки, відхилення міжцентрової віддалі тощо. Допуски та граничні відхилення лінійних розмірів штампованих та кованих заготовок наведені у додатку 59.

Значення номінальних припусків²¹ на механічне оброблення, основних розмірів заготовки та їхніх відхилень, визначених табличним способом, доцільно звести у табл. 2.8.

На поверхні, які не вказані у табл. 2.8, призначаються напуски.

²¹ Граничні припуски розраховуються у розділі, присвяченому виконанню розмірного аналізу технологічного процесу (див. п. 2.7).

Припуски і розміри заготовки

Поверхня	Витримуваний розмір, мм	Допуск на витримуваний розмір, мм	Значення припуску, мм	Розмір заготовки, мм	Допуск на розмір заготовки, мм
1-21	166 ^{-0,050} _{-0,165}	0,115	2 x 3,6	219,2	+1,250 -0,620
8	∅350 h7	0,057	2 x 4,2	∅358,4	+1,500 -0,800
15	∅50 H6	0,016	2 x 4,8	∅40,4	+0,600 -0,400
.....

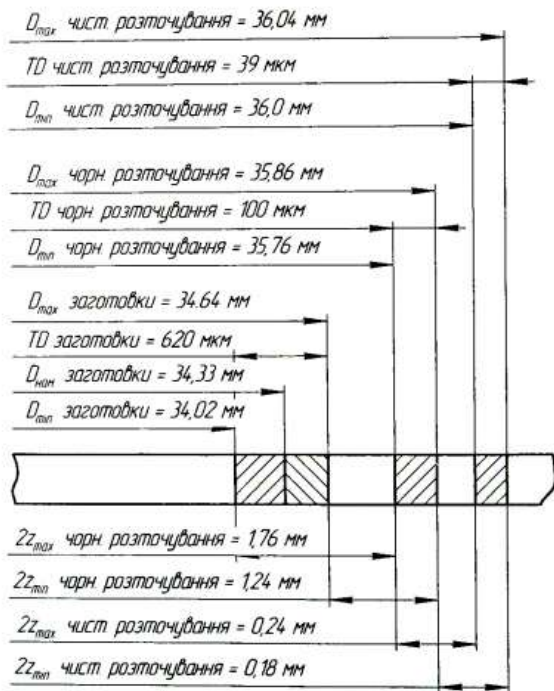


Рис. 2.9. Схема розташування припусків та допусків на оброблення в н у т р і ш н ь о ї ц и л і н д р и ч н о ї п о в е р х н і (д л я п р и к л а д у, н а в е д е н о г о у т а б л . 2.8)

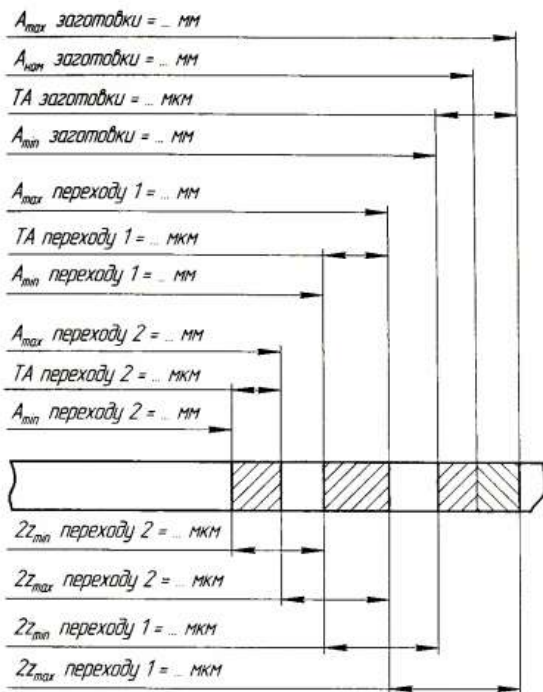


Рис. 2.10. Схема графічного розташування припусків та допусків на оброблення зовнішньої плоскої поверхні (за два технологічні переходи)

2.7. Розмірний аналіз технологічного процесу.

Проектування заготовки

Розмірний аналіз технологічних процесів полягає у встановленні зв'язків розмірних параметрів деталі під час її виготовлення та розрахунку цих параметрів розв'язанням рівнянь операційних розмірних ланцюгів. У результаті визначають проміжні розміри для виконання окремих технологічних операцій та переходів (т.зв. міжопераційні розміри) разом з розмірами заготовок, а також практичні значення міжопераційних припусків на механічне оброблення. За цими параметрами налагоджуються верстати та проектується технологічні і контрольно-вимірні пристрої.

Розмірний аналіз доцільно виконувати або під час розроблення нового технологічного процесу, або для процесу, який використовується у виробництві, за умови існування певних відхилень від показників якості виробу, перевитрат матеріалу тощо. В останньому випадку за допомогою розмірного аналізу відшуковують причини відхилень та розробляють заходи для їх усунення.

Розмірний аналіз дає змогу конкретизувати варіант технологічного процесу і вирішити завдання:

- остаточного вибору методу виготовлення заготовки, її розмірів, відхилень та технічних вимог;
- отримання оптимального (за кількістю технологічних переходів) процесу механічного оброблення заготовки.

Загалом під час виконання розмірного аналізу необхідно виконати такі дії:

- 1) визначити технічні вимоги до заготовки на всіх технологічних переходах;
- 2) виявити взаємозв'язки розмірних параметрів під час оброблення заготовки;
- 3) призначити мінімальні припуски на окремі етапи механічного оброблення;
- 4) побудувати розмірні ланцюги і розрахувати їх елементи;
- 5) перевірити раціональність проставлення міжопераційних розмірів і розмірів заготовок на всіх технологічних переходах.

Комплексне вирішення поставлених завдань є складним і працездатним завданням, яке вимагає певних навичок і кваліфікації. Правильно виконаний розмірний аналіз окреслює способи забезпечення потрібної якості виробу за мінімальної працездатності і собівартості його виготовлення. Тому трудові витрати на виконання розмірного аналізу завжди перебиваються виграшем у собівартості виготовлення продукції.

Підготовка розмірної схеми для виконання розмірного аналізу.

1. Розподілити загальний припуск для оброблення кожної поверхні деталі (див. табл. 2.8) на окремі складові, відповідно до прийнятого плану оброблення та даних, наведених у додатках. Залежно від виду оброблення, частку мінімального операційного припуску у межах загального припуску на оброблення доцільно приймати у таких межах [46]:

- третє викінчувальне оброблення – до 1 %;
- друге викінчувальне оброблення – 3–5 %;
- перше викінчувальне оброблення – 8–12 %;
- чистове оброблення – 20–27 %;
- чорнове оброблення – решта.

2. Розмірну схему технологічного процесу (суміщене креслення деталі та заготовки, див. рис. 2.11) виконати в одній чи, залежно від складності конструкції, декількох проекціях для розмірів, проставлених у двох координатних площинах. Виокремити поверхні усіх міжопераційних припусків. Розмірну схему допускається виконувати без дотримання масштабу за умови чіткого відображення всіх поверхонь, розмірів і осей отворів.

Виконуючи розмірний аналіз, у кваліфікаційній роботі можна не розглядати другорядні поверхні (фаски, дрібні різеві отвори, канавки, пази тощо).

3. Через усі поверхні провести проміжні лінії. Виконати наскрізну нумерацію всіх поверхонь деталей та заготовки: зліва направо – для розмірів у горизонтальній проекції та знизу догори – для розмірів у вертикальній проекції. Осьова лінія вважається одним складовим елементом, циліндрична поверхня отвору – іншим.

4. У верхній (для розмірів у горизонтальній проекції) чи лівій (для розмірів у вертикальній проекції) частині розмірної схеми за допомогою проміжних ліній вказати всі відомі конструкторські розміри (*конструкторські розміри A_i* , задані на кресленні, та *мінімальні значення припусків $z_{n \min}$*). Усі вказані розміри (ланки) під час виконання розмірного аналізу є *з а м и к а л ь н и м и*.

5. У нижній (для розмірів у горизонтальній проекції) чи правій (для розмірів у вертикальній проекції) частині схеми за допомогою проміжних ліній вказати всі технологічні розміри (ланки), які необхідно визначити (*міжопераційні розміри S_k* та *розміри заготовки B_j*):

- міжопераційні розміри показують згори донизу для розмірів у горизонтальній проекції (зліва направо – для розмірів у вертикальній проекції) відповідно до маршруту оброблення: від останнього (викінчувального) переходу останньої операції технологічного процесу до першого (чорнового) переходу першої операції технологічного процесу;

- на проміжні лінії міжопераційного розміру, яка відповідає базовій поверхні поставити точку, а на лінії, яка відповідає поверхні після зняття припуску, – стрілку.

- розміри заготовки показують у довільному порядку.

Усі технологічні ланки є *с л а д о в и м и* ланками розмірного ланцюга.

Формування розмірних ланцюгів.

1. Для всіх невідомих (технологічних) ланок визначають розмірні ланцюги, в які вони входять, і складають рівняння для їх розв'язання. Кількість рівнянь має дорівнювати кількості невідомих ланок. Розв'язування рівнянь розпочинають з тих, де є лише одна невідома технологічна ланка. Кількість відомих ланок у ланцюзі повинна бути мінімальною.

2. Після вибору потрібного методу розрахунку рівнянь розмірних ланцюгів визначають усі невідомі ланки.

3. На основі отриманих граничних розмірів міжопераційних розмірів та розмірів заготовок, керуючись відповідними вимогами стандартів, вибирають номінальні значення розмірів та їхні граничні відхилення.

Для істотного спрощення процедури виявлення і формування розмірних ланцюгів, особливо під час виконання розмірного аналізу корпусних деталей, доцільно використовувати положення *теорії графів*. Для цього необхідно побудувати по два графи для кожної проекції: *конструкторські*, на яких проставляють лише конструкторські зв'язки A_i і $z_{n\min}$ та *технологічні* графи – з технологічними зв'язками S_k і B_j (рис. 2.12). Вершинами кожного графу є відповідні пронумеровані поверхні розмірної схеми технологічного процесу. Ребрами графів є зв'язки між цими поверхнями. Ребра показують як лінії поєднання відповідних вершин (поверхонь) деталі. Ребра зображають:

- *одинарними дугами* – для конструкторських розмірів A_i ;
- *хвилястими лініями* – для мінімальних значень припусків $z_{n\min}$;
- *однонапрямленими стрілками* (з точкою на іншому кінці) – для міжопераційних розмірів S_k ;
- *подвійними дугами* – для розмірів заготовки B_j .

Під час побудови технологічного графу вибирають кореневу вершину – поверхню, до якої за розмірною схемою процесу не підходить жодна стрілка. Найзручніше такою поверхнею вибрати чорнову технологічну базу. Кореневу вершину викреслюють у вигляді подвійного круга.

Ребра конструкторського графу вказують на те, які вершини зв'язані між собою конструкторськими розмірами чи розмірами припусків. Ребра графа є неорієнтованими, тому під час його побудови можна вибирати коренем будь-яку вершину (поверхню) з розмірної схеми. Порядок розташування вершин на конструкторському графі повинен бути таким самим, як і на технологічному.

Після побудови кожного графу перевіряють правильність його побудови за такими ознаками:

- 1) кількість вершин кожного графу повинна дорівнювати кількості поверхонь на розмірній схемі технологічного процесу;
- 2) кількість ребер кожного графу повинна бути однаковою і дорівнювати кількості вершин, зменшеному на одиницю;
- 3) до кожної вершини технологічного графа, крім кореневої, повинна підходити лише одна стрілка орієнтованого ребра (міжопераційний розмір B_j), а до кореневої вершини – жодної;
- 4) графи не повинні мати замкнених контурів і розривів.

На основі отриманих пар графів необхідно побудувати *суміщені конструкторсько-технологічні графи*, на яких показують усі

чотири види ланок. Вершини з однаковими порядковими номерами повинні збігатися. У разі побудови сумішеного графу необхідно прагнути, щоб ребра обох вихідних графів не перетиналися.

Приклад. Виконати розмірний аналіз технологічного процесу механічного оброблення деталі типу "вал".

Схема для виконання розмірного аналізу наведена на рис. 2.11.

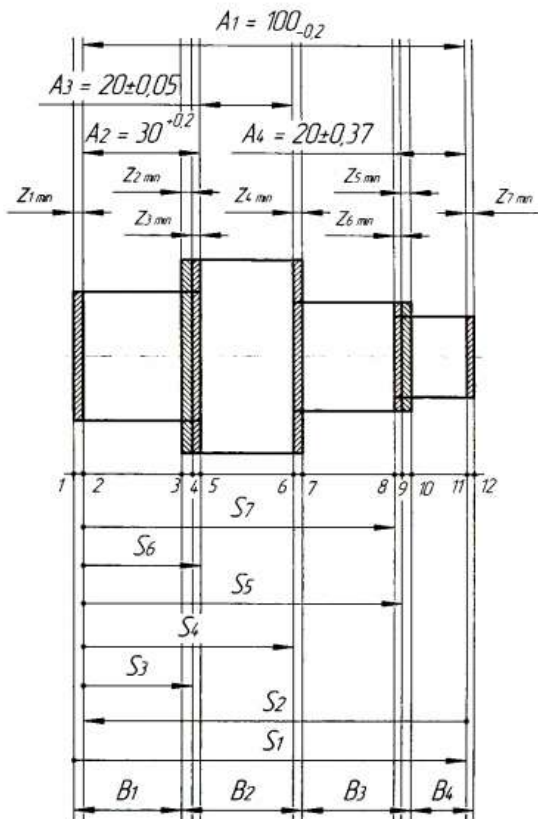


Рис. 2.11. Схема для виконання розмірного аналізу технологічного процесу механічного оброблення деталі типу "вал"

Вихідні дані для виконання розмірного аналізу:

$A_1 = 100_{-0,2}$ мм; $A_2 = 30^{+0,2}$ мм; $A_3 = 20 \pm 0,05$ мм; $A_4 = 20 \pm 0,37$ мм;

$Z_{1 \min} = 2,2$ мм; $Z_{2 \min} = 1,5$ мм; $Z_{3 \min} = 0,5$ мм; $Z_{4 \min} = 1,8$ мм;

$Z_{5 \min} = 1,5$ мм; $Z_{6 \min} = 0,5$ мм; $Z_{7 \min} = 2,2$ мм.

Технологічний, конструкторський та суміщений графи для виконання розмірного аналізу наведено на рис. 2.12.

Усі розрахунки зведено у табл. 2.9.

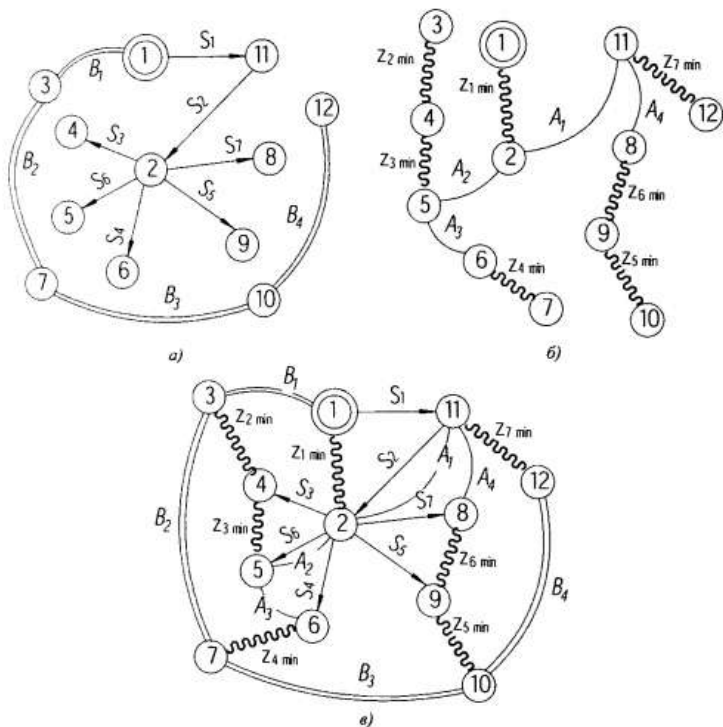


Рис. 2.12. Технологічний (а), конструкторський (б) та суміщений (в) графи для виконання розмірного аналізу

Нижче наведено послідовність виявлення, формування та розрахунку розмірних ланцюгів з використанням конструкторсько-технологічних суміщених графів.

1. Вибрати замкнений контур з єдиним конструкторським зв'язком і мінімальною кількістю технологічних зв'язків.

Виявлення і розрахунок технологічних ланцюгів за графом розпочинають з дволанкових ланцюгів, а потім у такій послідовності, щоб у кожному ланцюгу була лише одна невідома за величиною ланка, а решта ланок була б визначена в попередніх розрахунках. Для виконання цієї умови необхідно починати виявлення і розрахунок розмірних ланцюгів у послідовності, зворотній до виконання операцій та переходів, тобто починати з останнього переходу останньої операції і закінчувати першим переходом чи розміром заготовки.

2. Конструкторській ланці присвоїти знак "мінус".

3. Обхід контуру почати з вершини, одним з ребер якої є замикальна (конструкторська) ланка, і яка має менший (з двох сусідніх вершин) номер. Обхід контуру здійснювати у напрямі ("за" чи "проти" годинникової стрілки), протилежному до замикальної ланки.

4. Якщо в напрямі обходу ребро графа послідовно з'єднуватиме вершину з меншим порядковим номером і вершину з більшим порядковим номером, то такому ребру присвоїти знак "плюс". Якщо ж ребро послідовно з'єднує вершину з більшим номером і вершину з меншим номером, то йому присвоїти знак "мінус".

5. За правилами, наведеними у пп. 1–4, скласти розрахункове рівняння з умови, що алгебраїчна сума всіх ланок розмірного ланцюга, разом із замикальною (конструкторською), дорівнює нулю і записати у графу таблиці **"Розрахункове рівняння"**.

6. Перебудувати розрахункове рівняння у вихідне щодо замикальної ланки (графу таблиці **"Вихідне рівняння"**). У правій частині цього рівняння ланки, які мають знак "плюс", є збільшувальними, а ті, які мають знак "мінус", – зменшувальними.

7. Трансформувати вихідне рівняння для визначення мінімального значення замикальної ланки ($A_i \min$ чи $z_n \min$). У такому разі усі збільшувальні ланки матимуть мінімальні розміри, а зменшувальні – максимальні.

8. На основі трансформованого рівняння (див. п.7) встановити одне з двох граничних значень розміру шуканого технологічного розміру (графу **"Розмір, який визначається, мм: граничний"**).

9. Враховуючи вид оброблення і точність, якої досягають під час виконання технологічного переходу, встановити для шуканого технологічного розміру відповідний допуск (графу **"Розмір, який визначається, мм: допуск"**).

10. Встановити технологічний розмір шуканої ланки, враховуючи її граничний розмір та величину допуску (графу **"Розмір, який визначається, мм: технологічний"**). Номінальний розмір доцільно встановити, відповідно до одного з переважальних рядів нормальних лінійних розмірів (див. додаток 4). Граничні відхилення при цьому будуть такими:

- для розрахунків у п. 8 мінімального граничного розміру:

$$ei = L_{\min} - L_{\text{ном}}; \quad es = TL + ei; \quad (2.62)$$

- для розрахунків у п. 8 максимального граничного розміру:

$$es = L_{\max} - L_{\text{ном}}; \quad ei = es - TL, \quad (2.63)$$

де L_{\min} , L_{\max} , $L_{\text{ном}}$ – відповідно мінімальний, максимальний та номінальний розмір шуканої ланки; ei , es – нижнє та верхнє граничні відхилення; TL – допуск на розмір шуканої ланки (див. п. 9).

11. Граничне значення припуску обчислюють, враховуючи граничні значення розмірів складових ланок ланцюга за вихідним рівнянням, отриманим під час виконання п. 7. Номінальне значення припуску є алгебраїчною різницею номінальних розмірів збільшувальних ($L_{\text{зб}}$) і зменшувальних ($L_{\text{зм}}$) складових ланок ланцюга:

$$z_{\text{ном}} = \sum L_{\text{зб}} - \sum L_{\text{зм}} \quad (2.64)$$

Граничні відхилення припуску встановлюють, враховуючи граничні відхилення розмірів усіх збільшувальних та зменшувальних ланок, які входять у розмірний ланцюг:

$$\begin{aligned} es &= \sum es_{\text{зб}} - \sum ei_{\text{зм}} \\ ei &= \sum ei_{\text{зб}} - \sum es_{\text{зм}} \end{aligned} \quad (2.65)$$

Отримані значення записують у графу “**Розмір, який визначається, мм: граничне значення припуску**”.

Граф технологічних розмірних ланцюгів не лише полегшує виявлення ланцюгів, але й дає змогу виявити помилки в технології чи кресленні. Наприклад, якщо під час складання конструкторського чи технологічного дерева виявиться розрив між вершинами або з’явиться замкнений контур, то це вказує в першому випадку на відсутність потрібних розмірів у прийнятій технології, а в другому — на наявність зайвих розмірів.

Крім того, використання графа дає змогу перевірити коректність отримання розмірів на усіх етапах механічного оброблення та, за необхідності, відкоригувати розмірну схему заготовки. Так, наприклад, проаналізувавши сумішений граф (див. рис. 2.12 *в*), можна дійти висновку, що технологічні переходи, які відповідають ланкам S_4 і S_7 , підібрано невдало, оскільки точність їх виконання залежить насамперед від точності отримання конструкторських розмірів (A_3 і A_4 відповідно). У такому разі доцільним є заміна технологічної бази на отримання вказаних розмірів (наприклад, на торець, позначений вершиною № 5 графа).

Інша помилка, яка відслідкована за допомогою графу, є вкрай небажане проставлення розмірів заготовки: розмірні ланцюги, за допомогою яких визначаються розміри B_j , містять надмірну кількість складових ланок, що призводить до необхідності істотного збільшення точності цих розмірів.

За даними, отриманими під час виконання розмірного аналізу, необхідно спроектувати вихідну заготовку оброблюваної деталі. Креслення заготовки виконують відповідно до вимог Єдиної системи конструкторської документації (ЕСКД).

2.8. Розрахунок режимів різання та вибір основного технологічного устаткування

Детальне розроблення технологічного процесу передбачає вибір різального інструмента (інструментів), визначення окремих елементів режиму різання та підбір оптимальної моделі (марки) верстата для кожного переходу певної операції маршруту оброблення.

Елементи режиму різання визначають аналітичним (розрахунковим) та табличним методами. У кваліфікаційній роботі виконується призначення (розрахунок) режимів різання аналітичним методом для однієї типової операції (точіння, свердління, розточування чи фрезерування). Ця операція, як правило, є першою у технологічному процесі.

Призначаючи елементи режиму різання, необхідно враховувати характер (стадію) оброблення, конструкцію і матеріал різальної частини вибраного інструмента, матеріал і стан заготовки, тип металорізального устаткування. Якщо режим різання розраховують (призначають) для заданого устаткування, необхідно також враховувати його стан (зокрема, характеристики точності, жорсткості тощо).

Нижче наведено загальну методику встановлення елементів режиму різання.

1. Кількість необхідних етапів оброблення (переходів) і їх вид (чорновий, чистовий, одноразовий тощо) розраховують (призначають) відповідно до вимог до точності оброблюваної поверхні і точності використовуваної заготовки (див. п. 2.3).

2. Вид, конструкцію і матеріал різальної частини інструмента вибирають залежно від виду оброблення, конфігурації оброблюваної деталі, етапу оброблення, характеру припуску, оброблюваного матеріалу тощо. Бажано вибирати інструмент, оснащений пластинами з твердого сплаву, якщо відсутні технологічні чи інші обмеження з їх застосування (наприклад, переривчасте оброблення жароміцних сталей, оброблення отворів малих діаметрів, недостатня частота обертання заготовки чи інструмента, невисока потужність верстата тощо).

Вибір конструкції інструмента, його геометричних параметрів, марки інструментального матеріалу залежно від виду, характеру й умов оброблення й оброблюваного матеріалу потрібно здійснювати за рекомендаціями спеціальної літератури, наприклад, [22, 33, 40, 56, 59 (т. 1) тощо].

Розмірний аналіз технологічного процесу

№ з/п	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Шукана ланка	Розмір, який визначається, мм			
				граничний	допуск	Технологічний	граничне значення припуску
1.	$-A_1 + S_2 = 0$	$A_1 = S_2$	S_2	$S_2 = A_1 = 100$	0,200	$S_2 = 100,0_{-0,2}$	-
2.	$-A_4 - S_7 + S_2 = 0$	$A_4 = S_2 - S_7$ $A_{4 \min} = S_{2 \min} - S_{7 \max}$	S_7	$S_7 = S_2 - A_4$ $S_{7 \max} = S_{2 \min} - A_{4 \min} = 99,80 - 19,63 = 80,17$	0,140	$S_7 = 80,0_{+0,03}^{+0,17}$	-
3.	$-z_6 - S_7 + S_5 = 0$	$z_6 = S_5 - S_7$ $z_{6 \min} = S_{5 \min} - S_{7 \max}$	S_5	$S_5 \min = S_7 \max + z_6 \min = 80,17 + 0,5 = 80,67$	0,740	$S_5 = 81,0_{-0,33}^{+0,41}$	$z_6 = 81,0_{-0,33}^{+0,41} - 80_{+0,03}^{+0,17} = 1,0_{-0,50}^{+0,44}$
4.	$-z_1 + S_1 - S_2 = 0$	$z_1 = S_1 - S_2$ $z_{1 \min} = S_{1 \min} - S_{2 \max}$	S_1	$S_{1 \min} = S_{2 \max} + z_{1 \min} = 100,0 + 2,2 = 102,2$	0,870	$S_1 = 103,0_{-0,80}^{+0,07}$	$z_1 = 103,0_{-0,80}^{+0,07} - 100_{-0,20} = 3,0_{-0,80}^{+0,27}$
7.			S_4			$S_4 = 50,0_{-0,20}^{+0,20}$	-
8.	$-z_4 - S_4 + S_2 - S_1 + B_1 = 0$	$z_4 = (S_2 + B_1) - (S_4 + S_1)$ $z_{4 \min} = (S_{2 \min} + B_{1 \min}) - (S_{4 \max} + S_{1 \max})$	B_1	$B_{1 \min} = S_{4 \max} + S_{1 \max} - S_{2 \min} + z_{4 \min} = 50,2 + 103,07 - 99,8 + 1,8 = 55,27$	1,200	$B_1 = 56,0_{-0,73}^{+0,47}$	$z_4 = (100,0_{-0,2} + 56,0_{-0,73}^{+0,47}) - (50,0_{-0,20}^{+0,20} + 103,0_{-0,80}^{+0,07}) = 3,0_{-1,20}^{+1,47}$

3. **Стойкість інструмента T** – це період роботи інструмента до затуплення, приведений до умов одноінструментного оброблення. Стойкість інструмента призначають відповідно до його виду, геометричних параметрів та умов роботи.

4. **Глибину різання t** при чорновому (попередньому) обробленні призначають якомога більшу, що дорівнює всьому припуску на оброблення чи більшій його частині; у разі чистового (кінцевого) оброблення – залежно від вимог точності розмірів і шорсткості обробленої поверхні. Загалом глибина різання для кожного етапу оброблення повинна забезпечувати:

- зняття похибок оброблення і дефектів поверхневого шару, які отримані на попередніх стадіях оброблення;
- компенсування похибок, які виникають на поточній стадії оброблення.

Для забезпечення цих вимог, вибір глибини різання для кожного етапу здійснюється за відповідними залежностями (див. нижче).

5. **Подачу s** для кожної стадії оброблення призначають з урахуванням розмірів оброблюваної поверхні, заданої точності і шорсткості, оброблюваного матеріалу і вибраної глибини різання. При чорновому й напівчистовому обробленні вибирають максимально можливу подачу, враховуючи жорсткість і міцність системи ВПД, потужність приводу верстата, міцність твердосплавної пластини й інші обмежувальні фактори. Якщо вибрана подача не задовольняє ці вимоги, необхідно встановлене значення подачі понизити до відповідної величини. У разі чистового й викінчувального оброблення подачу призначають за умови отримання необхідної шорсткості обробленої поверхні.

6. **Швидкість різання v** розраховують за емпіричними формулами, встановленими для кожного виду оброблення. Обчислена з використанням табличних даних швидкість різання враховує конкретні значення глибини різання t , подачі s і стойкості T . За швидкістю різання необхідно визначити частоту обертання шпинделя n :

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi d}, \quad (2.66)$$

де d – оброблюваний діаметр чи діаметр різальної частини інструмента (залежно від виду операції).

Розглянута методика встановлення (розрахунку) режимів різання характерна для одноінструментного оброблення.

У разі оброблення на верстатах з багатоінструментним оснащенням методика встановлення режимів різання дещо змінюється. На практиці можливі такі випадки багатоінструментного оброблення:

1) послідовним використанням низки інструментів, кожен з яких може працювати незалежно один від одного, з різною подачею й швидкістю різання. Після кожної зміни інструмента змінюють режими різання;

2) паралельним (чи паралельно-послідовним) використанням комплекту інструментів, кожен з яких працює з різними режимами різання (наприклад, у разі використання багатошпindelних свердлильно-розточувальних агрегатних верстатів з індивідуальною подачею кожної моношпindelної головки);

3) комплектом інструментів, які закріплені в одному чи декількох блоках (супортах, державках тощо). Інструменти, що встановлені в одному блоці, мають єдину подачу на оберт шпindelя верстата, але різну швидкість різання залежно від розміру оброблюваних поверхонь (чи розміру робочої частини). Тривалість роботи кожного інструмента в загальному випадку є різною і визначається розмірами й конфігурацією оброблюваної заготовки. Цей випадок характерний для багаторізцевих токарних напівавтоматів, токарно-револьверних і розточувальних верстатів тощо;

4) комплектом інструментів, закріплених у спільному блоці (головці), який має єдину хвилину подачу, але працює з різними швидкостями. Тривалість роботи кожного інструмента є різною. Цей випадок характерний для багатошпindelних свердлильних, розточувальних і поздовжньо-фрезерних верстатів.

Для *першого й другого випадків* розглянута вище методика встановлення режимів різання є повністю застосовуваною. Якщо подача й швидкість різання для різних інструментів (перший випадок) є близькими за своїми величинами, то, з огляду на продуктивність, часто буває вигідним проводити оброблення на одному постійному (середньому) режимі різання. У такому разі заощаджується час на зупинку і пуск верстата, перемикання подачі і швидкостей обертання шпindelя.

Для *третього випадку* глибину різання й подачу встановлюють для кожного інструмента за тією самою методикою, що й для одноінструментного оброблення. Для кожного блока інструментів вибирають найменшу технологічно допустиму (лімітну) подачу. Ця подача обмежується зусиллям подачі, яке допускає механізм верстата, а також міцністю найслабшого в налагодженні інструмента чи міцністю оброблюваної заготовки. Під час чистового оброблення подача лімітується заданою шорсткістю поверхні. Вибір подачі здійснюється за відповідними нормативами. Її величину погоджують з паспортними даними верстата.

Далі розраховують швидкість різання. Для цього спочатку знаходять інструмент, котрий є лімітним за швидкістю різання. Зазвичай лімітними інструментами у багатоінструментних налагодженнях є інструменти, що обробляють ділянки найбільшого діаметра й найбільшої довжини, тобто працюють з максимальними подачею та швидкістю різання, і стійкість яких є найменшою. Для декількох лімітних інструментів знаходять коефіцієнт часу різання λ , який дорівнює відношенню шляху подачі / певного інструмента до

всього шляху подачі L інструментального блока (відношення довжини різання l до довжини робочого ходу L робочого органа верстата):

$$\lambda = l / L \quad (2.67)$$

Далі визначають умовно-економічні стійкості лімітних інструментів:

$$T = T_M \lambda \quad (2.68)$$

де T_M – умовно-економічна стійкість інструментів технологічного налагодження, хв.

Коли $\lambda \geq 0,7$, вказаним коефіцієнтом можна знехтувати:

$$T = T_M$$

Величину T_M вибирають за нормативними таблицями (див. додатки 70, 84, 94). Ця величина враховує кількість інструментів у налагодженні, тип, розмір і матеріал кожного інструмента, ступінь рівномірності завантаження, а також матеріал оброблюваної заготовки.

За величиною стійкості T для виділених лімітних інструментів знаходять за нормативами для заданих умов оброблення відповідні швидкості різання v . Фактично лімітним інструментом приймають той, у котрого знайдена швидкість різання виявилася найменшою. За цією швидкістю розраховують частоту обертання шпинделя n [хв.⁻¹] і коректують її за паспортними даними верстата. За знайденими режимами визначають сумарний момент різання й сумарну потужність різання, які порівнюють з паспортними даними верстата для встановленої частоти обертання шпинделя. За необхідності ці величини коректують за паспортом верстата, відповідно змінюючи розраховані значення подачі й швидкості різання.

Для *четвертого випадку* спочатку для кожного інструмента налагодження призначають глибину різання t , а потім за нормативами – подачу на оберт шпинделя s_o . Аналогічно до попереднього випадку виявляють інструменти, що є лімітними за швидкістю різання, і для них визначають умовну економічну стійкість T фактично лімітного інструмента. За величиною T для різних інструментів налагодження знаходять за нормативами відповідні швидкості різання v . Для окремих інструментів (наприклад, для розверток) швидкість різання визначають не за стійкістю, а залежно від вимог до точності й шорсткості оброблення. Далі розраховують частоти обертання інструментальних шпинделів n .

Значення хвилинних подач інструментів одержують за формулою

$$s_{хв.} = s_o \cdot n \quad (2.69)$$

Хвилинну подачу багатшпиндельної головки приймають за найменшою величиною $s_{хв.}$. Коректують значення n для різних шпинделів відповідно до прийнятої величини $s_{хв.}$ за формулою

$$n = s_{x0} / s_{06} \quad (2.70)$$

Відповідно до знайдених значень n встановлюють фактичні швидкості різання.

Знаючи встановлені режими різання, знаходять сумарну осьову силу, сумарний момент і сумарну потужність різання. За цими величинами остаточно коректують режими різання відповідно до паспортних даних верстата.

7. Сила різання. Під силою різання зазвичай розуміють її головну складову P_z і крутний момент $M_{\text{кр}}$ на шпинделі верстата. У разі одночасної роботи декількох інструментів загальну силу різання визначають як сумарну силу різання, яка виникає під час роботи окремих інструментів.

Рекомендації для вибору і розрахунків окремих елементів режиму різання типових операцій механічного оброблення і складові розрахункових формул наведено у додатках 63–96, а також у [59 (т. 2)].

Після визначення окремих елементів режиму різання необхідно обчислити **ефективну потужність різання** $N_{\text{еф}}$, кВт під час роботи кожного інструмента, і, за необхідності, **сумарну потужність різання** $N_{\text{еф},\Sigma}$, у разі одночасної роботи кількох інструментів, об'єднаних у технологічне налагодження. Залежність для розрахунку ефективної потужності різання $N_{\text{еф}}$ вибирають, враховуючи метод оброблення.

Фактична потужність різання N_d враховує коефіцієнт корисної дії (ККД) головного приводу верстата, який дорівнює $\eta = 0,82-0,87$:

$$N_{\text{ф}} = \frac{N_{\text{еф}}}{\eta} \quad (2.71)$$

Модель верстата для всіх видів оброблення вибирають послідовно за трьома критеріями:

- 1) видом виконуваних робіт;
- 2) параметрами робочої зони;
- 3) потужністю головного приводу.

Вибираючи моделі верстата за критерієм потужності головного приводу, належить виконувати умову

$$N_{\text{пр}} \geq N_{\text{ф}}, \quad (2.72)$$

де $N_{\text{пр}}$ – потужність головного приводу верстата, кВт.

Після вибору моделі верстата необхідно уточнити розрахункові режими різання за його паспортними характеристиками. Прийняті за паспортом верстата режими різання повинні бути меншими за розрахункові (з максимально допустимим перевищенням не більш як 10 %). Інакше необхідно перерахувати потужність різання з подальшою перевіркою потужності приводу верстата.

Загалом алгоритм вибору моделі верстата є таким:

1. Визначити характер оброблення (чорновий, напівчистовий тощо).
2. Визначити геометричні параметри оброблення (довжину, діаметр, глибину, ширину тощо).
3. Вибрати різальний інструмент (інструменти), конструктивні і геометричні параметри його різальної та робочої частин.
4. Призначити середнє значення стійкості інструмента T , враховуючи можливість багатоінструментного оброблення.
5. Призначити глибину різання t .
6. Призначити осьову подачу s_o (подачу на зубець s_z – для операції фрезкування).
7. Визначити швидкість різання v та частоту обертання n .
8. Визначити силу різання P_z (P_o).
9. Визначити крутний момент $M_{кр}$ (для операцій свердління, розсвердлювання, зенкерування, розвертання, фрезкування).
10. Визначити ефективну потужність різання $N_{эф}$.
11. Якщо на переході заготовку обробляють за допомогою багатоінструментного налагодження, повторити пп. 1–10 алгоритму для усіх інших інструментів налагодження з визначенням сумарної ефективної потужності різання $N_{эф}$.
12. Якщо операція має більше ніж один перехід, повторити пп. 1–11 алгоритму для усіх інших переходів з визначенням сумарної ефективної потужності різання $N_{эф}$.
13. Визначити фактичну потужність різання N_o , обов'язково враховуючи одночасність роботи кількох інструментів (у разі використання багатоінструментного налагодження) і/чи кількох робочих органів верстата (шпиндельних бабок, стійок, супортів тощо).
14. За фактичною потужністю різання вибрати модель верстата (враховуючи вид робіт та параметри робочої зони верстата).
15. Уточнити режими різання, відповідно до паспорту вибраного верстата (s_o ($s_{та}$), n).

Необхідно пам'ятати, що усі інструменти, які об'єднані разом в одне інструментальне налагодження чи на одному робочому органі верстата, працюють з однаковою подачею та частотою обертання. Різняться лише їх швидкості різання, які залежать від оброблюваного діаметра чи робочого діаметра інструмента. Режими різання під час багатоінструментного оброблення встановлюють за лімітним інструментом.

16. Якщо уточнені у п. 15 алгоритму режими різання відрізняються від розрахункових у бік збільшення, то за пунктами 6–12 алгоритму перевірити

фактичну потужність різання. Якщо після перерахунку виявиться, що привід верстата не забезпечує фактичної потужності різання, необхідно зменшити паспортні значення подачі на оберт (хвилинної подачі) та/або частоти обертання чи вибрати модель верстата з більшою потужністю різання.

За описаним алгоритмом необхідно розрахувати режими різання, вибрати різальний інструмент та модель верстата для однієї операції розроблюваного технологічного процесу. Для усіх інших операцій призначення режимів різання та вибір моделей технологічного устаткування встановити, використовуючи табличний метод (можна скористатися довідниковими даними [40, 48] чи аналогічними джерелами).

Нижче наведено методики розрахунків режимів різання на найрозповсюдженіші операції механічного оброблення.

Точіння, розточування

Глибина різання t , мм. Під час чорнового оброблення і за відсутності обмежень з потужності устаткування та жорсткості системи ВПІД глибину різання приймають такою, що дорівнює припуску на оброблення. Під час чистового та тонкого оброблення припуск зрізується за два проходи і більше. На кожному наступному проході необхідно призначати меншу глибину різання, ніж на попередньому. Глибину різання для чистового і тонкого (алмазного) точіння визначають за формулами:

- під час точіння

$$t_i = R_{z_{i-1}} + T_{ш_{i-1}} + \frac{TA_i + TA_{i-1}}{2}, \quad (2.73)$$

- під час оброблення отворів:

$$t_i = R_{z_{i-1}} + T_{ш_{i-1}} + \frac{TA_i + TA_{i-1} + \rho_i + \rho_{i-1}}{2}. \quad (2.74)$$

У формулах (2.73) і (2.74): $R_{z_{i-1}}$ – шорсткість поверхні, отримана на попередньому етапі, мкм; $T_{ш_{i-1}}$ – глибина зміцненого (дефектного) шару, отримана на попередньому етапі, мкм; TA_i , TA_{i-1} – допуск на розмір, який витримується на виконуваному і попередньому етапах оброблення відповідно, мкм; ρ_i , ρ_{i-1} – сумарні просторові відхилення осей отворів на виконуваному і попередньому етапах оброблення відповідно, мкм (див. п. 2.6).

Укрупнено, якщо параметр шорсткості обробленої поверхні R_z становить понад 12,5 мкм, глибину різання можна приймати такою, що дорівнює 0,5–2,0 мм; при менших значеннях: $t = 0,1 - 0,4$ мм.

Подача на оберт шпинделя s_0 , мм/об. У разі чорнового оброблення подачу приймають максимально допустимою за потужністю устаткування, жорсткістю системи ВПД, міцністю різальної пластини і державки. Рекомендовані подачі чорнового зовнішнього точіння наведені у додатку 71, а для чорнового розточування – у додатку 72. Максимальні величини подач для точіння сталі 45, допустимі за міцністю пластини з твердого сплаву, наведені у додатку 73.

Подачу під час чистового точіння вибирають залежно від необхідних параметрів шорсткості обробленої поверхні і радіуса при вершині різця (додаток 74).

Швидкість різання v , м/хв. Для зовнішнього поздовжнього і поперечного точіння і розточування швидкість різання розраховують за емпіричною формулою

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s_0^y} K_v \quad (2.75)$$

Середнє значення стійкості T під час одноінструментного оброблення – 30–60 хв, у разі оброблення багатоінструментним технологічним налагодженням значення стійкості обчислюють за залежностями (2.67) і (2.68)²¹ з використанням даних додатка 70. Значення коефіцієнта C_v і показників степеня m, x, y наведені у додатку 76.

Коефіцієнт K_v є добутком коефіцієнтів, що враховують якість оброблюваного матеріалу (матеріалу заготовки) K_{mv} (додатки. 63–65); стан поверхні заготовки K_{nv} (додаток 66); матеріалу інструмента K_{iv} (додаток 67):

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{iv} \quad (2.76)$$

Силу різання $P, Н$, прийнято розкладати на складові сили, які спрямовані по осях координат верстата (тангенціальну P_z , радіальну P_y й осьову P_x). Для зовнішнього поздовжнього і поперечного точіння і розточування ці складові розраховують за формулою:

$$P_{z, y, x} = 10 C_p t^x s_0^y v^n K_p, \quad (2.77)$$

Стала C_p і показники степенів x, y, n для конкретних умов оброблення для кожної зі складових сил різання наведені у додатку 76.

Поправковий коефіцієнт K_p є добутком ряду коефіцієнтів:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{fp} \cdot K_{rp} \cdot K_{lp} \cdot K_{tp}, \quad (2.78)$$

які враховують фактичні умови різання. Числові значення цих коефіцієнтів наведені у додатках 68, 69 і 77.

Ефективну потужність різання $Ne_{ф}$, кВт, розраховують за формулою

²¹ Під час оброблення сталевих заготовок твердосплавними інструментами значення T необхідно приймати не більшим за 300 хв, незалежно від результатів розрахунків.

$$N_{\text{эф}} = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} \quad (2.79)$$

У разі одночасної роботи декількох інструментів ефективну потужність визначають як сумарну потужність окремих інструментів.

Свердління, розсвердлювання, зенкерування, розвертання

Глибина різання t , мм. Під час свердління глибина різання $t = 0,5 \cdot D$ (рис. 2.13, а), під час розсвердлювання, зенкерування і розвертання $t = 0,5 \cdot (D - d)$ (рис. 2.13, б):

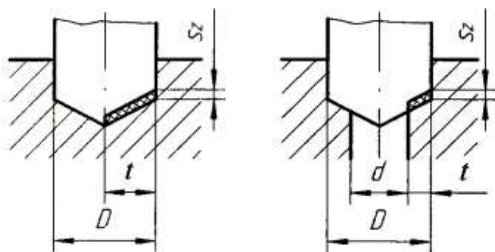


Рис. 2.13. Схеми різання під час свердління та розсвердлювання

Глибину різання під час оброблення точних отворів можна також розраховувати за формулою (2.74).

Подача на оберт шпинделя s_0 , мм/об. Під час свердління отворів без обмежувальних факторів вибирають подачу, максимально допустиму за міцністю свердла (додаток 78). Під час розсвердлювання отворів подача, яка рекомендована для свердління, може бути збільшено до двох разів. За наявності обмежувальних факторів, подачі під час свердління і розсвердлювання однакові. Їх визначають множенням табличного значення подачі на відповідний поправковий коефіцієнт, наведений у примітці до додатку 78. Подачу під час зенкерування наведено в додатку 79, а під час розвертання – у додатку 80.

Швидкість різання v , м/хв. Швидкість різання під час свердління

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m s_0^y} K_v, \quad (2.80)$$

а під час розсвердлювання, зенкерування, розвертання

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_0^y} K_v \quad (2.81)$$

Значення коефіцієнтів C_v і показників степеня наведені: для свердління – у додатку 81; для розсвердлювання, зенкерування і розвертання – у додатку 82, а значення періоду стійкості T для одноінструментного оброблення – у додатку 83. Під час оброблення багатоінструментним технологічним налагодженням значення стійкості визначають за залежностями (2.67) і (2.68) з використанням даних додатка 84.

Загальний поправковий коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv}, \quad (2.82)$$

де K_{mv} – коефіцієнт на оброблюваний матеріал (додатки 63–65); K_{iv} – коефіцієнт, який враховує марку інструментального матеріалу (додаток 67); K_{lv} – коефіцієнт, який враховує глибину свердління (додаток 85).

Для розсвердлювання і зенкерування литих і штампованих отворів вводиться додатковий поправковий коефіцієнт K_{nv} (додаток 66).

Крутний момент $M_{кр}$, Н·м і осьову силу P_o , Н розраховують за формулами – під час свердління

$$M_{кр} = 10 C_M D^q s_o^y K_p \quad P_o = 10 C_P D^q s_o^y K_p, \quad (2.83)$$

– під час розсвердлювання і зенкерування:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q t^x s_o^y K_p \quad P_o = 10 C_P D^q t^x s_o^y K_p \quad (2.84)$$

Значення коефіцієнтів C_M , C_P і показників відповідних степенів наведені у додатку 86.

Коефіцієнт, який враховує фактичні умови оброблення, у цьому разі залежить лише від матеріалу оброблюваної заготовки

$$K_p = K_{mp}$$

Значення коефіцієнта K_{mp} наведені у додатках 68, 69.

Для визначення крутного моменту під час розвертання кожний зубець інструмента можна розглядати як розточувальний різець. Тоді за діаметра інструмента D крутний момент, Н·м:

$$M_{кр} = \frac{C_p t^x s_z^y D z}{2 \cdot 100} \quad (2.85)$$

Тут s_z – подача на зубець інструмента, мм/зуб (див. рис. 2.13), яка дорівнює $s_z = s_o/z$, де s_o – подача на оберт шпинделя, мм/об., z – кількість зубців розвертки. Значення коефіцієнтів і показників степенів наведені у додатку 80.

Ефективна потужність різання N_{ef} , кВт, визначається за формулою

$$N_{ef} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}, \quad (2.86)$$

де n – частота обертання інструмента (заготовки), $хв^{-1}$ (див. (2.66)).

Фрезерування.

Конфігурація оброблюваної поверхні і вид устаткування зумовлюють тип застосовуваної фрези (рис. 2.14). Її розміри визначаються розмірами оброблюваної поверхні і глибиною зрізаного шару. Діаметр фрези для скорочення основного технологічного часу і витрат інструментального матеріалу вибирають (за можливістю) максимального розміру, враховуючи жорсткість технологічної системи, схему різання, форму і розміри оброблюваної заготовки.

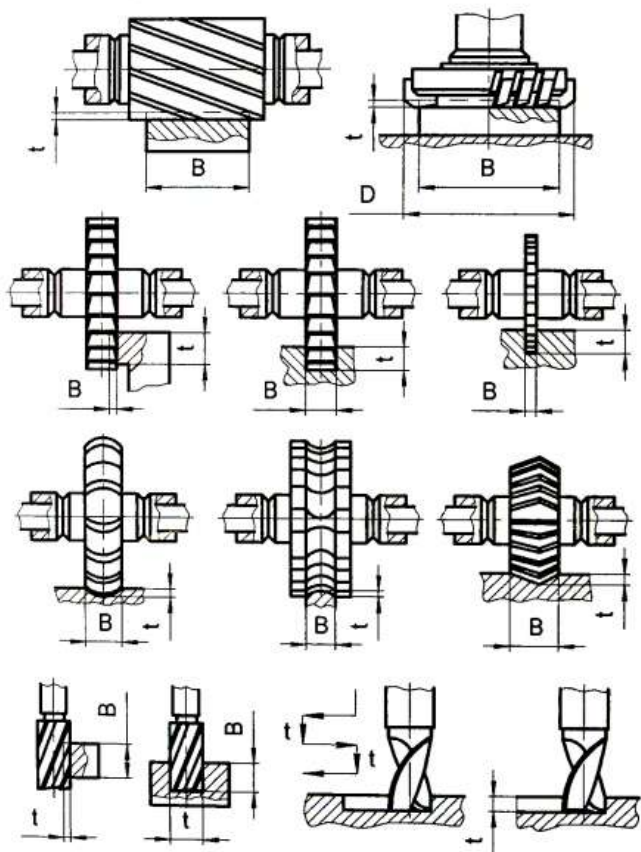


Рис. 2.14. Види фрезерування

Під час торцевого фрезерування для досягнення продуктивних режимів різання діаметр фрези D повинен бути більшим за ширину фрезерування B у межах $D = (1,25 \dots 1,5) \cdot B$, а під час оброблення сталевих заготовок обов'язковим є їхнє несиметричне розташування щодо фрези: для заготовок з конструкційних вуглецевих і легованих сталей – зсув їх у напрямку врізання зубця фрези (рис. 2.15, а), чим забезпечується початок різання при малій товщині зрізаного шару; для заготовок з жароміцних і корозійностійких сталей – зсув заготовки в бік виходу зубця фрези із зони різання (рис. 2.15, б), чим забезпечується вихід зубця з зони різання з мінімально можливою товщиною зрізаного шару. Недотримання зазначених правил призводить до значного зниження стійкості інструмента.

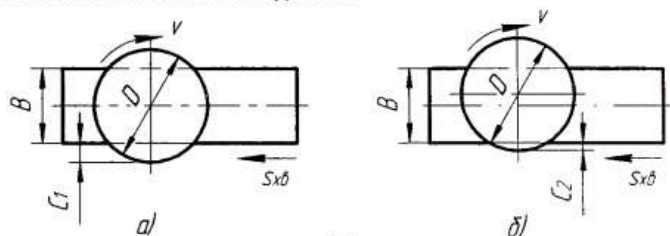


Рис. 2.15. Розташування сталевій заготовці щодо фрези (торцеве фрезерування):
а) – врізання зубця фрези при $c_1 = (0,03 \dots 0,05) \cdot D$; б) – вихід зубця фрези при $c_2 = 0$

Глибина фрезерування t , мм і ширина фрезерування B , мм – поняття, пов'язані з розмірами шару заготовки, який зрізується під час фрезерування (див. рис. 2.14). В усіх видах фрезерування, за винятком торцевого, глибина фрезерування t визначає тривалість контакту зубця фрези з заготовкою. Глибину фрезерування t вимірюють у напрямку, перпендикулярному до осі фрези. Ширину фрезерування B визначає довжину леза зубця фрези, який бере участь у різанні; величину B вимірюють у напрямку, паралельному до осі фрези. При торцевому фрезеруванні визначення для t і B міняються місцями.

Розробляючи відповідальні інструментні налагодження, глибину фрезерування визначають як:

– під час оброблення торцевими фрезами:

$$t_i = R_{z_{i-1}} + T_{ш_{i-1}} + TA_i + TA_{i-1} + \rho_i + \rho_{i-1}, \quad (2.87)$$

$R_{z_{i-1}}$ – шорсткість поверхні, отримана на попередньому етапі, мкм; $T_{ш_{i-1}}$ – глибина зміцненого (дефектного) шару, отримана на попередньому етапі, мкм; TA_i, TA_{i-1} – допуск на розмір, який витримується на виконуваному і

попередньому етапах оброблення відповідно, мкм; ρ_i, ρ_{i-1} – сумарні просторові відхилення оброблюваних поверхонь на виконуваному і попередньому етапах оброблення відповідно, мкм (див. п. 2.6);

– під час фрезерування кінцевими фрезами здебільшого існує значне коливання припуску на оброблення, яке у багато разів перевищує допуск розміру на заготовку; розподіл припуску на оброблення у цьому випадку виконують, враховуючи необхідну точність отримання оброблюваного розміру і значень мінімального й максимального припуску вздовж оброблюваного контуру.

Подача. Фрезерування характеризується подачею на один зубець s_z , подачею на один оберт фрези s_o і подачею хвилинною $s_{хв}$, мм/хв, які перебувають в такому співвідношенні:

$$s_{хв} = s_o \cdot n = s_z \cdot z \cdot n, \quad (2.88)$$

де n – частота обертання фрези (шпинделя), $хв^{-1}$, z – кількість зубців фрези.

Вихідною величиною подачі під час чорнового фрезерування є її величина на один зубець s_z , у разі чистового фрезерування – на один оберт фрези s_o , за якою для подальшого використання визначають величину подачі на один зубець $s_z = s/z$. Рекомендовані подачі для різноманітних фрез і умов різання наведені у додатках 87–92.

Швидкість різання v , мм/хв. є коловою швидкістю фрези

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v. \quad (2.89)$$

Значення коефіцієнта C_v і показників степенів наведені у додатку 93, а періоду стійкості T – у додатку 94. У разі оброблення багатоінструментним технологічним налагодженням значення стійкості T визначають за залежностями (2.67) і (2.68).

Загальний поправковий коефіцієнт на швидкість різання, який враховує фактичні умови різання:

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{iv}, \quad (2.90)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу (додатки 63–65); K_{nv} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки (додаток 66); K_{iv} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента (додаток 67).

Сила різання P_z , Н. Головна складова сили різання під час фрезерування – колова сила, Н:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^n z}{D^q n^w} K_{zp} \quad (2.91)$$

Значення коефіцієнта C_p і показників степенів наведені в додатку 96, поправковий коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу K_{zp} – у додатках 68, 69.

Крутний момент $M_{кр}$, Н·м, на шпинделі:

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100}, \quad (2.92)$$

де D – діаметр фрези, мм.

Ефективна потужність різання $N_{эф}$, кВт:

$$N_{эф} = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60}, \quad (2.93)$$

Усі результати розрахунків необхідно звести у таблицю за прикладом табл. 2.10.

2.9. Встановлення контрольних, допоміжних і транспортних операцій

Метрологічне забезпечення точності технологічного процесу досягається за двома основними напрямками: організаційним і технологічним (на якому здійснюється вибір методів і засобів контролю на технологічних операціях).

Організаційний напрям характеризується призначенням видів контролю:

- вхідного контролю якісних показників матеріалів і заготовок;
- операційного контролю на всіх стадіях виробництва;
- кінцевого контролю готових деталей або виробів;
- профілактичного контролю (нагляд за стабільністю технологічного процесу, станом устаткування, оснащення, інструментів і засобів вимірювання).

Розрізняють контроль: перших (пробних) деталей під час налагодження верстата, поопераційний та кінцевий. Два останні види контролю можуть бути суцільними (стовідсотковими) чи вибірковими.

Вибір засобів контролю (ГОСТ 14.306-73) повинен забезпечити кількісні характеристики показників якості деталі, а також мінімум витрат на реалізацію контролю. У стандарті встановлено обов'язкові показники процесу контролю: точність вимірювання, достовірність і працездатність контролю, вартість контролю. З врахуванням специфіки виробництва і об'єктів контролю допускається використання таких показників, як похибка вимірювань, періодичність і тривалість контролю тощо.

Для умов індивідуального дрібно- та середньосерійного виробництва рекомендується використання універсальних вимірювальних засобів; для умов великосерійного і масового виробництва – граничних калібрів і шаблонів.

Зведені режими різання, металорізальні інструменти та основні технологічне устаткування

Назва і зміст операції	Інструмент	Стильність T, хв	Розрахункові значення режимів різання						Верстат		Прийнятні значення режимів різання					
			t, мм	S _{opt} , мм/об.	V _{ср} , м/хв	v _{ср} , м/хв	n, хв ⁻¹	N _p , кВт	модель	потужність приводу, кВт	t, мм	S _{opt} , мм/об.	V _{ср} , м/хв	v _{ср} , м/хв	n, хв ⁻¹	N _p , кВт
005. Поздовжня – фрезерна	Фреза торцева насадна Ø100 T15K6 ГОСТ 1092 – 80	180	2 x 1,8	–	583,1	121,5	386,1	5,1	6308	13,0	2 x 1,8	–	630	125,4	400	5,6
010. Свердильна з ЧПК	Свердло Ø14 P6M5 ГОСТ 10902 – 77	45	7,0	0,32	130,9	18,2	409,3	1,9			7,0	–	130	18,0	400	1,8
2. Зенкерувати отв. 3.	Зенкер Ø15 P6M5 ГОСТ 12489 – 71	30	0,5	0,32	210,5	31,6	657,8	1,1			0,5	–	210	30,2	630	1,0
3. Розвернути отв. 3 попередньо.	Розвертка Ø15,6 P6M5 ГОСТ 1672 – 80	40	0,3	1,0	326,5	16,0	326,5	0,7	2P135Ф2 – 1	3,7	0,3	–	315	15,7	315	0,7
4. Розвернути отв. 3 кінцево.	Розвертка Ø15,6 P6M5 ГОСТ 1672 – 80	40	0,2	0,8	360,9	19,1	451,2	0,5			0,2	–	360	19,9	500	0,7

Методи і засоби контролю вибирають на основі аналізу технічних вимог до деталі. Необхідно обов'язково враховувати вплив похибки вимірювання на результати контролю. Гранично допустиму похибку вимірювання визначають за ГОСТ 8.051-81 залежно від номінального розміру і допуску на виготовлення деталі. Орієнтовно значення гранично допустимої похибки вимірювання $[\Delta]$ вимірювального інструмента (засобу контролю) можна визначити із залежності

$$A_{мет} = \frac{[\Delta]}{T}, \quad (2.94)$$

де $A_{мет}$ – коефіцієнт точності методу вимірювання; T – допуск контролюваного розміру, мкм.

Коефіцієнти точності методу вимірювання $A_{мет}$ для різних квалітетів точності розмірів деталі мають такі значення:

Квалітет	до 6	6–7	8–9	10–16
Коефіцієнт точності $A_{мет}$ %	0,35	0,30	0,25	0,20

Вибираючи відповідний вимірювальний засіб, потрібно, щоб виконувалася умова

$$[\Delta] \leq A_{мет} \cdot T. \quad (2.95)$$

Значення гранично допустимої похибки вимірювання $[\Delta]$ для номінальних розмірів 1–500 мм, виконаних з точністю IT 6 – IT 14, наведено у додатку 144.

Порядок метрологічного забезпечення точності під час механічного оброблення є таким:

- 1) на основі аналізу технічних вимог до деталі встановити перелік якісних показників матеріалу, форми та розмірів деталі і заготовки, їхні допустимі граничні значення для організації вхідного контролю заготовки;
- 2) встановити величину вибірки заготовок для вхідного контролю з партії, яку подають на механічне оброблення;
- 3) для кожної операції механічного оброблення визначити міжопераційні і кінцеві розміри деталі, які підлягають контролю, а також допуски розмірів, відхилень форми і розташування поверхонь, вимоги до шорсткості поверхонь;
- 4) для кожної обробленої поверхні за залежністю (2.95) визначити гранично допустиму похибку вимірювання її якісних показників;
- 5) вибрати засоби вимірювання для усіх оброблюваних поверхонь (як після кінцевого, так і після кожного проміжного оброблення), враховуючи границі вимірювання приладу чи інструмента, його точність та інші метрологічні показники (додатки 145–150). Вибираючи засоби вимірювання, варто враховувати серійність виробництва деталі і забезпечити мінімум витрат на реалізацію контролю за рахунок розгляду альтернативних варіантів. Оптимальним буде вибір вимірювального приладу чи інструмента, який

забезпечує потрібну точність за найбільшої продуктивності контролю і мінімальної вартості приладу;

6) встановити періодичність контролю параметрів кожної обробленої поверхні (суцільний контроль чи вибірковий), тривалість контролю, можливість для робітника-верстатника суміщення часу на контроль з машинним часом;

7) встановити перелік якісних показників деталі і їх допустимі граничні значення для кінцевого контролю готових деталей, послідовність контрольних операцій, назви й умовні позначення вимірювальних засобів, вказати місце і спосіб клеймування знака, який підтверджує якість деталі. Під час кінцевого контролю перевіряють найважливіші параметри якості готової деталі, які впливають на надійність і довговічність роботи виробу. Рекомендовано таку послідовність контрольних операцій (приймів) кінцевого контролю:

- зовнішній огляд на предмет закінченості всіх операцій технологічного процесу, відсутності задирок, дрібної стружки, забрудненості тощо;
- перевірка якості оброблених поверхонь, їх шорсткості, наявності дефектів матеріалу і механічних пошкоджень (тріщини, раковини, шлакові вclusions, вм'ятини, риски тощо);
- перевірка найвідповідальніших параметрів якості деталей (за розмірами і формою);
- перевірка відхилень взаємного розташування поверхонь;
- перевірка невідповідальних елементів деталі;
- оформлення операційної карти технічного контролю.

Приклад. Вибрати засоби вимірювання (контролю) геометричних параметрів втулки, показаної на рис. 2.16.

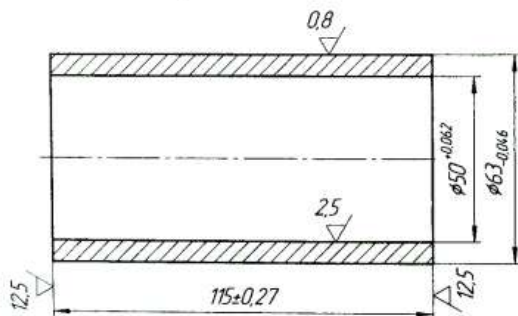


Рис. 2.16. Ескіз втулки

Контрольовані розміри відповідають таким значенням квалітетів: $\varnothing 63_{-0,046} \rightarrow \varnothing 63h8$; $\varnothing 50^{+0,062} \rightarrow \varnothing 50H9$; $115 \pm 0,27 \rightarrow 115js13$. Допустимі похибки вимірювання вказаних розмірів (див. додаток 144) становлять 12, 16, 108 мкм відповідно. За даними додатка 145 встановлюють засоби вимірювання вказаних поверхонь, враховуючи залежність (2.94) та технологічні можливості вимірювальних інструментів:

– $\varnothing 63h8 (-0,046)$ – мікрометр важільний з відліком 0,002–0,010 мм у разі налаштування на нуль за встановлювальною мірою (діапазон граничних вимірювань – 50–100 мм, гранична похибка вимірювання – 10 мкм);

– $\varnothing 50H9 (+0,062)$ – нутромір мікрометричний з відліком 0,01 мм у разі налаштування на нуль за встановлювальною мірою (гранична похибка вимірювання – 15 мкм);

– 110h11 ($\pm 0,220$) – штангенциркуль ШЦ II з відліком по нониусу 0,1 мм (діапазон граничних вимірювань – 0–125 мм, гранична похибка вимірювання – 100 мкм).

Отримані дані необхідно звести у таблицю за прикладом табл. 2.11.

До *допоміжних операцій* належать додаткові операції технологічного процесу, які забезпечують необхідну якість готової деталі за її зовнішнім виглядом, естетичними вимогами, зберіганням тощо. Це такі операції, як “миття”, “очищення”, “знежирення”, “продування” тощо. Вони встановлюються в структурі технологічного процесу відповідно до характеру і змісту операцій механічного оброблення чи контрольних операцій. Допоміжні операції потрібно відобразити в маршрутній карті.

Основним призначенням *транспортних операцій* є:

- доставлення транспортної партії заготовок на виробничу дільницю;
- доставлення заготовок (поштучне чи партії заготовок) у визначений момент часу до основного технологічного устаткування;
- відправлення оброблених та проконтрольованих деталей на склад чи дільницю складання.

Вид і кількість необхідних транспортних засобів встановлюють, на підставі річного вантажообігу цеху з урахуванням типу та організаційної форми виробництва. Методика розрахунку окремих елементів транспортної системи цеху розглядається у частині 4 “**Проектування виробничих підрозділів**”.

Вибір вимірювальних і контрольних засобів

Назва і зміст операції	Оброблювана поверхня		Характеристика вимірювального інструмента					
	Характеристика оброблення	Допустима похибка вимірювання мкм	Вид	Марка	Діапазон вимірювання, мкм	Точність вимірювання, мкм	Гранична похибка вимірювання, мкм	Примітка
045. Координатно-розточувальна	-
1. Точити торсьь 6 одноразово.	110h13 ($\pm 0,270$)	120	штангенциркуль	ШЦ II ГОСТ 166-80	0-125	100	108	-
2. Точити пов. 12 кінцево.	$\varnothing 63h8 (-0,046)$	12	мікрометр важільний	МК ГОСТ 6507-78	50-100	2-10	10	при налаштуванні за встановлювальною мірою
3. Розточити отв. 11 кінцево.	$\varnothing 50H9 (+0,062)$	16	нутромір мікрометричний	НМ - 75	50-75	10	15	при налаштуванні за встановлювальною мірою
.....

Для контролю шорсткості усіх оброблених поверхонь призначається профілометр-профілограф "Калібр - 201".

Транспортні операції необхідно передбачити у технологічному маршруті, зокрема після заготівельної операції до складу технологічного процесу вводять операцію транспортування для переміщення заготовок у механічний цех і подачу на перше робоче місце верстатника; після останньої операції – транспортування деталей до місця складання (для технологічного процесу механічного оброблення) чи на склад (для технологічного процесу складання). Усі міжопераційні переміщення оброблених заготовок, а також комплектів деталей, які подаються на складання, оформляють у маршрутній карті як операція “Транспортування”.

2.10. Нормування технологічного процесу

Технічні норми часу в умовах масового і серійного виробництва визначають розрахунково-аналітичним методом, а в умовах одиничного, дрібно- та середньосерійного виробництва – табличним (встановлюються за спеціальними нормувальними таблицями). У кваліфікаційній роботі рекомендовано визначати норми часу для усіх типів виробництва розрахунково-аналітичним методом.

В одиничному, дрібно- та середньосерійному виробництві при груповій організації технологічного процесу визначається норма штучно-кальculaційного часу $T_{шт.к}$.

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{п.з}}{n}, \quad (2.96)$$

де $T_{шт}$ – штучний час; $T_{п.з}$ – підготовчо-заклучний час (див. додаток 138), n – кількість деталей у партії запуску, шт.

У масовому і великосерійному виробництві при потоковій формі організації технологічного процесу визначається норма штучного часу $T_{шт}$:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{обсл} + T_{відп}, \quad (2.97)$$

де $T_{оп}$ – оперативний час; $T_{обсл}$ – час на обслуговування робочого місця; $T_{відп}$ – час на перерви, відпочинок і природні потреби.

Оперативний час – це час, який використовується безпосередньо на виконання технологічної операції:

$$T_{оп} = T_{осн} + T_{доп}, \quad (2.98)$$

де $T_{осн}$ – основний (машинний) час оброблення; $T_{доп}$ – допоміжний час.

Основний (машинний) час визначається на основі прийнятих режимів різання за відповідними розрахунково-аналітичними формулами, залежно від виду виконуваної операції [22, 38, 43]. Формули для найрозповсюдженіших видів механічного оброблення наведено у додатку 97, а значення окремих складових цих формул – у додатках 98–120.

Допоміжний час складається з часу на встановлення заготовки і знімання обробленої деталі ($T_{вст.зн}$), часу на закріплення заготовки та відкріплення обробленої деталі ($T_{закр.відкр}$), часу на прийоми керування верстатом ($T_{кер}$) та часу на контрольні вимірювання ($T_{вим}$):

$$T_{доп} = T_{вст.зн} + T_{закр.відкр} + T_{кер} + T_{вим} \quad (2.99)$$

Допоміжний час може бути таким, що перекривається і не перекривається основним часом. Якщо допоміжні переходи виконують не під час оброблення (наприклад, зняття обробленої деталі і встановлення заготовки на універсальному устаткуванні), то такий допоміжний час є таким, що не перекривається. Якщо ж частину допоміжних робіт виконують під час виконання основного технологічного переходу, то ця частина допоміжного часу є такою, що перекривається.

Під час розрахунку норми часу враховують лише ту частину допоміжного часу, яка не може бути перекрита основним часом.

Нормативи на окремі елементи допоміжного часу наведено в додатках 121–131, а також у спеціалізованій літературі, наприклад, [39].

Розрахований за нормативами допоміжний час у масовому виробництві перемножується на наведені нижче коефіцієнти, які залежать від такту роботи потокової лінії:

<i>Такт роботи лінії, хв., до</i>	0,5	1	2	4	8
<i>Коефіцієнт</i>	0,81	0,9	1	1,11	1,23

Для інших типів виробництва до зазначених у відповідних додатках нормативів необхідно застосувати коефіцієнти:

- для великосерійного типу виробництва – 1,50;
- для середньосерійного типу виробництва – 1,85;
- для дрібносерійного типу виробництва – 2,25;
- для одиничного типу виробництва – 2,60.

Визначення оперативного часу при обробленні заготовок на верстатах-автоматах, напівавтоматах, верстатах з ЧПК, багатоопераційних (типу “Оброблюваний центр”) та агрегатних верстатах.

Оперативний час оброблення на верстатах-автоматах, напівавтоматах визначається як сума часу на всі несуміщені основні $T_{осн}^{несуміщ}$ і допоміжні

$T_{доп}^{несуміщ}$ переходи:

$$T_{оп} = \sum T_{осн}^{несуміщ} + \sum T_{доп}^{несуміщ}, \quad (2.100)$$

На багатошпиндельних автоматах (напівавтоматах), де оброблення проводиться паралельно на трьох, п'яти і шести позиціях (відповідно, чотири-, шести- і восьмишпиндельні верстати-автомати

(напівавтомати)), основний час оброблення визначається за найтривалішим технологічним переходом, що виконується на відповідній позиції. Сумарний час на допоміжні ходи у цьому разі визначається на основі схеми оброблення заготовки і паспортних даних верстата, зокрема:

- при обробленні на одношпindelьних автоматах (напівавтоматах) $T_{дон}$ містить час на подачу і затиск прутка, час на несуміщені повороти револьверної головки тощо;

- при обробленні на багатошпindelьних автоматах (напівавтоматах) $T_{дон}$ містить час на поворот столу та/чи шпindelьного блока (барабана), а також підведення та відведення супортів на окремих позиціях.

При обробленні на багатошпindelьних автоматах (напівавтоматах) послідовної дії (схема оброблення передбачає виготовлення за час циклу кількох заготовок) основний час дорівнює

$$T_{осн} = \frac{T_{циклу}}{Q} \quad (2.101)$$

де Q – кількість одночасно оброблюваних заготовок.

При обробленні заготовок на верстатах з ЧПК, багатоопераційних верстатах типу “Оброблюваний центр”, агрегатних верстатах і робототехнічних комплексах (модулях) оперативний час визначають як суму часу на всі несуміщені основні (технологічні) переходи і часу на допоміжні ходи верстата, зокрема підведення і відведення супортів, автоматичну заміну інструментів, перемикання частоти обертання шпindelя (шпindelів) тощо:

$$\begin{aligned} T_{он} &= \frac{L_1}{n_1 s_{o1}} + T_{дон1} + \frac{L_2}{n_2 s_{o2}} + T_{дон2} + \dots + \frac{L_i}{n_i s_{oi}} + T_{донi} \\ &= \sum_{i=1}^k \left(\frac{L_i}{n_i s_{oi}} + T_{донi} \right) \end{aligned} \quad (2.102)$$

Основний час оброблення на верстатах з ЧПК визначається при розробленні керуючої програми.

Час на обслуговування робочого місця $T_{обсл}$ у масовому виробництві і при шліфуванні в серійному виробництві складається з часу на організаційне $T_{обсл.орг}$ та технічне обслуговування $T_{обсл.тех}$ робочого місця:

$$T_{обсл} = T_{обсл.орг} + T_{обсл.тех} \quad (2.103)$$

У масовому та великосерійному виробництві час на організаційне обслуговування $T_{обсл.орг}$ для всіх операцій визначається у відсотках від оперативного часу $T_{он}$, а час на технічне обслуговування робочого місця $T_{обсл.тех}$ визначається за такими формулами:

– для токарних, фрезерних і свердлильних операцій:

$$T_{обсл.тех} = T_{осн} \cdot \frac{T_{зам}}{T}; \quad (2.104)$$

– для шліфувальних операцій:

$$T_{обсл.тех} = T_{осн} \cdot \frac{T_{прав}}{T}; \quad (2.105)$$

– для інших видів технологічних операцій:

$$T_{обсл.тех} = T_{осн} \cdot \frac{T_{обсл.тех.випр}}{T}, \quad (2.106)$$

де $T_{осн}$ – основний час; $T_{зам}$ – час на заміну інструмента і налагоджування верстата; $T_{прав}$ – час на одну правку шліфувального круга; $T_{обсл.тех.випр}$ – витрати на технічне обслуговування робочого місця у відсотках від основного часу $T_{осн}$; T – період стійкості у разі роботи одним інструментом чи розрахунковий період стійкості лімітуючого інструмента у разі багатойнструментного оброблення.

Нормативні значення $T_{зам}$, $T_{прав}$, $T_{обсл.тех.випр}$, а також значення для розрахунку $T_{обсл.орг}$ подані у додатках 132–135. Ті самі нормативи можна використовувати для визначення $T_{обсл.орг}$ і $T_{обсл.тех}$ під час нормування шліфувальних операцій в серійному виробництві.

Час на перерви, відпочинок і особисті потреби $T_{відп}$ при нормуванні робіт у масовому та великосерійному виробництві визначається як

$$T_{відп} = T_{осн} \cdot \frac{T_{відп.випр}}{100}, \quad (2.107)$$

де $T_{відп.випр}$ – витрати часу на відпочинок у відсотках до оперативного часу $T_{оп}$.

Значення $T_{відп.випр}$ для масового та великосерійного виробництва, а також для нормування шліфувальних робіт у середньо- та дрібносерійному виробництвах наведено у додатку 136.

В одиничному, дрібно- та середньосерійному виробництві для решти операцій $T_{обсл}$ і $T_{відп}$ окремо не визначаються. Загальний час у цьому разі подається як сума цих двох складових у відсотках від оперативного часу:

$$T_{обсл.відп} = T_{оп} \cdot \frac{T_{обсл.відп.випр}}{100}, \quad (2.108)$$

де $T_{обсл.відп.випр}$ – сумарні витрати часу на обслуговування, перерви, відпочинок і природні потреби у відсотках до операційного $T_{оп}$.

Значення $T_{обсл.відп.випр}$ наведено у додатку 137.

Для технологічних процесів неавтоматизованого складання норми штучного (штучно-калькуляційного) часу визначаються аналогічно до залежностей (2.96) та (2.97).

Якщо при складанні використовують автоматизоване складальне устаткування (масове виробництво), штучний час $T_{шт}$ розраховують без складових $T_{обсл}$ та $T_{відп}$ (див. (2.96)).

Визначаючи оперативний час (див. (2.98)), необхідно враховувати коефіцієнт, який залежить від кількості прийомів на операції, що виконуються одним робітником. Числові значення цього коефіцієнта подано нижче.

Кількість прийомів, що робітник виконує один	Поправковий коефіцієнт
1-3	0,95
4-6	1,0
7-12	1,05
13-24	1,10
понад 25	1,15

Допоміжний час у технологічних процесах складання містить час на: усі переміщення деталей, вузлів, технологічного спорядження $T_{перем.комп}$; власні переміщення робітника під час виконання процесу складання $T_{перем.роб}$; встановлення, закріплення та знімання частини вузла, яка підлягає складанню $T_{вст.закр}$; керування механізмами та технологічним устаткуванням $T_{кер}$; вимірювання (контроль) розмірів $T_{вим}$, тобто

$$T_{доп} = T_{перем.комп} + T_{перем.роб} + T_{вст.закр} + T_{кер} + T_{вим}, \quad (2.109)$$

Основний час складання визначається за даними додатка 139 чи спеціалізованої літератури [41, 42, 55 тощо]. Окремі норми допоміжного часу наведені у додатках 140, 141. Визначаючи норми часу на встановлення, закріплення та знімання частини вузла $T_{вст.закр}$; керування механізмами та устаткуванням $T_{кер}$; вимірювання і контроль складеного вузла $T_{вим}$, можна також використовувати додатки 121-131.

Значення норм часу на організаційно-технічне обслуговування робочого місця $T_{обсл}$ (див. (2.103)) та часу на перерви, відпочинок і природні потреби $T_{відп}$ визначаються укрупнено, у відсотках до оперативного часу (див. додатки 142 і 143 відповідно).

Результати визначення $T_{шт}$ чи $T_{шт.х}$ для технологічних процесів механічного оброблення та складання необхідно звести у таблиці за формами 2.12 та 2.13.

Зведені поопераційні технічні норми часу на операції механічного оброблення, хв.

Назва і зміст операції	T _{сес}	T _{доп.}			T _{отв.}	T _{обсл.}		T _{мін}	T _{н.с}	n	T _{штук.}
		T _{вст.м.}	T _{чист.обл.}	T _{вст.к.}		T _{вст.опр.}	T _{вст.тех.}				
005. Поздовжняно – фрезерна											
1. Фрезерувати пов. 1, 2 одночасно	0,74	0,23	0,14	0,52	0,20	1,09	0,06	0,04	1,98	241	2,08
Разом по операції 005	0,74	0,23	0,14	0,52	0,20	1,09	0,06	0,04	1,98	241	2,08
010. Свердлильна з ЧПК											
1. Свердлити отв. 3.	0,14	0,14	0,07	0,42	0,08	0,71					
2. Зенкерувати отв. 3.	0,12	–	–	0,06	–	0,06					
3. Розвернути отв. 3 попередньо.	0,11	–	–	0,06	–	0,06					
4. Розвернути отв. 3 кінцево.	0,09	0,09	0,07	0,11	0,09	0,36					
Разом по операції 010	0,46	0,23	0,14	0,65	0,17	1,19	0,05	0,04	1,78	241	1,87
015. Агрегатна											
1. Центрувати 2 отв. 4.	0,18	0,14	0,07	0,62	–	0,83					
2. Свердлити 2 отв. 4.	0,31	–	–	0,31	–	0,31					
3. Розпочати 2 отв. 4.	1,01	0,09	0,07	0,44	0,06	0,66					
Разом по операції 015	1,01*	0**	0**	0,62*	0,06	0,68	0,05	0,04	1,82	241	1,91
Всього по ТП	2,21	0,46	0,28	1,79	0,43	2,96	0,17	0,12	5,58	241	5,86

* – за найбільш завантаженим переходом;

** – переक्रивається основним часом.

Зведені поопераційні технічні норми часу на операції складання, хв.

Назва і зміст операції	T _{осн}	T _{дод}						T _{обст}	T _{дод}	T _{вст}	T _{вст}	T _{вст}	T _{вст}
		T _{перем.комп}	T _{перем.роб}	T _{рем.зуп}	T _{пер}	T _{вст}	T _{дод-З}						
005. Слюсарно – складальна.													
1. Загвинтити маслянку 1.1.Цв ГОСТ 19853 – 74 (2 шт.) у корпус 52522 – 3802020	0,56	0,57	0,04	0,09	–	–	0,13						
2. Запресувати втулки 52522 – 3802024 у корпус 52522 – 3802020	0,24	–	0,02	–	–	0,02	0,04						
3. Встановити шестерню 52522 – 3802028 на вал 52522 – 3802032	0,30	–	0,02	–	–	0,03	0,05						
Всього по операції 005	1,10	0,57	0,08	0,09	0,05	0,05	0,22	1,32	0,07	0,13	1,52	14,2	1,58
.....
Всього по ТП	23,41	6,32	1,36	1,39	1,01	1,01	15,77	39,18	1,96	3,92	45,06	265,9	46,16

3. ПРОЕКТУВАННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

У кваліфікаційній роботі проектують низку спеціальних засобів технологічного оснащення, які доцільно використовувати у технологічному процесі (процесах) виготовлення заданої деталі, зокрема:

1) верстатні пристрої для встановлення і закріплення оброблюваних заготовок на металорізальних верстатах (свердлильні, токарні, фрезерні, розточувальні, шліфувальні тощо);

2) пристрої для закріплення робочих металорізальних інструментів. Такі пристрої здебільшого складаються з типових елементів, виготовлених за відповідними стандартами, нормами тощо;

3) складальні пристрої, які використовуються для складання деталей і складальних одиниць, закріплення базових деталей (складальних одиниць) виробу, попереднього деформування пружних елементів (пружин, ресор тощо), виконання складальних операцій, які вимагають прикладання значних зусиль (заклепування, вальцювання, запресовування тощо);

4) контрольні пристрої, які використовуються для проміжного і кінцевого контролю оброблених деталей, а також для контролю зібраних вузлів і виробів;

5) пристрої (засоби) для механізації й автоматизації елементів технологічних процесів та міжопераційного і внутрішньоцехового транспорту (механізми, які подають заготовку в зону оброблювання, пристрої для автоматизації робочого циклу верстата, транспортні пристрої автоматичних ліній, бункерні завантажувачі тощо);

6) спеціальні різальні та допоміжні інструменти для підвищення продуктивності виробничих процесів.

Правильний вибір та проектування спеціальних засобів технологічного оснащення є одним з важливих факторів забезпечення високого рівня технологічної підготовки виробництва нового виробу.

Обсяг розроблених у кваліфікаційній роботі засобів технологічного оснащення визначається завданням на проектування. Спроектвані конструкції оформляють у вигляді складальних креслень²² з дотриманням вимог Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД).

Засоби технологічного оснащення потрібно проектувати з максимальним використанням нормалізованих, стандартизованих деталей і складальних одиниць. Розроблені конструкції повинні бути оригінальними, прогресивними, рентабельними і зручними в експлуатації. Крім того, вони повинні полегшувати умови праці і підвищувати її продуктивність за рахунок скорочення машинного та допоміжного часу на виготовлення, бути безпечними в роботі.

²² Необхідність розроблення подетальних креслень визначає керівник кваліфікаційної роботи.

3.1. Верстатні пристрої для механічного оброблення заготовок деталей машин

Верстатний пристрій – це змінний пристрій, який закріплюється на металорізальному верстаті і призначений для правильного встановлення, базування та закріплення заготовки під час її механічного оброблення.

Вибір виду верстатного пристрою насамперед залежить від типу виробництва. В одиничному, середньо- і дрібносерійному виробництвах застосовують універсальні пристрої (патрони, поворотні столи, лещата, ділильні універсальні головки тощо). У великосерійному і масовому виробництвах застосовують переважно спеціальні пристрої, які дозволяють скоротити основний і допоміжний час оброблення більшою мірою, ніж універсальні, з одночасним досягненням вищої точності оброблення.

У сучасному машинобудівному виробництві використовують такі групи верстатних пристроїв.

1. Універсальні пристрої (УП) для розширення технологічних можливостей металорізальних верстатів чи для обслуговування інших пристроїв. До них належать універсальні, поворотні, ділильні столи, головки, приводи, пристрої для механізації затиску у пристроях тощо.

2. Універсальні безналагоджувальні пристрої (УБП) для закріплення заготовок широкої номенклатури та різної конфігурації (універсальні патрони з нероз'ємними кулачками, універсальні фрезерні лещата тощо).

3. Універсальні налагоджувальні пристрої (УНП) для закріплення заготовок різної конфігурації (універсальні патрони зі змінними кулачками, універсальні лещата зі змінними губками, скальчасті кондуктори тощо).

4. Спеціалізовані безналагоджувальні пристрої (СБП) для закріплення мало- та середньогабаритних заготовок, які схожі (близькі) за конструктивно-технологічними ознаками, мають загальні базові поверхні і потребують однакового (схожого) механічного оброблення. У разі здійснення однотипних операцій, необхідно виконувати певне регулювання окремих елементів пристрою (пристрої для групового оброблення деталей типу валів, втулок, фланців, дисків, кронштейнів, корпусних деталей тощо).

5. Спеціалізовані налагоджувальні пристрої (СНП) для закріплення заготовок, які схожі (близькі) за конструктивно-технологічними ознаками, об'єднані спільними базовими поверхнями і особливістю механічного оброблення та потребують заміни спеціального технологічного налагодження для виконання однотипних операцій. Пристрої цієї групи є аналогічними до пристроїв групи СБП, але мають істотно ширші можливості.

6. Універсально-збірні пристрої (УЗП) для закріплення заготовок широкої номенклатури у межах габаритних можливостей комплекту УЗП під час виконання різноманітних операцій механічного оброблення. Пристрої цього

типу використовують як спеціальні верстатні пристрої протягом обмеженого часу експлуатації. Для кожної операції розробляють спеціальний пристрій з готових стандартних деталей. Після використання пристрій розбирають. Складові елементи УЗП підлягають багаторазовому використанню.

7. Спеціальні пристрої (СП) для виконання визначеної операції під час оброблення конкретної деталі. СП є одноцільовими – вони розраховані на встановлення і закріплення, як правило, однотипної заготовки і тому забезпечують високу точність встановлення (базування) і швидкий затиск. У разі зміни об'єкта виробництва такі пристрої, переважно вилучають, незалежно від ступеня їх фізичного зношення. Ці пристрої є працездатними і дорогими у виготовленні, тому використовуються головню у масовому та великосерійному виробництві. Для здешевлення виготовлення спеціальних пристроїв, у їх конструкціях передбачають можливість застосування стандартизованих та уніфікованих деталей і вузлів.

Виконуючи кваліфікаційну роботу, розробляють, здебільшого, верстатні пристрої двох останніх груп (УЗП та СП).

Загалом алгоритм проектування верстатного пристрою є таким.

1. Формування службового призначення, технічних вимог та норм точності пристрою.

2. Укрупнений добір компоновальної схеми пристрою залежно від схеми базування і стану технологічних баз.

3. Розрахунок необхідного зусилля затиску.

4. Розрахунок необхідного зусилля приводу (вихідного зусилля). Добір типу силового приводу.

5. Розрахунок конструктивних параметрів силового приводу залежно від необхідної сили приводу, довжини ходу штоку тощо. Розрахунок передавальних механізмів.

6. Вибір та розрахунок допоміжних елементів пристрою, їх конструкції і розмірів.

7. Уточнення компоновальної схеми пристрою.

8. Розрахунок пристрою на точність.

9. Економічні розрахунки доцільності використання пристрою.

10. Розроблення креслення загального виду.

3.1.1. Формування службового призначення пристрою

Під час формування службового призначення пристрою необхідно коротко перелічити основні функції, для виконання яких цей пристрій проектується. Для цього потрібно детально описати:

- будову та поточний стан оброблюваної заготовки в контексті її базування у пристрої (виконавчі розміри і точність оброблення; вид і стан

базових поверхонь та поверхонь, по яких планується закріплення; доступність до оброблюваних поверхонь, наявність термічного та іншого зміцнювального оброблення; жорсткість окремих елементів тощо);

- операцію, для якої розроблюється пристрій, з вказанням елементів режиму різання, а також сили та потужності різання;
- модель верстата з детальним описом умов розташування пристрою у його робочій зоні;
- необхідну продуктивність виконання операції та, на її основі, тип пристрою (одномісний, багатомісний тощо);
- переваги та можливі недоліки використання спеціального пристрою;
- заходи безпеки праці під час використання пристрою.

Залежно від службового призначення встановлюють групу верстатних пристроїв (УП, УБП УНП, СБП, СНП, УЗП чи СП). Попередньо встановлюють тип силового приводу (ручний, пневматичний, гідравлічний тощо).

До основних технічних вимог, які висуваються до розроблюваного пристрою, належать:

- спосіб встановлення пристрою на верстаті, з врахуванням конфігурації та розмірів його (верстата) посадкових місць;
- спосіб і схема базування заготовки залежно від точності отримуваних на поточній операції розмірів з врахуванням результатів розрахунків, виконаних у п. 2.4;
- попередньо вибрана точка (точки) прикладання затискного зусилля залежно від вибраної схеми базування;
- попередній вибір конструкцій опорних елементів з врахуванням вибраної схеми та способу базування.

3.1.2. Добір і розроблення оптимальної схеми компоновки пристрою

Під час оброблення заготовки на неї діють сили різання. Їхня величина, напрям (вектор) і місце прикладання можуть змінюватися у процесі оброблення однієї й тієї самої поверхні. Напрямок і точка прикладання сили різання змінюються внаслідок переміщення інструмента вздовж оброблюваної поверхні та змін умов оброблення. Сили різання і моменти, які ними створюються, намагаються перемістити і повернути заготовку. Незважаючи на це, заготовка повинна зберігати під час оброблення незмінне положення відносно опорних елементів. Для цього її треба надійно закріпити з необхідною силою затиску. Зусилля затиску при цьому забезпечується спеціальними затискачами – затискними механізмами, які усувають можливість зміщення заготовки, щодо встановлювальних елементів під дією власної ваги і сил, що виникають під час оброблення.

До затискачів висувають такі вимоги.

1. При затиску заготовки не повинно порушуватися положення заготовки, визначене базуванням. Ця вимога задовольняється раціональним вибором напрямку і точки прикладання зусилля затиску.

2. Змінання поверхонь заготовки, які виникають під час закріплення, а також її деформації повинні бути мінімальними і перебувати у допустимих межах.

3. Зусилля затиску повинно бути мінімально необхідним, але достатнім для забезпечення надійного положення заготовки відносно встановлювальних елементів пристрою під час оброблення.

4. Затиск і розтиск заготовки необхідно виконувати з мінімальними витратами сил і часу робітника-верстатника. Якщо використовують ручні пристрої, зусилля руки не повинно перевищувати 150 Н.

5. Сили різання не повинні, за можливостю, сприйматися затискачами.

6. Затискач повинен бути конструктивно простим та максимально зручним і безпечним у роботі.

Недотримання будь-якого з цих правил може призвести до виникнення похибок оброблення, а зміна положення заготовки під час різання – і до поломки різального інструмента.

Виконання більшості відзначених вимог досягається завдяки раціональному вибору схеми закріплення і величини зусилля затиску P (див. п. 3.1.3). Добір схеми закріплення заготовки виконують, за можливостю, одночасно з розробленням способу її базування, домагаючись визначеного відносного розташування опорних елементів, заготовки, точки прикладання і напрямку зусилля затиску. При цьому необхідно керуватися такими нижченаведеними міркуваннями:

1) для зменшення величини зусилля затиску²³ під час закріплення заготовки необхідно вибрати такий спосіб її базування, за якого сила різання була б скерована на один з опорних елементів, розташованих на лінії дії цієї сили чи поряд з нею. У разі базування по декількох базових поверхнях зусилля затиску повинно скеровуватися на той опорний елемент, з яким заготовка має найбільшу площу контакту;

2) для забезпечення контакту заготовки з опорним елементом й унеможливлення її зсуву при закріпленні зусилля затиску потрібно скеровувати перпендикулярно до поверхні опорного елемента. В окремих випадках зусилля затиску можна скеровувати так, щоб заготовка одночасно притискалася до поверхонь двох опорних елементів, розташованих у різних площинах;

²³ Зменшувати зусилля затиску необхідно через те, що при цьому зменшується змінання поверхонь і деформація заготовки при закріпленні, а також з'являється можливість використання компактніших затискних пристроїв.

3) напрям зусилля затиску повинен збігатися з напрямом сили різання і сили ваги заготовки;

4) для усунення деформації заготовки під час її закріплення точку прикладання зусилля затиску потрібно вибирати так, щоб лінія його дії перетинала опору поверхню опорного елемента;

5) для зменшення змінання поверхонь заготовки під час закріплення необхідно зменшувати питомий тиск у місцях контакту затискового механізму з заготовкою, розподіляючи зусилля затиску. Це досягається застосуванням у затискачах контактних елементів відповідної конструкції, які дають змогу розподілити зусилля затиску порівну між двома чи трьома точками чи по певній поверхні;

6) для зменшення вібрацій і деформацій заготовки під дією сили різання необхідно підвищити жорсткість системи "заготовка – пристрій" за допомогою збільшення кількості місць затиску заготовки і наближення їх до оброблюваної поверхні.

Основною умовою вибору тієї чи іншої схеми конструювання пристрою є забезпечення відповідної точності оброблення заготовки. Крім того, оптимальна схема пристрою повинна забезпечити надійність у роботі, умову самогальмування, компактність і простоту затискачів, необхідну продуктивність на заданій операції тощо.

Як правило, для оброблення заготовки на заданій операції можна вибрати декілька можливих схем пристрою²⁴, що відрізнятимуться параметрами, які можна виразити числовими коефіцієнтами ваги. До найважливіших параметрів належать:

- 1) наявність підсилення (коефіцієнт ваги: +0,5);
- 2) наявність властивості самогальмування (коефіцієнт ваги: +0,35);
- 3) кількість передавальних ланок (коефіцієнт ваги: -0,1);
- 4) наявність проміжної ланки (коефіцієнт ваги: -0,1);
- 5) компактність пристрою (коефіцієнт ваги: +0,05).

Аналіз усіх попередньо вибраних конструювань конструктивних схем виконують на основі сумарних коефіцієнтів ваги $K_{\Sigma n}$:

$$K_{\Sigma n} = 0,5 \cdot K_1 + 0,35 \cdot K_2 - 0,1 \cdot K_3 - 0,1 \cdot K_4 + 0,05 \cdot K_5, \quad (3.1)$$

де $K_1 - K_5$ – кількість одиниць відповідного коефіцієнта ваги (як правило, від 0 до 5).

Для вибору оптимального конструювання необхідно розглянути (з наведенням відповідних ескізів) декілька схем (не менше трьох), оцінити значення окремих коефіцієнтів ваги і розрахувати сумарний коефіцієнт ваги

²⁴ Для попереднього добору варіантів конструктивних схем пристрою рекомендується використовувати додаток 152.

$K_{\Sigma n}$ для кожної схеми. Розрахунки доцільно звести у таблицю за прикладом табл. 3.1.

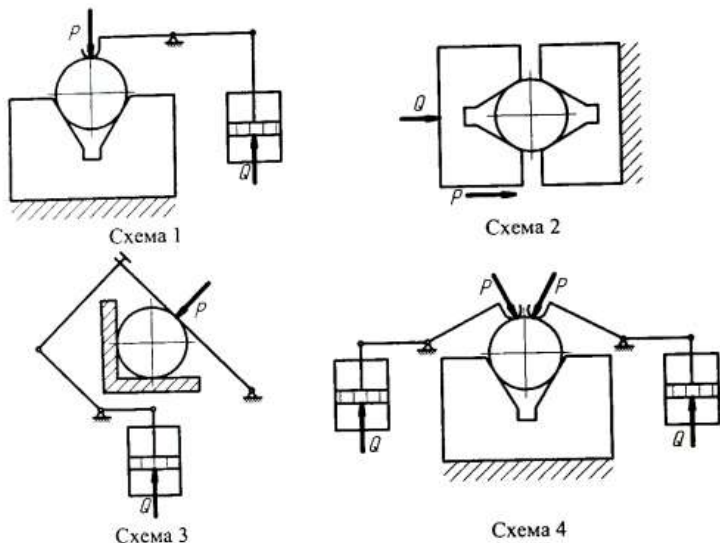


Рис. 3.1. Альтернативні компоунвання пристрою для фрезерування шпонкового пазу

Таблиця 3.1

Розрахунок сумарних коефіцієнтів ваги $K_{\Sigma n}$
для встановлення оптимальної схеми компоунвання пристрою (рис. 3.1)

Номер схеми	Елементарні коефіцієнти ваги та їх величини					$K_{\Sigma n}$
	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	
1	1	1	1	1	2	0,75
2	0	0	1	0	3	0,05
3	3	2	3	2	1	1,75
4	2	1	3	2	0	0,85

Компоунвання, схема якого матиме найбільший коефіцієнт ваги, вважається оптимальним; усі подальші розрахунки і проектні задачі виконуються лише для цього компоунвання.

3.1.3. Розрахунки зусилля затиску

Заготовку закріплюють за допомогою затискачів різної конструкції. Принцип дії і конструкцію затискача потрібно вибирати залежно від конкретних умов виконання операції (див. п. 3.1.1 та 3.1.2). Методика розрахунків при цьому визначається прийнятим видом затискача. Незважаючи на велике різноманіття затискачів, основна частина цих розрахунків залишається загальною і містить такі етапи:

- 1) визначення сил і моментів різання;
- 2) вибір коефіцієнтів тертя;
- 3) складання розрахункової схеми та вихідного рівняння для розрахунку зусилля затиску P ;
- 4) вибір (розрахунок) коефіцієнта надійності затиску K .

Вихідними даними для розрахунку сил затиску є: схема базування заготовки; величина, напрям і місце прикладання сил, які виникають під час оброблення; схема закріплення заготовки, тобто напрям і точка прикладання сили затиску (див. п. 3.1.2).

Збір вихідних даних для розрахунку необхідних зусиль затиску є одним з найважливіших моментів проектування затискачів, оскільки помилка на цьому етапі може призвести до розроблення пристрою, який не забезпечуватиме надійний затиск заготовки.

Схему базування заготовки на операції визначають за результатами виконання п. 2.4 роботи. Встановлюючи норми точності розроблюваного пристрою (див. п. 3.1.1), схему базування можна доопрацювати.

Силу різання, розраховану під час виконання п. 2.8, збільшують на певну величину (*коефіцієнт запасу*), гарантуючи тим самим надійність закріплення²⁵. Коефіцієнт запасу визначається диференційовано, залежно від конкретних умов виконання технологічної операції:

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6. \quad (3.2)$$

У формулі (3.2):

$K_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу;

K_1 – коефіцієнт, який враховує збільшення сили різання внаслідок випадкових нерівностей на поверхні заготовки (у разі встановлення по чорнових базах $K_1 = 1,2$; у разі встановлення по чистових базах $K_1 = 1,0$);

K_2 – коефіцієнт, який враховує збільшення сили різання від затуплення різального інструмента (значення цього коефіцієнта вибирають за табл. 3.2);

²⁵ Сили різання за величиною, напрямом і місцем прикладання є величинами змінними, внаслідок нестабільності режиму різання (врізання, перебіг інструмента), а також через коливання величини припуску і фізико-механічних властивостей матеріалу оброблюваної заготовки, затуплення різального інструмента тощо.

Значення коефіцієнта K_2

Метод оброблювання	Компонента сили різання	Значення K_2	Оброблюваний матеріал
Свердління	Крутний момент $M_{кр}$	1,15	Сталь
	Осьова сила P_o	1,10	Чавун
Попереднє (по кірці) зенкерування	Крутний момент $M_{кр}$	1,30	Чавун
	Осьова сила P_o	1,20	
Чистове зенкерування	Крутний момент $M_{кр}$	1,20	Чавун
	Осьова сила P_o		
Попереднє точіння і розточування	Тангенційна сила P_z	1,00	Сталь
	Радіальна сила P_y	1,40	Сталь
		1,20	Чавун
	Сила подачі P_x	1,60	Сталь
1,25		Чавун	
Чистове точіння і розточування	Тангенційна сила P_z	1,00	Сталь
		1,05	Чавун
	Радіальна сила P_y	1,05	Сталь
		1,40	Чавун
	Сила подачі P_x	1,00	Сталь
		1,30	Чавун
Циліндричне попереднє і чистове фрезування; торцеве попереднє і чистове фрезування	Колова сила P_z	1,75 – 1,90	В'язкі сталі
		1,20 ... 1,40	Тверді сталі Чавун
Шліфування	Тангенційна сила P_z	1,15 – 1,20	Сталь
Протягування	Сила різання P_z	1,55	Сталь

K_3 – коефіцієнт, який враховує збільшення сили різання під час ударного навантаження на інструмент (у разі оброблення переривчастих поверхонь $K_3 = 1,2$; за умови постійності різання $K_3 = 1,0$);

K_4 – коефіцієнт, який враховує стабільність силового приводу (для ручних затискачів $K_4 = 1,3$; для пневматичних, гідравлічних та інших пристроїв, які розвивають постійну силу затиску, $K_4 = 1,0$);

K_5 – коефіцієнт, який характеризує ступінь зручності розташування важеля (руків'я) затискача (за зручного розташування, а також за наявності автоматизованих затискачів – $K_5 = 1,0$; за незручного їх розташування $K_5 = 1,02$);

K_6 – коефіцієнт, який враховує невизначеність контакту заготовки з опорними елементами пристрою, які мають велику опорну поверхню

(визначається лише за наявності крутного моменту, який намагається повернути заготовку (у разі встановлення заготовки на опори з обмеженою поверхнею контакту $K_6 = 1,0$; у разі встановлення заготовки на опори з великою поверхнею контакту $K_6 = 1,5$)).

За наведених значень коефіцієнтів $K_0 - K_6$ величина K , розрахована за формулою (3.2), може коливатися у широких межах (1,5–8,0). Якщо у результаті розрахунку величина K виявиться меншою за 2,5, то під час подальших розрахунків надійності закріплення її потрібно прийняти такою, що дорівнює 2,5. Такий запас надійності закріплення обумовлений ГОСТ 12.2.029-77.

Вагу заготовки необхідно враховувати під час розрахунків сили затиску, коли заготовку планується встановлювати на похило розташовані встановлювальні елементи, а також при закріпленні заготовки у поворотних пристроях. Варто пам'ятати, що під час оброблення маса заготовки змінюється (інколи істотно), через що часто змінюється і положення її центра мас. До того ж, у разі зміщення центра мас заготовки щодо осі її обертання, виникають відцентрові сили, величина яких є співрозмірною з силами різання, особливо за сучасних швидкісних методів оброблення.

Величина зусилля затиску значною мірою залежить від його напрямку. Тому під час вибору напрямку зусилля затиску обов'язково необхідно враховувати рекомендації, наведені у п. 3.1.2.

Вибору раціонального напрямку сили затиску сприяє введення спеціальних упорів у силову схему закріплення заготовки, які не порушують прийнятну схему базування²⁶. Упори сприймають діючі на заготовку сили і дозволяють зменшити необхідну величину зусилля затиску чи змінити його напрям. Упори використовують у двох випадках.

1. Під час оброблення діють значні сили зсуву, паралельно до поверхонь встановлювальних елементів. На рис. 3.2, а показано схему оброблення паза на ступінчастому валу 1, закріпленому на призмах 2. Сила різання P_{pi} діє паралельно площині призми. Без осьового упора 3 для рівноваги заготовки потрібне значне зусилля затиску P , яке може призвести до зминання базових поверхонь заготовки. Використовуючи осьовий упор 3, який сприймає силу різання, зусилля P можна істотно зменшити, а за необхідності можна змінити також його напрям (наприклад, на P').

2. У разі оброблення без упора заготовка не має поверхні, здатної сприйняти зусилля затиску. Призматичну заготовку, показану на рис. 3.2, б, обробляють згори. Без упора єдиний можливий напрям зусилля затиску P' не може бути забезпечений, оскільки обробленню підлягає вся верхня площина.

²⁶ Часто як упори застосовують встановлювальні елементи, які призначені для базування заготовки.

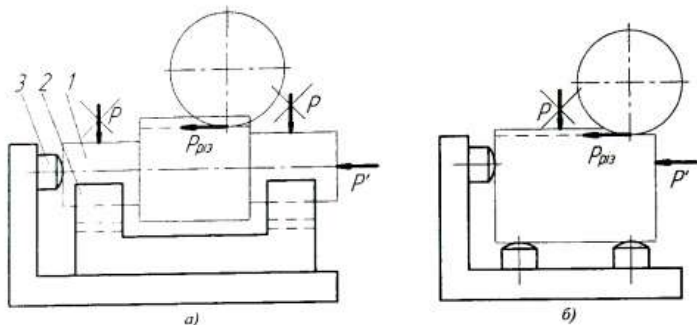


Рис. 3.2. Вибір напрямку і точки прикладання сили затиску

Вибираючи місце прикладання зусилля затиску, потрібно керуватися певними правилами.

1. Зусилля затиску не повинно порушувати стійкість заготовки відносно встановлювальних елементів. Для цього необхідно, щоб точка прикладання зусилля затиску: а) проектувалася на встановлювальний елемент за можливістю ближче до центра поверхні контакту чи в многокутник, створений лініями, які з'єднують встановлювальні елементи; б) перебувала на ділянці поверхні заготовки, паралельній до поверхні встановлювального елемента, який сприймає силу затиску.

2. Зусилля затиску з реакціями опор не повинно створювати згинальних моментів, які спричиняють деформації заготовки і появи похибок закріплення.

3. Точка прикладання зусилля затиску повинна бути розташована якомога ближче до місця оброблення. Це особливо важливо для закріплення нежорстких заготовок.

Розрахунок зусилля затиску зводиться до розв'язування задачі статки на умову рівноваги твердого тіла (оброблюваної заготовки) під дією системи зовнішніх сил (різання, затиску, реакції опор, ваги заготовки, тертя тощо). До заготовки прикладені сила ваги і сили різання, з одного боку, та шукані сили затиску і реакції опор, з іншого. Під дією цих сил заготовка повинна зберігати рівновагу. Під час розрахунків потрібно орієнтуватися на такий етап дії зсувальних сил і моментів, за якого зусилля затиску є найбільшими.

На розрахунковій схемі закріплення показують усі сили, які діють на заготовку: сили і момент різання, сили затиску, реакції опор і сили тертя у місцях контакту заготовки з опорними елементами і затискачами. Розрахункову схему потрібно складати для найнесприятливішого положення різального інструмента по довжині оброблюваної поверхні.

Відповідно до розрахункової схеми необхідно встановити напрями можливого переміщення чи повороту заготовки під дією сил і моментів різання, визначити величину проєкцій всіх сил на напрям переміщення і скласти рівняння сил і моментів.

Розрахунок необхідного зусилля затиску починають з вибору типу затискного механізму. У виробничій практиці найчастіше використовують механізми (рис. 3.3), у яких заготовка закріплюється одночасно з декількох боків (рис. 3.3, а) чи з одного боку у декількох місцях (рис. 3.3, б, в). При цьому можливі два варіанти:

- для закріплення заготовки у кожній точці затиску використовують індивідуальний затискач, який працює автономно (рис. 3.3, б);
- закріплення виконують за допомогою одного мультізатискача (рис. 3.3, в);

У першому випадку після визначення зусиль затиску P_1 і P_2 виконують окремі розрахунки затискачів, які створюють ці зусилля.

Використовуючи мультізатискач, його розраховують залежно від результуючого зусилля, яке дорівнює nP , де n – кількість елементарних затискачів.

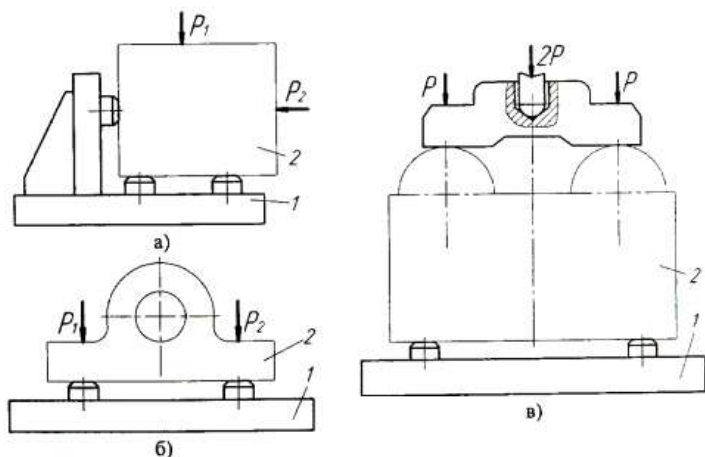


Рис. 3.3. Узагальнені схеми закріплення заготовки у пристрої: 1 – пристрій; 2 – заготовка

Нижче наведено приклади розроблення схем встановлення і закріплення заготовок, а також послідовність розрахунків зусилля затиску для найпоши-

реніших операцій різання – розточування, фрезерування та свердління. Крім того, виконуючи кваліфікаційну роботу, рекомендується використовувати наведені у додатку 152 типові схеми та розрахунки апробованих на практиці кінематичних схем і конструкцій окремих затискачів та пристроїв загалом.

Приклад 1²⁷. Визначити необхідну силу затиску під час виконання операції фрезерування площини циліндричною фрезою. Схему затиску заготовки наведено на рис. 3.4.

За прийнятих способів базування і схеми закріплення заготовки під дією сил різання, вона може лише повертатися щодо точки O . З умови рівноваги заготовки рівняння моментів набуде вигляду:

$$Pa + TL = P_2 b + P_r L, \quad (3.3)$$

де L, a, b – геометричні параметри різання, м; P – сила затиску, Н; T – сила тертя ($T = fQ$; f – коефіцієнт тертя між заготовкою і затискачем), Н; P_2 – колова сила різання, Н; P_r – радіальна сила різання, Н.

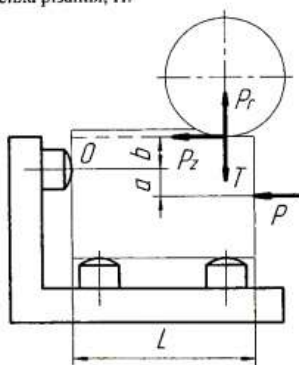


Рис. 3.4. Схема для визначення сили затиску під час фрезерування

Колову силу різання P_2 визначають, відповідно до (2.91). Інші складові сили різання під час фрезерування можна визначити на основі таких залежностей.

Фрезерування циліндричними, кінцевими і дисковими фрезами. Радіальна складова P_r :

$$P_r = (0,6 \dots 0,8) P_2$$

Горизонтальна складова P_x , яка діє в напрямі подачі, і вертикальна складова P_y , перпендикулярна до напрямку подачі:

²⁷ Тут і далі масу заготовки до уваги не беруть.

- у разі зустрічного фрезерування:

$$P_x = (1,0 \dots 1,2) P_z \quad P_y = (0,2 \dots 0,3) P_z$$

- у разі попутного фрезерування:

$$P_x = (0,3 \dots 0,9) P_z \quad P_y = (0,75 \dots 0,8) P_z$$

Фрезерування торцевими фрезами. Горизонтальна складова P_x :

$$P_x = (0,6 \dots 0,9) P_z$$

Осьова складова P_o :

$$P_o = (0,35 \dots 0,55) P_z$$

Після підставлення значення $T = fP$ і введення коефіцієнта запасу (3.1) рівняння (3.3) набуде вигляду

$$Pa + fPL = K(P_z b + P_r L),$$

звідки

$$P = \frac{K(P_z b + P_r L)}{a + fL}, \quad (3.4)$$

Приклад 2. Визначити необхідну силу затиску під час виконання операції свердління отвору у торці циліндричної заготовки. Схему затиску заготовки наведено на рис. 3.5.

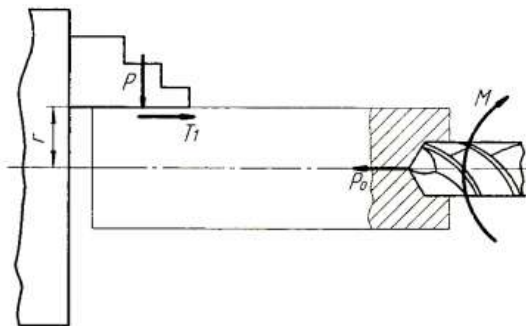


Рис. 3.5. Схема для визначення сили затиску під час свердління

Під час свердління отвору у заготовці, закріпленій у трикулачковому патроні, вона може переміщуватися вздовж кулачків під дією сили різання P_o (зусилля подачі) і провертатися у кулачках під дією моменту сил різання M . Необхідно прикласти таке зусилля затиску, щоб не було ні переміщення, ні провертання заготовки відносно кулачків. Опір переміщенню і провертанню буде різним, залежно від форми насічки на кулачках, яка дає різні коефіцієнти тертя.

Сили тертя між кулачком і заготовкою становитимуть:

- у разі переміщення:

$$T_1 = f_1 P;$$

- у разі провертання:

$$T_2 = f_2 P,$$

де f_1, f_2 – коефіцієнти тертя відповідно під час переміщення і провертання заготовки у кулачку.

Величина зусилля затиску з умови недопустимості переміщення заготовки у патроні і з урахуванням кількості кулачків

$$3T_1 = P_o$$

Після підставлення значення T_1 і введення коефіцієнта запасу K (3.1) рівність набуде вигляду

$$3f_1 P = KP_o,$$

звідки

$$P = \frac{KP_o}{3f_1} \quad (3.5)$$

Величина зусилля затиску з умови недопустимості провертання заготовки у трикулачковому патроні:

$$3T_2 r = M,$$

де r – радіус зовнішньої циліндричної поверхні заготовки на ділянці закріплення її у кулачках, м.

Після підставлення значення T_2 і введення коефіцієнта запасу K :

$$3f_2 Pr = KM,$$

звідки

$$P = \frac{KM}{3f_2 r} \quad (3.6)$$

Силу затиску P у такому разі приймають більшою з двох розрахованих за формулами (3.5) і (3.6). Значення P_o та M необхідно розраховувати відповідно до залежностей (2.83).

Приклад 3. Визначити необхідну силу затиску під час виконання операції розточування отвору на розточувальному верстаті за допомогою різця, закріпленого на борштанзі. Схему затиску заготовки наведено на рис. 3.6.

Силу зсуву на заготовку під час оброблення здійснюють сили різання. Особливістю поданого прикладу є те, що на кожному оберті борштанги сили різання P_x і P_y змінюють не лише місце прикладання (разом з вершиною різця), але й напрям дії. На рис. 3.6 показано чотири положення борштанги, коли вершина різця послідовно перебуває у точках 1 – 4. У разі розташування різця у точках 1 і 2 сила P_x відриває заготовку від опорної точки O_1 , провертаючи її навколо точки O_2 ; коли різець перебуває у точці 4, та сама сила P_x відриває заготовку від опорної точки O_2 , провертаючи її навколо точки O_1 . У зв'язку з цим виникає необхідність визначити такий момент оброблення, коли сили різання здійснюють максимальну зсувну дію на заготовку.

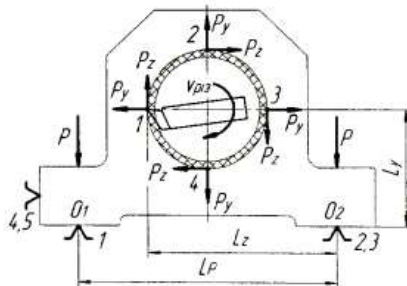


Рис. 3.6. Схема для визначення сили затиску під час розточування

Відповідно до наведених вище правил точки прикладання і напрямку сили затиску прикладено так, як показано на рис. 3.6. Тоді умову рівноваги заготовки можна описати рівнянням моментів щодо опорної точки O_2 :

$$M_{O_2}(P_z) + M_{O_2}(P_y) + M_{O_2}(P) = 0, \quad (3.7)$$

де

$$M_{O_2}(P_z) = \pm P_z L_z; \quad M_{O_2}(P_y) = \pm P_y L_y; \quad M_{O_2}(P) = PL_P.$$

З рівняння (3.7) необхідну величину P з урахуванням коефіцієнта запасу (3.1) можна визначити як:

$$P = K \frac{\pm P_z L_z \pm P_y L_y}{L_P}, \quad (3.8)$$

Складові сили різання розраховуються за залежністю (2.77).

Використовуючи формулу (3.8), можна для різних положень борштанги визначити необхідну силу P . Максимальне значення P , отримане у цих розрахунках, необхідно використовувати для проектування затискного механізму.

3.1.4. Уточнення типу силового механізму. Добір силового приводу (силового рушія) та визначення його параметрів.

Після вибору загальної компоновальної схеми пристрою (п. 3.1.2) і визначення необхідного зусилля затиску P (п. 3.1.3) необхідно уточнити конструкцію силового механізму, який перетворює вихідне зусилля Q приводу пристрою в зусилля затиску P . Силовий механізм складається з тягової (ведучої) ланки, до якої прикладається вихідне зусилля, й однієї чи декількох проміжних (ведених) ланок, що передають зусилля затиску на заготовку. Разом зі зміною величини вихідного зусилля, силовий механізм може також змінювати його напрям, розкласти на складові і спільно з контактними

елементами забезпечувати прикладання зусилля затиску у заданій точці. Співвідношення вихідного зусилля Q та зусилля затиску P визначається передавальним відношенням (коефіцієнтом підсилення) i – однією з основних характеристик силового механізму:

$$i = \frac{P}{Q}, \quad (3.9)$$

Силкові механізми поділяються на прості і комбіновані. Прості механізми складаються з одного елементарного механізму – гвинтового, ексцентрикового, клинового чи важільного. Комбіновані механізми є поєднанням кількох (зазвичай двох) простих: важільного і гвинтового, важільного й ексцентрикового, гвинтового і клинового тощо.

У зв'язку з цим, усі затискні пристрої поділяють на три групи (рис. 3.7).

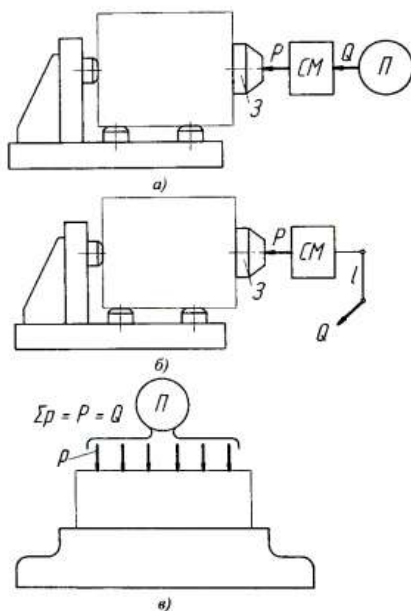


Рис. 3.7. Схеми затискних механізмів

До першої групи (рис. 3.7, а) належать пристрої, що мають у своїй структурі силовий механізм (СМ) і привід (П), який забезпечує переміщення

затискача (З) і створює вихідне зусилля Q , яке перетворюється силовим механізмом на зусилля затиску P . Використовувані у цих пристроях швидкодійні приводи є достатньо різноманітними: пневматичні, гідравлічні, пневмогідравлічні, механогідравлічні тощо. Пристрої цієї групи розвивають значні зусилля, і призначені для великосерійного і масового виробництва.

Пристрої другої групи (рис. 3.7, б) також забезпечують достатні зусилля затиску, але складаються лише з силового механізму, що приводиться у дію безпосередньо робітником-верстатником, який прикладає вихідне зусилля Q на плече l . Пристрої цієї групи оснащуються ручним приводом і, відповідно, вимагають великих витрат допоміжного часу на закріплення заготовки. Їх використовують переважно в одиничному і дрібносерійному виробництві.

Третя група (рис. 3.7, в) – це пристрої, які не мають силового механізму. Використовувані у таких пристроях силові приводи лише умовно можна назвати приводами, оскільки вони не спричиняють переміщень елементів пристрою і лише створюють зусилля затиску P , яке є рівнодійним рівномірно розподіленому навантаженню p , що безпосередньо діє на заготовку і створюється або в результаті атмосферного тиску (за наявності вакууму з протилежного боку заготовки), або за допомогою магнітного силового потоку. Пристрої цієї групи поширені під час виконання робіт на плоскошліфувальних верстатах для забезпечення порівняно невеликих зусиль P (зокрема для закріплення нежорстких тонкостінних заготовок з чисто обробленою пласкою базою) і використовуються у будь-якому типі виробництва.

Уточнюючи тип силового механізму, треба мати на увазі, що зі збільшенням коефіцієнта підсилення i (див. (3.9)) зменшуватимуться габаритні розміри приводу, що за інших рівних умов є значною перевагою пристрою. За величиною i , користуючись рівняннями кінематики силового механізму чи табличними даними (див. додаток 152), визначають вихідне зусилля Q і по ньому вибирають і розраховують параметри силового приводу.

Для пристроїв першої групи силовий механізм вибирають сумісно з приводом, що дає змогу узгодити силові можливості механізму (коефіцієнт підсилення i із силовими характеристиками приводу (створюваним вихідним зусиллям Q) для отримання мінімальних габаритних розмірів пристрою. За однакових вихідних зусиль Q гідравлічні приводи мають менші габарити, ніж пневматичні. Це дозволяє за рахунок збільшення зусилля Q гідравлічного приводу використовувати силовий механізм з меншим коефіцієнтом підсилення

і, проте простішої конструкції і з вищим коефіцієнтом корисної дії. Через складність гідравлічної системи гідроприводу його доцільно застосовувати лише на гідрофікованих верстатах чи з використанням цехової гідросистеми обслуговування групи верстатів.

Силовий механізм для пристроїв з ручними затискачами (другої групи) вибирають з урахуванням положень ГОСТ 12.2.029-77, відповідно до якого максимальне вихідне зусилля, яке робітник прикладає до руків'я (гайкового ключа, ексцентрика тощо) для приведення пристрою у дію, не повинно перевищувати 150 Н.

Під час розрахунку пристроїв третьої групи за зусиллям затиску P і площею заготовки, по якій розподіляється питоме зусилля p , визначають вихідне зусилля Q , після чого розраховують необхідні параметри вакууму (для вакуумних пристроїв) чи силовий магнітний потік (для магнітних пристроїв).

Нижче наведено порядок розрахунку найчастіше використовуваних приводів.

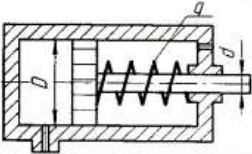
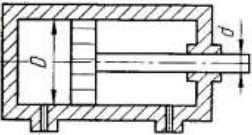
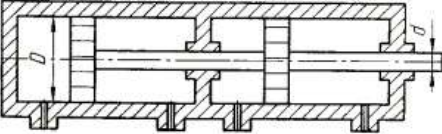
1. Пневматичний привід складається з пневмодвигуна, повітропроводів і пневматичної апаратури різного призначення. Енергоносієм у пневмоприводі є стиснене повітря ($p = 0,4\text{--}0,63$ МПа). Розрахунок на міцність елементів пневмоприводу виконують за тиску $p = 0,63$ МПа, а величину вихідного зусилля Q визначають за тиску у мережі цеху $p = 0,4$ МПа.

Пневмоприводи виконують у вигляді поршневих двигунів (пневмоциліндрів) і діафрагмових пневмокамер. Обидва різновиди мають по дві схеми дії. За першою схемою переміщення штока пневмоприводу для затиску заготовки відбувається під дією стисненого повітря, а в зворотному напрямі – під дією пружини (пневмоприводи односторонньої дії). За другою схемою під дією стисненого повітря переміщення штока здійснюється в обидва боки (пневмоприводи двосторонньої дії).

Поршневі двигуни (пневмоциліндри) поділяються на одинарні (з одним поршнем) та здвоєні (з двома поршнями). Вихідне зусилля Q , яке розвиває поршневий двигун, зберігається постійним на всій довжині ходу і визначається за формулами, наведеними у табл. 3.3.

Розрахунковий діаметр циліндра (поршня) необхідно заокруглити до стандартного розміру (у бік збільшення). Рекомендовані конструктивні параметри пневмоциліндрів наведено у табл. 3.4, а також у спеціальній літературі [6, 17 тощо].

Розрахункові формули для визначення вихідного зусилля Q , яке розвивається поршневими двигунами (пневмоциліндрами)

Схема пневмоциліндра	Розрахункова формула
Пневмоциліндри односторонньої дії	
	<p>Зусилля штовхання, Н</p> $Q = \frac{\pi}{4} D^2 p \eta - q$ <p>Діаметр циліндра (поршня), мм</p> $D = 2 \sqrt{\frac{Q+q}{\pi p \eta}}$
Пневмоциліндри двосторонньої дії	
Одинарні	
	<p>Зусилля штовхання, Н</p> $Q = \frac{\pi}{4} D^2 p \eta$ <p>Зусилля тяги, Н</p> $Q = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) p \eta$ <p>Діаметр циліндра (поршня), мм</p> $D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi p \eta} + d^2}$
Здвоєні	
	<p>Зусилля штовхання, Н</p> $Q = \frac{\pi}{4} (2D^2 - d^2) p \eta$ <p>Зусилля тяги, Н</p> $Q = \frac{\pi}{2} (D^2 - d^2) p \eta$ <p>Діаметр циліндра (поршня), мм</p> $D = \sqrt{\frac{2Q}{\pi p \eta} + d^2}$

Прийняті позначення: Q – вихідне зусилля, Н; d – діаметр штока, мм; p – тиск стисненого повітря ($p = 0,4$ МПа); η – коефіцієнт корисної дії ($\eta \approx 0,85$); q – сила опору пружини у крайньому робочому положенні поршня, Н [6] (у кваліфікаційній роботі допускається приймати: $q = (0,10 \dots 0,15) Q$).

Рекомендовані конструктивні параметри пневмоциліндрів, мм

Параметри	Діаметр циліндра D (див. табл. 3.3), мм								
	50	60	75	100	125	150	200	250	300
Діаметр штока	16	16	20	25	30	30	40	50	55
Діаметр різі на штоці	M10	M10	M12	M16	M20	M20	M24	M30	M36
Товщина стінки:									
чавунна гільза	6	8	8	10	12	12	14	16	16
сталева гільза	4	4	5	6	6,5	7	7,5	9	10
Діаметр різі шпильок	M8	M8	M10	M10	M12	M16	M20	M20	M24
Кількість шпильок	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Діафрагмові пневмокамери є компактнішими і дешевшими у виготовленні, ніж пневмоциліндри, за приблизно однакової величини зусилля затиску. Використання пневмокамер обмежується порівняно невеликим ходом штока (до 40 мм). У силовому відношенні пневмокамери відрізняються від пневмоциліндрів тим, що зусилля затиску Q , яке ними розвивається, змінюється по мірі руху штока (табл. 3.5). Для того, щоб забезпечити плавну зміну величини зусилля Q у разі віддалення штока від вихідного положення, вибирають раціональну довжину його ходу (рис. 3.8). Розрахунковий діаметр камери (мембрани) необхідно заокруглити до стандартного розміру (у бік збільшення). Рекомендовані конструктивні параметри пневмокамер наведено у табл. 3.6, а також у спеціальній літературі [17, 61 тощо].

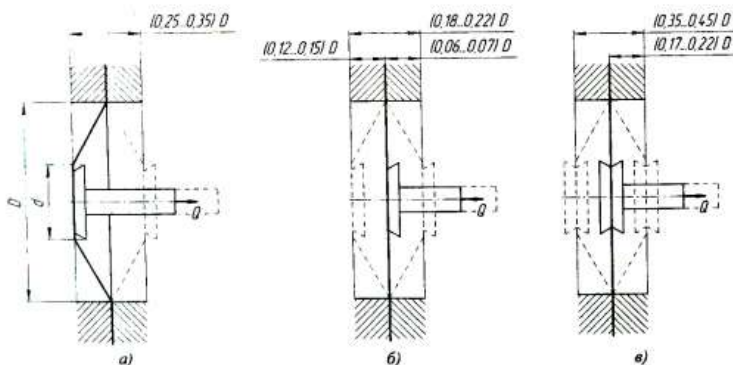


Рис. 3.8. Раціональні довжини ходу штока пневмокамер з діафрагмами: а – тарілчастими гумотканинними; б – плоскими гумотканинними; в – плоскими гумовими

**Розрахункові формули для визначення вихідного зусилля Q ,
яке розвивають пневмокамери**

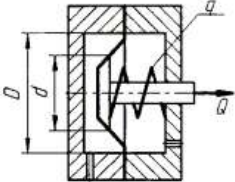
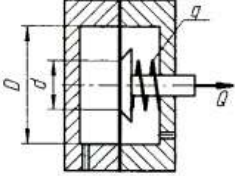
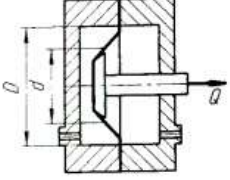
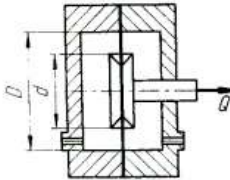
Схема пневмокамери	Розрахункова формула
Пневмокамери односторонньої дії	
з тарілчастими діафрагмами	
	<p>з тарілчастими гумотканинними діафрагмами: у вихідному положенні штока:</p> $Q = \frac{\pi}{16} (D + d)^2 p - q$ <p>у положенні після переміщення штока на віддаль $0,3D$:</p> $Q = \frac{0,75\pi}{16} (D + d)^2 p - q$ <p>діаметр пневмокамери, мм</p> $D = 4 \sqrt{\frac{Q + q}{0,75\pi p}} - d$
з плоскими діафрагмами	
	<p>з плоскими гумотканинними діафрагмами: у вихідному положенні штока:</p> $Q = \frac{\pi}{16} (D + d)^2 p - q$ <p>у положенні після переміщення штока на віддаль $0,07D$:</p> $Q = \frac{0,75\pi}{16} (D + d)^2 p - q$ <p>діаметр пневмокамери, мм</p> $D = 4 \sqrt{\frac{Q + q}{0,75\pi p}} - d$ <p>з плоскими гумовими діафрагмами: у вихідному положенні штока:</p> $Q = \frac{\pi}{4} d^2 p - q$ <p>у положенні після переміщення штока на віддаль $0,22D$:</p> $Q = \frac{0,90\pi}{4} d^2 p - q$ <p>діаметр пневмокамери, мм</p> $D = 2 \sqrt{\frac{Q + q}{0,90\pi p}}$

Схема пневмокамери	Розрахункова формула
Пневмокамери двосторонньої дії	
з тарілчастими діафрагмами	
	<p style="text-align: center;">з тарілчастими гумотканинними діафрагмами:</p> <p style="text-align: center;">у вихідному положенні штока:</p> $Q = \frac{\pi}{16} (D + d)^2 p$ <p style="text-align: center;">у положенні після переміщення штока на віддаль $0,3D$:</p> $Q = \frac{0,75\pi}{16} (D + d)^2 p$ <p style="text-align: center;">діаметр пневмокамери, мм</p> $D = 4 \sqrt{\frac{Q + q}{0,75\pi p}} - d$
з плоскими діафрагмами	
	<p style="text-align: center;">з плоскими гумотканинними діафрагмами:</p> <p style="text-align: center;">у вихідному положенні штока:</p> $Q = \frac{\pi}{16} (D + d)^2 p$ <p style="text-align: center;">у положенні після переміщення штока на віддаль $0,07D$:</p> $Q = \frac{0,75\pi}{16} (D + d)^2 p$ <p style="text-align: center;">діаметр пневмокамери, мм</p> $D = 4 \sqrt{\frac{Q}{0,75\pi p}} - d$ <p style="text-align: center;">з плоскими гумовими діафрагмами:</p> <p style="text-align: center;">у вихідному положенні штока:</p> $Q = \frac{\pi}{4} d^2 p$ <p style="text-align: center;">у положенні після переміщення штока на віддаль $0,22D$:</p> $Q = \frac{0,90\pi}{4} d^2 p$ <p style="text-align: center;">діаметр пневмокамери, мм</p> $D = 2 \sqrt{\frac{Q}{0,90\pi p}}$

Прийняті позначення: Q – вихідне зусилля, Н; d – діаметр опорної шайби (диска), мм; p – тиск стисненого повітря ($p = 0,4$ МПа); η – коефіцієнт корисної дії ($\eta \approx 0,85$); q – сила опору пружини у крайньому робочому положенні поршня, Н.

Рекомендовані конструктивні параметри пневмокамер, мм

Діаметр мембрани D , мм	Товщина діафрагми t , мм	Діаметр опорної шайби (диска) d , мм	
		для гумотканинних діафрагм ($d \approx 0,7D$)	для гумових діафрагм ($d \approx D-2t-(2...4)$)
125	3 ... 4	88	115
160	3 ... 4	115	150
200	4 ... 5	140	186
250	5 ... 6	175	235
320	6 ... 8	225	300
400	8 ... 10	280	375

2. **Гідравлічний привід**, порівняно з пневмоприводом, має менші габаритні розміри за однакових зусиль затиску, що досягається завдяки використанню вищого, порівняно з повітрям, тиску рідини.

Гідропривід складається з силового гідравлічного циліндра (одно- чи двосторонньої дії), помпи, бака, трубопроводів, апаратури керування і регулювання. Формули для розрахунків гідроциліндрів наведено у табл. 3.7.

3. **Пневмогідравлічний привід** складається з силового гідравлічного циліндра і пневмогідравлічного підсилювача тиску прямого чи послідовного типу.

Принцип дії підсилювача прямої дії (рис. 3.9) ґрунтується на безпосередньому перетворенні стисненого повітря низького тиску Q_n у високий тиск рідини (оливи) Q_o .

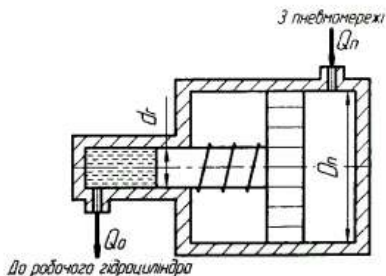
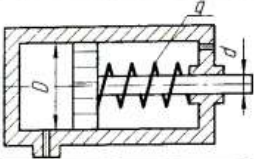
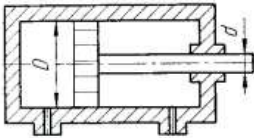


Рис. 3.9. Схема пневмогідропідсилювача прямої дії

Розрахункові формули для визначення вихідного зусилля Q ,
яке розвивається гідроциліндрами

Схема гідроциліндра	Розрахункова формула
Гідроциліндри односторонньої дії	
	Зусилля штовхання, Н $Q = \frac{\pi}{4} D^2 p \eta - q$ Діаметр циліндра (поршня), мм $D = 2 \sqrt{\frac{Q + q}{\pi p \eta}}$
Гідроциліндри двосторонньої дії	
	Зусилля штовхання, Н $Q = \frac{\pi}{4} D^2 p \eta$ Зусилля тяги, Н $Q = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) p \eta$ Діаметр циліндра (поршня), мм $D = 2 \sqrt{\frac{Q}{\pi p \eta} + d^2}$

Прийняті позначення: Q – вихідне зусилля, Н; d – діаметр штока, мм; p – тиск оливи у гідроциліндрі, МПа; η – коефіцієнт корисної дії ($\eta \approx 0,90$ – у разі ущільнення манжетами; $\eta \approx 0,97$ – у разі ущільнення кільцями); q – сила опору пружини у крайньому робочому положенні поршня, Н (у кваліфікаційній роботі допускається приймати: $q = (0,05 \dots 0,10) Q$).

Основною характеристикою пневмогідропідсилювача є значний коефіцієнт підсилення, який під час проектування приймають таким, що дорівнює 15–20:

$$i = \frac{D_n}{d_r}, \quad (3.10)$$

де D_n – діаметр поршня пневмоциліндра підсилювача; d_r – діаметр штока підсилювача (див. рис. 3.9).

Вихідне зусилля Q , яке розвивається на штоку робочого гідроциліндра пневмогідропідсилювача, визначається як:

- для циліндра односторонньої дії:

$$Q = \frac{\pi}{4} D^2 P_n i \eta_o \eta_M \eta_M' - q;$$

- зусилля штовхання для циліндра двосторонньої дії:

$$Q = \frac{\pi}{4} D^2 P_n i \eta_o \eta_M \eta_M';$$

- зусилля тяги для циліндра двосторонньої дії:

$$Q = \frac{\pi}{4} (D - d)^2 P_n i \eta_o \eta_M \eta_M'.$$

У вищенаведених формулах прийнято такі позначення: D – діаметр поршня робочого гідроциліндра, мм; d – діаметр штока робочого гідроциліндра, мм; P_n – тиск повітря у підсилювачі, МПа; $\eta_o \approx 0,95$ – об'ємний ККД приводу; $\eta_M \approx 0,95$ – механічний ККД підсилювача; $\eta_M' \approx 0,95$ – механічний ККД гідроциліндра; q – сила опору зворотної пружини гідроциліндра, Н.

Принцип дії підсилювачів послідовної дії ґрунтується на поєднанні та послідовному виконанні двох циклів. При першому циклі шток робочого гідроциліндра і всі затискні пристрої переміщуються під впливом низького тиску повітря P_n . Після підведення затискних пристроїв до заготовки підсилювач перемикається на другий цикл, за якого шток робочого гідроциліндра переміщується під дією високого тиску оливи P_o , створюваного підсилювачем. Розрахунок вихідного зусилля Q під час затиску виконується за тими самими формулами, що й для підсилювача прямої дії.

4. Магнітний та електромагнітний приводи використовуються сумісно з пристроєм, який виконують у вигляді плити чи планшайби з пласкою базовою поверхнею для закріплення сталевих і чавунних заготовок. До основних переваг пристроїв, оснащених таким приводом, належать рівномірний розподіл сили затиску по всій опорній поверхні заготовки (істотне зменшення похибки закріплення); висока жорсткість пристрою; відсутність контактних деформацій під час закріплення заготовки; вільний доступ до оброблюваних поверхонь заготовки під час оброблення; зручність і швидкість керування приводом.

Принцип роботи цих пристроїв ґрунтується на тому, що магнітний потік проходить через заготовку і створює силу, яка перешкоджає відриванню її від пристрою. В електромагнітних пристроях ця сила створюється електромагнітами, в магнітних – постійними магнітами. Питома сила втримування заготовки, яка розвивається приводами, досягає $p_M = 1,0$ МПа.

Вихідне зусилля Q , яке дорівнює розрахунковому зусиллю затиску P , обчислюють за формулою

$$Q = P = F_K p_M \lambda,$$

де F_c – корисна площа взаємного контакту заготовки з поверхнею пристрою, мм^2 ; p_w – питома сила, яка розвивається пристроєм (у розрахунках приймають $p_w = 0,35$ МПа); λ – коефіцієнт, який враховує втрати через нещільність прилягання заготовки до пристрою ($\lambda = 0,9$).

3.1.5. Спеціальні види розрахунків

Розрахунок елементів пристрою на міцність виконують для визначення конструктивних параметрів деталей пристрою, які працюють на зріз (осі, пальці, шпильки тощо).

Розрахунок проводять з умови:

$$\tau = \frac{P}{F} \leq [\tau], \quad (3.11)$$

де τ – напруження матеріалу на зріз, МПа; $[\tau]$ – допустиме напруження матеріалу на зріз, МПа (для якісних вуглецевих сталей $[\tau] = 800\text{--}1\,200$ МПа); P – сила, яка діє на деталь під час роботи пристрою, Н (визначається на основі розробленої схеми затиску заготовки; допускається вибрати такою, що дорівнює вихідному зусиллю Q силового приводу); F – площа поперечного перерізу деталі пристрою, яка перевіряється на міцність, мм^2 .

За мінімальною площею поперечного перерізу деталі

$$F \geq \frac{W}{[\tau]} \quad (3.12)$$

визначають геометричні параметри (діаметр чи висота і ширина) цієї деталі (з'єднання).

Розрахунок встановлювальних елементів пристрою (опор) на зношення (спрацювання) виконують для визначення похибки оброблення, пов'язаної з їх зношенням при заданій кількості встановлень N чи для визначення кількості комплектів опор для оброблення річної програми.

Інтенсивність зношення опор залежить від їх конструкції та геометричних розмірів, матеріалу і маси заготовки, стану її баз, а також умов встановлення заготовки на пристрій перед обробленням та її знімання після оброблення. Кількість встановлень заготовки, які викликають зношення опори на 1 мкм, називають її зносостійкістю C :

$$C = \frac{C_{теор}}{K}, \quad (3.13)$$

де $C_{теор}$ – теоретична зносостійкість опори, мкм; K – загальний поправковий коефіцієнт, який враховує умови різання.

Теоретичну зносостійкість $C_{теор}$ опори визначають як

$$C_{теор} = m - m_1 P_1 - m_2 P_2, \quad (3.14)$$

де P_1 , P_2 – критерії зносостійкості опори; m , m_1 , m_2 – поправкові коефіцієнти (див. табл. 3.8).

Таблиця 3.8

Значення поправкових коефіцієнтів m , m_1 , m_2 для розрахунку теоретичної зносостійкості опор $C_{теор}$

Вид опори (див. додаток 153)	m	m_1	m_2
Опори циліндричні постійні з головками:			
сферичними (ГОСТ 13441-68)	1 529	981	481
пласкими (ГОСТ 13440-68) та рифленими (ГОСТ 13442-68)	2 248	1 212	65 497
Пластини опорні (ГОСТ 4743-68)	6 832	4 287	293 750
Призми (при встановленні заготовок обробленими базами)	1 818	1 014	1 0309

Значення критерію зносостійкості опори P_1 з урахуванням матеріалу заготовки та опор наведено у табл. 3.9.

Таблиця 3.9

Значення критерію зносостійкості P_1

Матеріал заготовки	Матеріал опор				
	сталь 20 (цементована, гартована)	сталь 40X (гартована)	сталь У10А (гартована)	сталь 45 (хромована базова поверхня опори)	сплав ВК8
Чавун	1,0	0,94	0,80	0,44	0,09
Сталь:					
гартована	1,03	0,97	0,82	0,45	0,10
негартована	1,07	1,01	0,86	0,47	0,12

Критерій навантаження опор P_2 визначають із залежності

$$P_2 = \frac{Q}{F \cdot HV}, \quad (3.15)$$

де Q – сила, яка діє по нормалі на опору, з урахуванням зусилля різання, закріплення, маси заготовки тощо (див. п. 3.1.3); F – номінальна площа контакту опори і бази заготовки, мм^2 (табл. 3.10); HV – твердість опори (табл. 3.11).

Номінальна площа контакту опори і бази заготовки, F , мм²

Опори постійні циліндричні зі сферичною головкою (ГОСТ 13441-68)			Призми опорні				Пластини опорні (ГОСТ 4743-68)		
Номінальний діаметр опори D , мм	Матеріал заготовки		Діаметр заготовки, мм	Матеріал заготовки		Виконання 1	Виконання 2 (з пазами)	Розміри у плані	
	сталь	чавун		сталь	чавун				
6	1,76	1,31	10...15	7,9	4,0	640	480	16×60	
12	2,78	2,06	15...20	11,6	6,0	960	720	16×90	
16	3,36	2,50	20...25	15,0	7,1	1 066	800	20×80	
20	3,90	2,90	25...35	21,2	11,2	1 600	1 200	20×120	
25	4,52	3,35	35...45	28,5	14,8	1 660	1 250	25×100	
30	5,18	3,76	45...60	36,1	18,7	1 500	1 875	25×150	
40	5,27	4,56	60...80	48,5	25,2	2 400	1 800	30×120	
---	---	---	80...100	61,0	31,6	3 600	2 700	30×180	

Примітка 1. Для опор зі сферичною головкою (ГОСТ 13441-68) й опорних призм площу контакту приймати рівною $F = F_{\text{табл}} \sqrt{0,1Q}$, де $F_{\text{табл}}$ – площа, вказана у таблиці.

2. Величину площі контакту F для постійних опор з пласкою (ГОСТ 13440-68) та насіченою (рифленою) (ГОСТ 13442-68) головками визначати за фактичною площею робочої поверхні.

Таблиця 3.11

Твердість опор

Твердість опори		Сфера застосування
HRC ₂	HV	
46 ... 56	470 ... 615	При серійному виробництві деталей за 8 – 12 квалітетами точності
56 ... 61	615 ... 717	При обробленні деталей за 7 – 8 квалітетами точності і встановленні по необроблених базах
61 ... 66	717 ... 830	При масовому і серійному виробництві деталей за 6 – 7 квалітетами точності

За отриманими значеннями Π_1 , Π_2 , m , m_1 , m_2 та формулою (3.14) обчислюють значення теоретичної зносостійкості C . З цієї ж метою можна скористатися номограмою, наведеною на рис. 3.10.

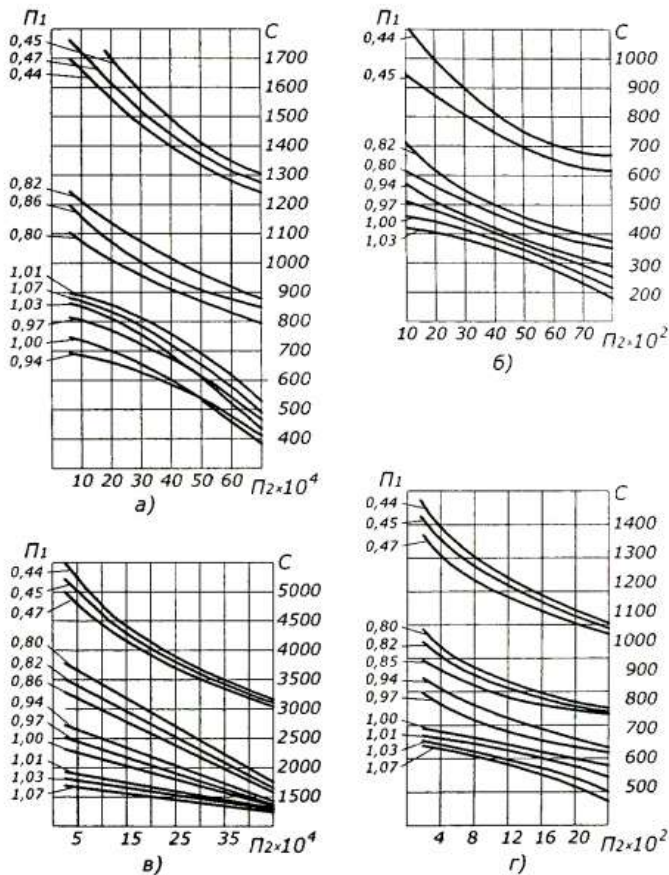


Рис. 3.10. Номограми для визначення теоретичної зносостійкості C : а) для опор з плоскою головкою; б) для опор зі сферичною головкою; в) для опорних пластин; г) для опорних призм

Загальний поправковий коефіцієнт K для визначення фактичної зносостійкості C (див. (3.13)) у загальному випадку визначають як

$$K = K_t \cdot K_L \cdot K_y, \quad (3.16)$$

де K_t – коефіцієнт, який враховує час нерухомого контакту заготовки з опорами ($K_t = 0,79 T_{осн}$, де $T_{осн}$ – основний (машинний) час оброблення (див. п. 2.10)); K_L – коефіцієнт, який враховує вплив довжини ковзання заготовки по опорах при її базуванні у пристрої (при $L \leq 25$ мм $K_L = 1,0$; при $25 < L \leq 100$ мм $K_L = 1,25$; при $L > 100$ мм $K_L = 1,51$); K_y – коефіцієнт, який враховує фактичні умови оброблення (див. табл. 3.12).

Таблиця 3.12

Значення поправкового коефіцієнта K_y

Матеріал заготовки	Методи оброблення	K_y
Чавун	Точіння, розточування, фрезерування, свердління без охолодження	1,12
	Шліфування без охолодження	1,58
Сталь HB 150 ... 220	Точіння, розточування, фрезерування, свердління з охолодженням	0,94
	Те ж, без охолодження	1,0
Сталь HRC3 46 ... 63	Шліфування з охолодженням	1,32

Загальний допуск T_{Σ} на висоту встановлювальних елементів пристрою:

$$T_{\Sigma} = T_{виг} + T_{зн}, \quad (3.17)$$

де $T_{виг}$ – допуск на виготовлення; $T_{зн}$ – граничний допуск на зношування.

Для встановлювальних елементів з пласкою поверхнею (опор з пласкою головкою, опорних пластин і призм) загальний допуск T_{Σ} приймають рівним відповідно до основного відхилення $h7$, а допуск на виготовлення $T_{виг}$ – до $h6$. Для елементів зі сферичною і рифленою (насіченою) поверхнями значення відхилень відповідно дорівнюють $h12$ і $h10$. Висоту, а також інші конструктивні параметри встановлювальних елементів наведено у додатку 153.

Числове значення допуску на зношування $T_{зн}$ знаходять з (3.17):

$$T_{зн} = T_{\Sigma} - T_{виг}.$$

Маючи значення фактичної зносостійкості опор C та граничного допуску $T_{зн}$ опори на зношування, визначають допустиму кількість встановлень заготовок на опори:

$$N_{дон} = C \cdot T_{ин} \quad (3.18)$$

та необхідну кількість n комплектів опор, яка необхідна для виготовлення річної програми випуску N :

$$n = \frac{N}{N_{дон}} \quad (3.19)$$

3.1.6. Розрахунки пристрою на точність

Верстатні пристрої належать до ланок технологічної системи ВПІД. В умовах оброблення на налагоджених верстатах точність оброблення заготовки залежить від точності виготовлення пристрою і похибок, які виникають під час функціонування технологічної системи.

У наявних літературних джерелах наведено декілька методик розрахунку точності виготовлення пристрою. Проте єдиної методики визначення усіх похибок, які виникають під час встановлення заготовки, виготовлення пристрою, налагодження інструментів на отримуваний розмір, і похибок, які виникають під час оброблення, не створено [9, 11].

У кваліфікаційній роботі рекомендується використовувати нижченаведену методику, яка дає змогу оцінити точність пристрою з використанням мінімальної кількості вихідних даних [8, 9].

Вважається, що задана точність оброблення забезпечується на налаштованому верстаті, якщо отримана максимальна похибка оброблення буде меншою за допуск на витримуваний розмір:

$$\varepsilon_{\Sigma} \leq TA, \quad (3.20)$$

де ε_{Σ} – максимальна результуюча похибка оброблення; TA – допуск на оброблюваний розмір або відхилення (від співвісності, паралельності тощо) розташування оброблюваної поверхні.

Результуюча похибка оброблення ε_{Σ} є наслідком сукупного впливу похибки встановлення заготовки у пристрої $\varepsilon_{вст}$ та похибки технологічної системи $\varepsilon_{ВПІД}$. Для нормального закону розподілу випадкових величин:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \sqrt{\varepsilon_{вст}^2 + \varepsilon_{ВПІД}^2}, \quad (3.21)$$

Похибку встановлення $\varepsilon_{вст}$ розраховують за залежністю

$$\varepsilon_{вст} = \sqrt{\varepsilon_{б}^2 + \varepsilon_{з}^2 + \varepsilon_{пр}^2}, \quad (3.22)$$

де $\varepsilon_{б}$ – похибка базування на операції механічного оброблення; $\varepsilon_{з}$ – похибка закріплення заготовки в пристрої; $\varepsilon_{пр}$ – похибка положення заготовки у пристрої, яка залежить від точності виготовлення та складання пристрою ($\varepsilon_{с,с}$), зношування його встановлювальних елементів ($\varepsilon_{з,н}$) та встановлення пристрою на верстаті ($\varepsilon_{пр}$).

Похибку базування ε_6 на операції приймають, відповідно до розрахунків, виконаних у п. 2.4.

Похибку закріплення ε_3 встановлюють із залежності:

$$\varepsilon_3 = (y_{max} - y_{min}) \cdot \cos \alpha, \quad (3.23)$$

де y_{min} , y_{max} – граничні значення контактних деформацій пари “заготовка – опора” під час закріплення; α – кут між напрямом отриманого розміру і напрямом прикладання сили затиску.

У загальному випадку контактні деформації пари “заготовка – опора” визначаються з залежності:

$$y = CP_{on}^n, \quad (3.24)$$

де P_{on} – складова фактичного зусилля затиску P , яке діє на одну опору (приймають за результатами виконаних розрахунків (див. п. 3.1.3)); c і n – відповідно коефіцієнт і показник степеня, які характеризують вид контакту, матеріал заготовки, шорсткість і структуру її поверхневого шару.

За даними виробничої практики граничні відхилення від номінального значення зусилля затиску P становить:

- ± 1 % при використанні затискних пристроїв, оснащених гідроприводом ($P_{min}=0,99P$; $P_{max}=1,01P$);
- ± 2 % при використанні затискних пристроїв, оснащених пневмоприводом ($P_{min}=0,98P$; $P_{max}=1,02P$);
- ± 7 % при використанні динамометричних ключів ($P_{min}=0,93P$; $P_{max}=1,07P$);
- ± 16 % при використанні звичайних ключів ($P_{min}=0,84P$; $P_{max}=1,16P$);
- ± 22 % при ручному закріпленні (без використання елементів механізації²⁸) ($P_{min}=0,78P$; $P_{max}=1,22P$).

Значення коефіцієнта C і показника степеня n (див. (3.24)) наведені у табл. 3.13 [59 (т. 1)].

За можливих граничних значень $Q_{min} \dots Q_{max}$ під час затиску партії заготовок контактні деформації набудуть своїх граничних значень:

$$y_{min} = CP_{on\ min}^n, \quad y_{max} = CP_{on\ max}^n, \quad (3.25)$$

де $P_{on\ min}$, $P_{on\ max}$ – граничні значення складових фактичних зусиль затиску P_{min} , P_{max} , які діють на одну опору.

У разі закріплення нежорстких деталей (тонкостінних кілець, довгих валів, корпусних деталей тощо) деформації можуть сягати значних величин, які знаходять за відомими методиками [9, 59 (т. 1) тощо].

²⁸ Наприклад, у разі закріплення за допомогою баранцевих гайок чи ексцентрикових затискачів.

Дані для розрахунку контактних деформацій стику
заготовка – встановлювальний елемент, мкм

Тип встановлювального елемента	Матеріал заготовки	K_{Rz}	K_{HB}	C_1	m	n
$C = \left(\frac{l}{9,8} \right)^n \left[(K_{Rz} R_z + K_{HB} HB) + C_1 \right] \frac{l}{(0,01 F)^m}$						
Опора з плоскою головкою (ГОСТ 13440-68)	сталь	0,004	-0,0016	0,40+0,012 F	0,7	0,7
Опора зі сферичною головкою (ГОСТ 13441-68)	сталь	0	-0,003	$0,67 + \frac{6,23}{r}$	0	0,8
	чавун	0	-0,008	$2,70 + \frac{9,23}{r}$	0	0,6
Опора з рифленою головкою (ГОСТ 13442-68)	сталь	0	-0,004	0,38+0,034 D	0	0,6
	чавун	0	-0,0008	1,76+0,030 D	0	0,6
Пластина опорна (ГОСТ 4743-68)	чавун	0,016	-0,0045	0,776+0,053 F	0,6	0,6
$C = \left(\frac{l}{19,6 l} \right)^n \left[\left(K_{Rz} R_z + \frac{K_{HB}}{HB} \right) + C_1 \right]$						
Призма з кутом $2\alpha=60^\circ$	---	0,005	15	$0,086 + \frac{8,40}{D_{заг}}$	---	0,7

Умовні позначення: HB – твердість матеріалу заготовки за Брінелем; F – площа контакту встановлювального елемента і заготовки, мм^2 ; l – довжина твірної, по якій проходить контакт, мм ; R_z – параметр шорсткості поверхні заготовки, мкм ; r – радіус опори зі сферичною головкою (ГОСТ 13441-68), мм ; D – діаметр опори з рифленою головкою (ГОСТ 13442-68), мм ; $D_{заг}$ – діаметр заготовки, мм .

Похибка положення заготовки у пристрої ε_{np} (позначення складових – див. (3.22)) визначиться як:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_{в.с}^2 + \varepsilon_{зн}^2 + \varepsilon_{в}^2}. \quad (3.26)$$

Технологічні можливості виготовлення (складання) пристроїв забезпечують похибку $\varepsilon_{в.с}$ у межах 10–15 мкм [59 (т. 1)].

Величину максимального зношування $\varepsilon_{зн}$ встановлювальних елементів приймають за результатами виконаних у п. 3.1.5 розрахунків.

Похибку встановлення пристрою на верстаті ε_v рекомендується приймати залежно від типу використовуваного верстата.

Для токарних і круглошліфувальних верстатів ε_s залежить від способу встановлення пристрою на планшайбі чи шпинделі верстата [38, 59 (т. 1)].

На свердильних і розточувальних верстатах похибка ε_s здебільшого відсутня, оскільки розташування різального інструмента визначається кондукторними втулками.

Для фрезерних верстатів похибка ε_s залежить від величини перекошування у разі встановлення пристрою на стіл верстата, яке виникає внаслідок зазору між шпонкою пристрою і шпонковим пазом столу верстата:

$$\varepsilon_s = S_{max} \frac{L_{обр}}{L_{пр}}, \quad (3.27)$$

де S_{max} – максимальний зазор між шпонкою пристрою і пазом столу верстата [6 (т. 3), 38, 59 (т. 1)]; $L_{обр}$ – довжина оброблюваної поверхні; $L_{пр}$ – віддаль між шпонками у пристрої.

Розрахована за залежністю (3.22) похибка встановлення $\varepsilon_{вст}$ не повинна перевищувати третини допуску TA на отримуваний розмір [9]:

$$\varepsilon_{вст} \leq \frac{1}{3} TA \quad (3.28)$$

У разі виконання умови (3.28) вважають, що точність розробленого пристрою є задовільною для виконання технологічної операції і розпочинають його конструювання.

Якщо умова (3.28) не виконується, необхідно здійснити одну з двох дій.

А. Оцінити реальну частку похибки встановлення $\varepsilon_{вст}$ у структурі максимальної результуючої похибки оброблення ε_{Σ} , визначаючи похибку технологічної системи $\varepsilon_{ВПД}$.

Б. Розробити комплекс заходів щодо зменшення складових похибки встановлення $\varepsilon_{вст}$.

Похибку технологічної системи $\varepsilon_{ВПД}$ (варіант А) рекомендовано розраховувати за залежностями [59 (т. 1)]:

- для площинних поверхонь:

$$\varepsilon_{ВПД} = \frac{1}{K} \sqrt{(k_1 \varepsilon_{обр})^2 + (k_2 \varepsilon_{ш})^2 + (k_3 \varepsilon_{инст})^2 + (k_4 \varepsilon_{верст})^2 + (k_5 \varepsilon_1)^2}; \quad (3.29)$$

- для циліндричних поверхонь:

$$\varepsilon_{ВПД} = \frac{2}{K} \sqrt{(k_1 \varepsilon_{обр})^2 + (k_2 \varepsilon_{ш})^2 + (k_3 \varepsilon_{инст})^2 + (k_4 \varepsilon_{верст})^2 + (k_5 \varepsilon_1)^2}, \quad (3.30)$$

де K – коефіцієнт відносного розсіювання вихідного параметра (коефіцієнт ризику); за заданої гарантованої надійності пристрою $K = 0,683$; $k_1 \dots k_5$ – коефіцієнти, які враховують відповідні закони розподілу похибок ($k_1 = k_2 = 1,0$; $k_3 = k_4 = k_5 = 1,73$); $\varepsilon_{обр}$ – похибка оброблення заготовки, яка виникає внаслідок зміщення елементів технологічної системи під дією сил різання; ε_n – похибка налагодження технологічної системи; $\varepsilon_{інст}$ – похибка, яка виникає внаслідок зношення різального інструмента; $\varepsilon_{верст}$ – похибка верстата, яка виникає внаслідок його зношення за період експлуатації; ε_T – температурна похибка.

Використовуючи отримане значення похибки технологічної системи $\varepsilon_{ВПД}$, а також значення похибки встановлення $\varepsilon_{вст}$ (3.22), перераховують максимальну результуючу похибку оброблення ε_{Σ} (див. (3.21)) та перевіряють умову (3.20). Якщо умова (3.20) і надалі не виконується, необхідно передбачити шляхи зменшення значень складових похибок $\varepsilon_{ВПД}$ технологічними методами (підвищення стійкості різального інструмента, використання МОР тощо).

До заходів зі зменшення величини похибки встановлення $\varepsilon_{вст}$ (варіант Б) належать:

- добір інших конструкцій опорних елементів (для можливого збільшення площі контакту з поверхнею заготовки) або підвищення точності їх виготовлення;
- підвищення зносостійкості встановлювальних елементів та обмеження величини їх допустимого зношування;
- остаточне оброблення робочих поверхонь у зібраному, встановленому і закріпленому на верстаті пристрої;
- забезпечення у конструкції пристрою можливості регулювання положення окремих встановлювальних елементів.

3.1.7. Проектування переналагоджуваних пристроїв для групового оброблення.

Розширення асортименту оброблюваних заготовок у серійному і масовому виробництві часто вимагає створення спеціального технологічного оснащення, яке забезпечує оброблення заготовок різних конструкцій та розмірів на одному верстаті чи навіть в межах однієї операції. Таке оснащення найчастіше застосовують для спорядження виробничих ліній змінно-потокowego виробництва. Здебільшого для цього використовують УНП і спеціальні швидкопереналагоджувані пристрої для послідовного оброблення різних заготовок, які утворюють окрему групу і є спорідненими за своїми розмірами та будовою, а також за способами встановлення і закріплення.

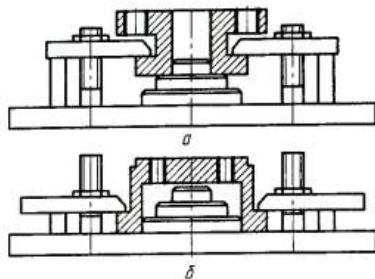


Рис. 3.11. Пристрій для групового оброблення заготовок:
а – фланців, б – барабанів

На рис. 3.11 наведено схему переналагоджуваного пристрою, який призначено для оброблення однойменних поверхонь окремих деталей однієї групи. Пристрій характеризується мінімальною працездатністю щодо його переналагоджування на оброблення різних заготовок групи. Таку можливість забезпечує спеціальна конструкція його встановлювальних і закріплювальних елементів.

Доволі поширеними є комбіновані пристрої для одночасного групового оброблення заготовок різних типорозмірів. Схему такого пристрою для фрезерування плоских поверхонь різних за формою та розмірами заготовок на карусельно-фрезерному верстаті показано на рис. 3.12. На обертовому столі-каруселі встановлені пристрої 1 – 3, у яких закріплено різні заготовки. Завантаження та розвантаження верстата здійснюють на початковій позиції під час безперервного оброблення заготовок на інших позиціях.

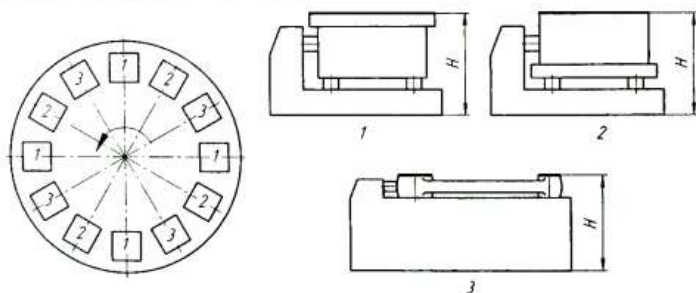


Рис. 3.12. Пристрій для одночасного групового оброблення на карусельно-фрезерному верстаті

Створення переналагоджуваного технологічного оснащення ґрунтується на класифікації деталей за видами оброблення, габаритними розмірами, однотипності схем базування та закріплення.

Оброблення заготовок різної конфігурації за допомогою одного пристрою забезпечується наявністю змінних і регульованих елементів (див. рис. 3.11). Необхідної продуктивності і точності оброблення досягають завдяки швидкому і стабільному встановленню будь-якої деталі групи в пристрої, а також наявності швидкодіючого ручного, механізованого чи автоматизованого затиску.

Розробляючи групові пристрої, враховують виробничі можливості проєктованого цеху, характеристику наявного устаткування, схему групового технологічного процесу, конструктивні і технологічні особливості окремих деталей, які входять у групу, і розмір партії.

Методика проєктування пристроїв для групового оброблення загалом не відрізняється від методики проєктування спеціальних пристроїв: аналіз вихідних даних, розроблення компоувальної схеми пристрою, розрахунки точності встановлення і зусиль затиску, визначення економічної доцільності вибраного варіанта конструкції, власне конструювання. У процесі конструювання пристроїв для групових технологічних процесів доводиться вирішувати задачу встановлення і закріплення не однієї деталі, а групи. Тому одночасно з розробленням постійної (базової) частини групового пристрою проєктують необхідні змінні вузли та деталі та проводять додаткову класифікацію деталей групи за характером їх базування на кожній операції. На цьому етапі класифікації об'єктом групування стають вже не деталі, а т.зв. деталеоперації, основними ознаками яких є: комплекс оброблюваних поверхонь, верстат, пристрій, інструмент. Якщо оброблювані поверхні за своєю формою, точністю і шорсткістю є однаковими, то і методи їх отримання будуть незмінними.

Використання такої ознаки як "характер базування" зумовлено тим, що всі деталі, незалежно від їх конструктивного типу, мають певну спільність у характері їх базування в пристроях. Характерною особливістю групових пристроїв є те, що елементи базування і закріплення переважно проєктують окремо на кожну деталеоперацію, тобто вони є змінними при обробленні кожної нової деталі групи. Основою групового пристрою є його базова частина, яка забезпечує закріплення змінного елемента. Вона є загальною для всієї групи деталеоперацій, яка планується для оброблення за допомогою групового пристрою, а кількість змінних елементів залежить від кількості деталеоперацій.

3.2. Складальні пристрої

Складальні пристрої призначені для здійснення певних дій під час технологічних операцій складання. Використання спеціальних пристроїв забезпечує продуктивність, зручність, точність, швидкість встановлення та закріплення з'єднаних елементів виробу. Складальні пристрої повинні забезпечувати потрібну стійкість базових деталей чи вузлів, а також давати змогу швидко та точно встановлювати й з'єднувати окремі елементи виробу

між собою. Ці пристрої значно полегшують працю складальників, звільняють їх від працесмних регулювально-налагоджувальних робіт і дають змогу підвищувати якість складання виробів.

Залежно від рівня механізації чи автоматизації складальні пристрої можуть бути ручними, механізованими, автоматизованими та автоматичними. Для полегшення праці та підвищення її продуктивності у них використовують приводи (рушії) різного типу (ручні, механічні, пневматичні, гідравлічні, електричні, комбіновані тощо).

За конструктивними особливостями, які визначають рівень їх спеціалізації, складальні пристрої поділяються на універсальні та спеціальні.

Універсальні складальні пристрої застосовують в одиничному та дрібносерійному виробництві та призначені для тимчасового утримання, вивірення, закріплення з'єднуваних деталей і вузлів, здійснення певних видів допоміжних робіт (запресовування, розпресовування, правлення тощо). До конструкції універсальних складальних пристроїв входять здебільшого куповані елементи, які відповідають вимогам нормалей і стандартів (складальні плити, балки, призми, кутники, струбцини, домкрати, підкладки, клини, прихвати, лешата тощо).

Спеціальні складальні пристрої застосовуються в серійному та масовому виробництві та призначені для виконання дій, пов'язаних з безпосереднім складанням деталей. Спеціальні пристрої поділяють на:

- утримувальні (утримувачі);
- встановлювальні;
- кріпильні;
- транспортувальні;
- контрольні.

Утримувальні пристрої (поворотні одно- або багатомісні, стаціонарні або пересувні тощо) призначені для встановлення (закріплення) в певному положенні базових деталей (вузлів) складуваного виробу. Пристрої забезпечують нерухомість окремих елементів виробу під час складання, звільняють робітника-складальника від утримування об'єкта складання.

Встановлювальні пристрої призначені для забезпечення точного та швидкого взаємного суміщення деталей, що утворюють з'єднання. Пристрої звільняють робітника-складальника від вивірення взаємного розташування з'єднуваних деталей завдяки їх механічному досиланню до дотику з опорами та спрямовувальними елементами складального пристрою. Залежно від виконуваних функцій встановлювальні пристрої поділяють на пристрої для орієнтування, напрямлення, монтування, запресовування, розвальцьовування, зварювання, паяння, згвинчування, закріплення, заклепування, склеювання, випробування тощо.

Кріпильні пристрої слугують для складання деталей та вузлів за допомогою спеціальних механізмів (байонетних, пружинних, клинових, кулачкових тощо) У цих пристроях часто використовують спеціальні механізми для попереднього спрямування чи деформування пружних елементів (пружин, ресор, розрізних кілець тощо, а також підсилювальних механізмів для запресовування деталей.

Транспортувальні пристрої призначені для переміщення заготовок, деталей, вузлів, агрегатів тощо від місць зберігання (складування) до робочих місць і між робочими місцями.

Контрольні пристрої використовують для контролю параметрів якості складених (готових) виробів, зокрема, пристрої для перевірки придатності виробів до виконання відповідних функцій при допустимих навантаженнях (тиску, швидкості переміщення, температури, вологості тощо).

За можливістю пересування складальні пристрої поділяють на стаціонарні (встановлюються та закріплюються на робочих місцях) і пересувні (можуть переміщуватися з одного робочого місця на інше) – ручні чи машинні залежно від маси та габаритів, які можуть переміщуватися відповідно робітниками чи механізованими (автоматизованими) транспортними засобами (візками, конвеєрами тощо).

За кількістю одночасно виготовлюваних виробів складальні пристрої можуть бути одно- та багатомісними.

Складальні пристрої мають корпус, на якому змонтовано та закріплено всі механізми та встановлювальні елементи, що забезпечують задане положення складуваних деталей і вузлів. Як встановлювальні елементи застосовують здебільшого стандартні пластини, штирі, пальці, призми, залежно від форми та розмірів базових поверхонь деталей. Іноді встановлювальні елементи можуть бути облицьовані гумою, полімерними матеріалами, твердість яких менша, ніж твердість матеріалів складених деталей.

Для забезпечення стійкого положення деталей і вузлів під дією сил, необхідних для їх складання, використовують закріплювальні механізми. Зусилля, які створюють ці механізми, повинні бути достатніми для надійного утримування деталей під час складання. Водночас створювані сили не повинні спричинювати їх деформування, погіршувати якість поверхонь тощо. Закріплювальні механізми, які застосовуються у складальних пристроях аналогічні закріплювальним механізмам верстатних пристроїв. Необхідні зусилля створюються пневматичними, гідравлічними, електромагнітними, вакуумними силовими рушіями.

Висока точність центрування з'єднаних деталей забезпечується базуванням на поверхнях, що мають малу площу (виступи, буртики, паз, фаски, центрові отвори тощо).

Складальні пристрої, які призначені для з'єднання деталей нагрі-
ванням, виконують стійкими до заданої температури. Для забезпечення цієї
вимоги контактні частини виготовляють з термостійких матеріалів і
застосовують теплоізоляційний захист чутливих до температури механізмів та
елементів або використовують системи охолодження його основних деталей.

Під час конструювання складальних пристроїв значну увагу приділяють
захисту від можливих забруднень і можливості легкого очищення.

**Загальний порядок розроблення компоувальної схеми складальних
пристроїв.**

1. Аналіз вихідних даних, до яких належать: креслення виробу та його
складових елементів; технічні вимоги до виробу загалом; технологічний процес
складання (послідовність виконання операцій складання, структура операцій
складання, прийняте базування, устаткування, інструменти, режими роботи,
задана продуктивність, відведений час на встановлення, закріплення та зняття
зібраного виробу).

2. Розроблення (уточнення) схеми встановлення базової деталі та
прислужуваних до неї решти деталей.

3. Встановлення типу, розмірів, кількості та взаємного розташування
встановлювальних елементів складального пристрою. Необхідна точність
взаємного розташування під час складання з'єднуваних елементів з ураху-
ванням їх базування дає змогу призначити допуски на розміри встановлю-
вальних та спрямовувальних деталей складального пристрою після аналізу
(розв'язування) розмірних ланцюгів, властивих цій технологічній системі.

4. Вибір місця та величини зусилля затиску базових елементів,
необхідного для реалізації операції складання.

5. Вибір конструкції затискача з урахуванням продуктивності складання,
габаритів, конфігурації та точності виробу.

6. Встановлення допоміжних засобів для спрямування складуваних
деталей.

3.3. Контрольно-вимірювальні пристрої

Контрольно-вимірювальні пристрої використовують під час виконання
міжопераційного та кінцевого контролю для встановлення фактичної точності
розмірів, відхилень розташування та форми поверхонь деталей (площинності,
круглості, циліндричності, паралельності, перпендикулярності, співвісності,
торцевого і радіального бігтя тощо).

Контролюють і вимірюють зазначені параметри виробів на основних
етапах їх виготовлення (див. п. 2.9). Використання при цьому спеціальних
контрольно-вимірювальних пристроїв істотно підвищує продуктивність праці
та якість виробів, покращує умови праці, знижує вартість виробів тощо.

Основні схеми та конструкції елементів контрольно-вимірювальних пристроїв добирають залежно від форми та розмірів базових поверхонь контрольованих виробів, заданої точності їх окремих конструктивних параметрів та їх кількості, обсягів виробництва тощо.

За виконуваними функціями та видом отримуваної інформації пристрої поділяють на контрольні та вимірювальні. Контрольні пристрої за допомогою дискретних сигналів (світлових, звукових) видають інформацію про придатність чи непридатність контрольованих виробів або про величину відхилення контрольованих параметрів від заданих значень. Крім того, контрольні пристрої можуть вказувати, за яким саме параметром виріб непридатний та чи підлягає він виправленню. Вимірювальні пристрої призначені для отримання інформації про фактичні значення параметрів виробів у заданих одиницях вимірювання (міліметри, градуси тощо).

За рівнем автоматизації праці контрольно-вимірювальні пристрої поділяють на ручні, автоматизовані та автоматичні, а залежно від габаритів та мас контрольованих виробів – на стаціонарні і переносні. Стаціонарні пристрої встановлюються на оброблювальному верстаті або виконуються як окремі агрегати чи прилади, і тому практично можуть належати до основного (для контрольних операцій) чи допоміжного устаткування.

За кількістю контрольованих і вимірюваних параметрів пристрої бувають одно- та багатомірними, які дають змогу за кожне встановлення виробу одночасно перевіряти декілька його параметрів.

Розробляючи контрольно-вимірювальні пристрої, необхідно враховувати організаційно-технічну форму виготовлення виробу, вибрані методи і засоби контролю, час виконання контрольної операції (час контролю повинен бути меншим за такт випуску деталі).

Спеціальний контрольно-вимірювальний пристрій повинен забезпечувати низку вимог, зокрема:

- конструкція пристрою і прийняті методи контролю повинні відповідати технічним вимогам на виріб, наведеним у його кресленні;
- містити якомога більшу кількість нормалізованих деталей та вузлів;
- забезпечувати оптимальну точність вимірювання;
- забезпечувати необхідну продуктивність з узгодженням обсягу виробництва та характеру контрольної операції (вибірковий чи суцільний контроль);
- бути зручним у використанні та здійсненні налагоджування, монтажу та ремонту.

Основні етапи проектування спеціального контрольно-вимірювального пристрою аналогічні етапам проектування верстатного пристрою. Однак внаслідок підвищених вимог до оцінювання точності вимірювань контрольно-

ваних параметрів деталі, використання в контрольних пристроях чутливих вимірювальних елементів і передавальних механізмів, під час проектування необхідно звернути увагу на [68]:

- раціональний вибір вимірювальних баз і затискачів;
- умови контролю деталей (вибірковий чи суцільний контроль, температурний режим контролю тощо);
- фактичну похибку вимірювання при вибраній схемі контролю;
- потрібну продуктивність та економічну або іншу доцільність застосування контрольного пристрою.

3.2.1. Основні складові елементи контрольньо-вимірювальних пристроїв

Розташування базувальних та затискних елементів у конструкції пристрою значною мірою визначає правильність вибору конструкції пристрою та точність вимірювання.

Вимірювальною базою під час операції технічного контролю є поверхня контрольованої деталі, якою її встановлюють у пристрій.

Базують контрольовані вироби за допомогою відповідних встановлювальних елементів – опор зі сферичними та плоскими робочими поверхнями, опорними пластинами, а також спеціальних елементів залежно від форми та розмірів контрольованих виробів. Для встановлення виробів з циліндричними базовими поверхнями як встановлювальні елементи переважно використовують призми. Тіла обертання встановлюють також за допомогою центрових отворів або з використанням циліндричних оправок чи пальців. Для центрування виробів за допомогою внутрішніх циліндричних базових поверхонь застосовують спеціальні розтискувальні втулки з рідкою пластмасою, гофровані втулки, мембранні механізми тощо.

Затиск деталі у контрольному пристрої в загальному випадку є обов'язковим. Його необхідність визначається надійністю прийнятої вимірювальної бази. У разі надійного базування деталі у пристрої, коли її центр маси розташовано всередині опорного трикутника встановлювальних поверхонь пристрою, а зусилля під час вимірювання не порушує цього стійкого положення, потреби використовувати спеціальні затискачі немає. Варто пам'ятати, що робота затискачів контрольньо-вимірювальних пристроїв принципово відрізняється від умов роботи затискачів верстатних пристроїв, які повинні забезпечувати протидію значним зусиллям різання. Зусилля затиску контрольньо-вимірювальних пристроїв повинно бути якомога меншим і в жодному разі не створювати деформацій деталі, які б призводили до похибок вимірювання. Тому затискачі виготовляють переважно легкими, простими за конструкцією. Вони можуть мати важільні, пружинні, гвинтові, ексцентрикові,

клинові механізми з пневматичними, електричними, магнітними рушіями. Керування їх роботою може бути як ручним, так і автоматизованим.

Конструкції різноманітних базувальних і затискних елементів детально розглянуто у спеціальній літературі [9, 55, 61 тощо].

До найвідповідальніших елементів контрольно-вимірювальних пристроїв, які обмежують точність їх роботи, належать застосовувані в них **вимірювальні елементи**. Вони поділяються на дві основні групи: граничні і відлікові. Граничні вимірювачі (різноманітні калібри, електро-контактні давачі тощо) виявляють наявність відхилення за межі встановленого кресленням допуску, не визначаючи фактичної їх величини. Їх застосовують під час контролю заготовок та 100 % контролю розмірів деталей.

У пристроях для контролю відхилення розташування поверхонь, як правило використовуються відлікові вимірювачі, які дають змогу визначати фактичну величину відхилення. До них належать індикатори годинникового типу, мінометри, ортотести, індукційні давачі тощо. Вони мають різні межі та точність вимірювання і їх серійно випускають на вітчизняних та зарубіжних підприємствах. Основні метрологічні характеристики окремих вимірювальних елементів наведено у додатках 145–150.

Широке застосування у контрольних пристроях отримали різноманітні **передавальні елементи**, які передають відхилення розмірів від поверхні деталі до вимірювачів введенням проміжних рухомих елементів. Передавальні елементи дозволяють розташовувати вимірювальний наконечник під будь-яким кутом до контрольованої поверхні та вимірювати з вибраним передавальним відношенням, а також захищають точні і порівняно дорогі наконечники вимірювальних пристроїв від безпосереднього контакту з поверхнею деталі.

3.2.2. Розрахунок точності контрольно-вимірювальних пристроїв

Порядок розрахунку точності контрольно-вимірювальних пристроїв аналогічний методиці розрахунку точності пристроїв для механічного оброблення. Різниця полягає у тому, що для контрольно-вимірювальних пристроїв замість допустимої похибки оброблення чи технологічного допуску приймають допустиму похибку контролю (вимірювання) параметрів виробу.

Методи та засоби контролю вибирають з врахуванням технічних вимог на оброблення деталі та допустимої похибки вимірювання $[\varepsilon_{\text{вим}}]$.

Допустима похибка вимірювання $[\varepsilon_{\text{вим}}]$ лінійних розмірів визначається залежно від допуску розміру TA відповідно до ГОСТ 8.051-81 і становить [59 (т. 1)]:

$$[\varepsilon_{\text{вим}}] = (0,2 - 0,35) \cdot TA. \quad (3.31)$$

Точність спроектованого контрольного пристрою, яка дорівнює сумі складових похибок вимірювання, оцінюється відповідно до умови:

$$\epsilon_{\text{вим}} \leq [\epsilon_{\text{вим}}], \quad (3.32)$$

де $\epsilon_{\text{вим}}$ - похибка вимірювання.

Складові похибки вимірювання $\epsilon_{\text{вим}}$ оцінюють на початковому етапі розроблення принципової схеми контрольного пристрою за таким виразом:

$$\epsilon_{\text{вим}} = \epsilon_{\text{вст}} + \epsilon_{\text{пр}} + \epsilon_{\text{етал}} + \epsilon_{\text{вим.ел}} + \epsilon_{\text{темп}}, \quad (3.33)$$

де $\epsilon_{\text{вст}}$ - похибка встановлення деталі в пристрої; $\epsilon_{\text{пр}}$ - похибка передавальних елементів пристрою; $\epsilon_{\text{етал}}$ - похибка деталі-еталона для налагодження вимірювального елемента пристрою; $\epsilon_{\text{вим.ел}}$ - похибка вимірювального елемента; $\epsilon_{\text{темп}}$ - температурна похибка.

Похибка встановлення $\epsilon_{\text{вст}}$ залежить від похибки базування $\epsilon_{\text{б}}$, похибки закріплення $\epsilon_{\text{з}}$ та похибки контрольного пристрою $\epsilon_{\text{пр}}$ (див. 3.22).

У контрольному пристрої деталь розташовується встановлювальними базами за які використовують сукупності поверхонь, наприклад, зовнішня циліндрична поверхня - площина, отвір - площина тощо. На кресленні деталі розмір, який контролюється, здебільшого проставлений між двома поверхнями (за винятком діаметральних розмірів). Отже, кожна із згаданих поверхонь деталі може бути або встановлювальною базою (на яку встановлюється деталь) або контрольною (дійсне положення якої визначається вимірюванням).

Вибираючи встановлювальну базу деталі, потрібно забезпечити доступність до контрольованої поверхні вимірного наконечника та стійкість деталі на встановлювальних опорах пристрою. Необхідно зауважити, що в цьому випадку встановлювальна та вимірна бази збігаються, тому похибка базування $\epsilon_{\text{б}} = 0$. Якщо за вимірювальну базу вибирається поверхня деталі, що не пов'язана з контрольованим розміром, то виникає похибка базування $\epsilon_{\text{б}}$, яка визначається за розглянутою у п. 2.4 методикою.

Якщо здійснюється контроль невідповідального розміру деталі, то допустимим є використання таких схем базування, у яких встановлювальна та вимірювальна бази не суміщені за умови, що це спрощує та здешевлює контроль із застосуванням контрольного пристрою.

Похибка закріплення деталі $\epsilon_{\text{з}}$ у контрольному пристрої є систематичною похибкою і компенсується налагодженням вимірювального приладу, якщо сила затиску деталі є постійною і забезпечує незмінність величини її деформації. Якщо ж (внаслідок зміни величини зусилля закріплення) похибка $\epsilon_{\text{з}}$ змінюється в межах своїх граничних значень, різницю

між якими не можна врахувати налагодженням вимірного приладу, то похибку закріплення необхідно розраховувати за методикою, наведеною у п. 3.1.6.

Похибка передавальних елементів пристрою $\varepsilon_{пр}$ визначається величинами зазорів, можливих перекосів тощо в рухомих з'єднаннях передавальних механізмів. До того ж ця похибка здебільшого враховує частину зношування встановлювальних елементів, яка виникає між періодичними налагоджуваннями пристрою. Значення похибки під час виконання кваліфікаційної роботи допускається не враховувати у загальній структурі похибки вимірювання, оскільки контроль-вимірювальний пристрій у виробничих умовах підлягає налагодженню хоча б двічі за зміну.

Похибка деталі-еталону ε_{etal} приймається такою, що дорівнює допуску на налагоджувальний розмір між встановлювальною базою та поверхнею, за якою здійснюється налагодження вимірного приладу по деталі-еталону. Оскільки контроль відхилень форми поверхонь виконується за різницею показів вимірного приладу, вказаною похибкою можна знехтувати.

Значення **похибки вимірювального елемента** $\varepsilon_{вим.ел}$ наведено у додатках 145–150.

Температурна похибка $\varepsilon_{темн}$ виникає внаслідок відмінності температур деталі та вимірного приладу або (чи) відмінності згаданих температур від нормальної (20°C). Виконуючи кваліфікаційну роботу, допустимо прийняти $\varepsilon_{темн} = 0$.

3.4. Спеціальні різальні інструменти

Спеціальні металорізальні інструменти широко використовують для одночасного оброблення суміжних поверхонь заготовки. Основними типами спеціальних інструментів є: комбіновані інструменти (переважно для оброблення ступінчастих отворів), інструменти для оброблення фасонних поверхонь і набори інструментів.

Комбіновані металорізальні інструменти використовують, як правило, в умовах великосерійного та масового виробництва для суттєвого скорочення основного (машинного) та допоміжного часу, підвищення продуктивності та точності оброблення. Так, наприклад, застосування комбінованих інструментів для оброблення ступінчастих отворів зменшує відхилення від співвісності ступенів і підвищує точність розмірів між торцевими поверхнями деталі.

Для оброблення циліндричних отворів застосовують інструменти, які поєднують в собі інструменти різних типів. Деякі види комбінованих інструментів для оброблення отворів наведено на рис. 3.13. Такі інструменти широко використовують на свердлильних верстатах, револьверних і токарних автоматах, автоматичних лініях, обробних центрах.

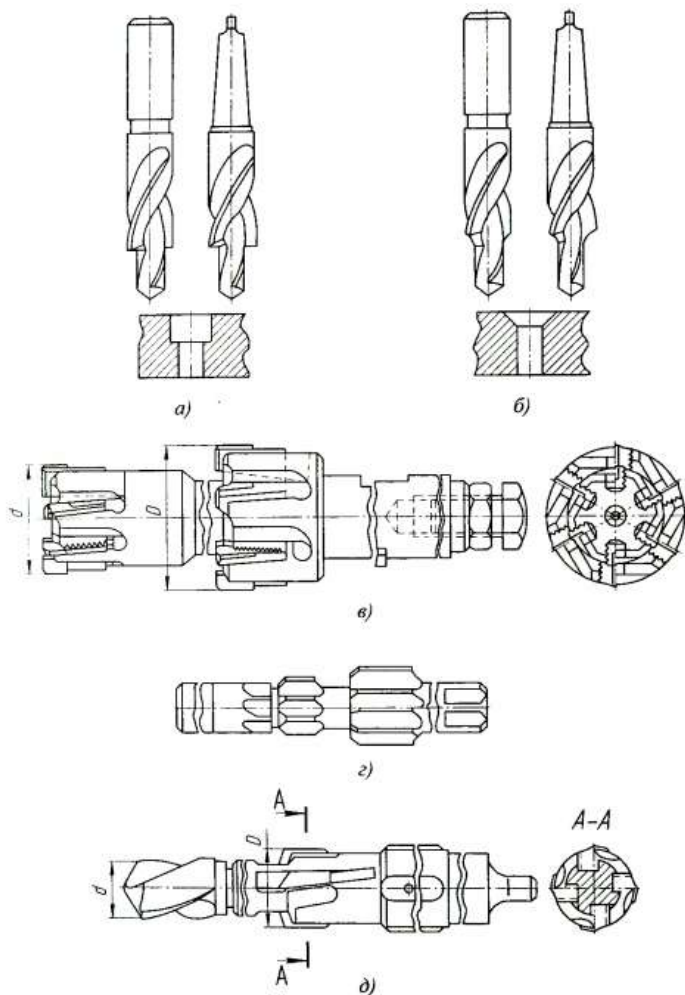


Рис. 3.13. Комбіновані інструменти для оброблення отворів:
 а) – свердло-цеківка, б) – свердло-зенківка; в) – комбінований насадний зенкер;
 г) – комбінована розвертка; д) – свердло-зенкер

До інструментів для оброблення фасонних поверхонь відносять фасонні різці і фрези. Фасонні різці (рис. 3.14) застосовують для оброблення деталей із різною формою твірної. Порівняно зі звичайними різцями, вони забезпечують ідентичність форми і точність розмірів обробленої деталі. Фасонні різці забезпечують високу продуктивність завдяки одночасному обробленню всіх ділянок профілю деталі. Фасонні різці використовують на токарних і револьверних верстатах, напівавтоматах і автоматах в умовах великосерійного та масового виробництва.

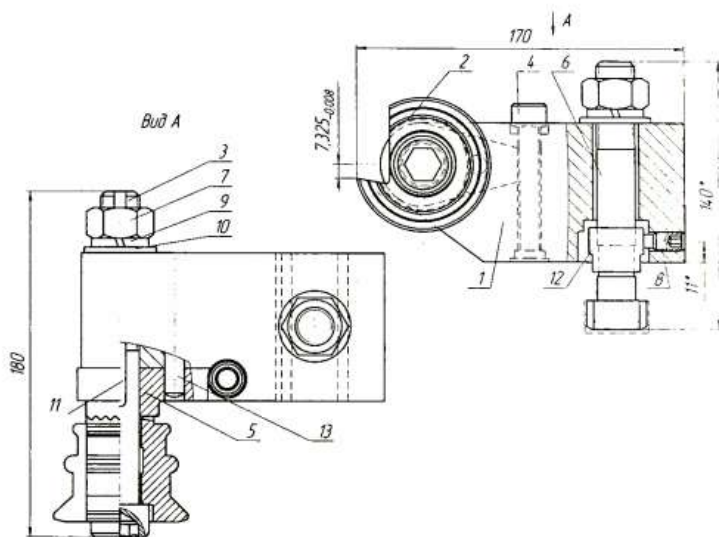


Рис. 3.14. Державка з дисковим фасонним різцем радіальної подачі:
 1 – корпус оправки, 2 – різець фасонний, 3 – вісь, 4 – шнек, 5 – муфта-важіль,
 6 – болт, 7 – гайка, 8 – гвинт, 9 – шайба, 10 – шайба, 11 – шпонка,
 12 – шпонка, 13 – штифт

Фасонні затіловані та гострокінцеві фрези мають фасонну твірну поверхню, на якій розташовані зубці. Фасонні фрези широко використовують на універсальних (в умовах дрібносерійного і серійного виробництва) та спеціальних (в умовах великосерійного та масового виробництва) фрезерних верстатах.

Набори інструментів, як правило, використовують для оброблення декількох поверхонь із прямолінійними або криволінійними твірними. До них відносять набори фрез, комплекти зовнішніх протяжок тощо. Набори інструментів забезпечують суттєве підвищення точності і продуктивності за рахунок одночасного оброблення кількох поверхонь.

На рис. 3.15 показано процес оброблення фасонної поверхні набором фрез, підібраних за профілем і розмірами оброблюваних поверхонь деталей і закріплених на одній оправці.

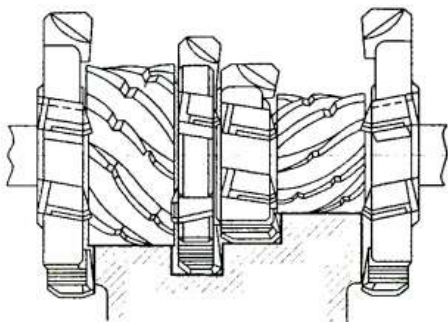


Рис. 3.15. Набір фрез для оброблення фасонної поверхні

Набори фрез застосовують на вертикально-фрезерних, поздовжньо-фрезерних верстатах і автоматичних лініях; найпродуктивнішим їх використання є на горизонтально-фрезерних верстатах.

Розрахунки спеціальних металорізальних інструментів залежать від їх виду. Загалом вихідними даними для проектування є параметри оброблюваної деталі (матеріал і його твердість, форма та розміри оброблюваних поверхонь, вимоги щодо точності та шорсткості оброблюваних поверхонь, величини припусків та загальні розміри поверхонь до оброблення), методи оброблення, обсяг виробництва, продуктивність, режими різання. Загальний порядок проектування спеціального інструменту зводиться до:

- 1) вибору матеріалу різальної частини, типу конструкції (суцільна чи збірна) й основних параметрів конструктивних елементів;
- 2) складання загальної схеми розрахунку;
- 3) проведення розрахунків точності, жорсткості, міцності, геометричних параметрів тощо основних розмірів різальної частини, профілю різальних кромок, виконавчих розмірів;

- 4) визначення другорядних конструктивних параметрів;
- 5) розрахунку економічної ефективності;
- 6) призначення технічних вимог на спроектований інструмент;
- 7) оформлення робочого креслення відповідно до вимог ЄСКД;
- 8) перевірки забезпечення вимог щодо точності оброблення, продуктивності, економічності тощо.

Нижче на прикладі показано порядок виконання окремих етапів вищенаведеної методики.

Приклад. Спроекувати спеціальний інструмент для оброблення глибокого комбінованого отвору на вертикально-свердильній операції. Ескіз оброблюваної поверхні наведено на рис. 3.16.

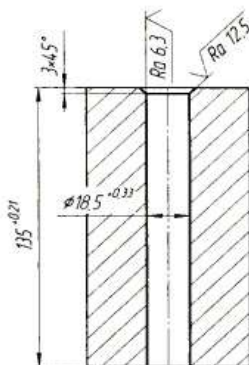


Рис. 3.16. Вихідні дані для проектування комбінованого інструмента.
Матеріал заготовки – СЧ 20 ГОСТ 1412-80

Як інструмент для оброблення заданого отвору виберасмо комбіноване суцільне свердло-зенківку.

1. Добір типу, конструктивних та геометричних параметрів свердла.

З огляду на значну довжину оброблення ($\ell = 135$ мм) приймаємо для подальших розрахунків шнековий тип свердла. Відповідно до рекомендацій, наведених у [33], інструментальним матеріалом вибираємо швидкорізальну сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73. Діаметр свердла приймаємо $d_{\text{св}} = 18,5^{+0,05}_{-0,1}$ мм. Діаметр

серцевини: $d_{\text{серц}} = (0,3 \dots 0,35) \cdot d_{\text{св}} = 5,55 \dots 6,48$ мм. Довжина свердла:

$\ell_{\text{св}} = 145$ мм.

Відповідно до рекомендацій [33] для оброблення заготовки із заданого матеріалу (СЧ 20 ГОСТ 1412-80) приймаємо такі геометричні параметри свердла:

- кут при вершині свердла $2\varphi = 125 \pm 2^\circ$;
- передній кут $\gamma = 15 \pm 2^\circ$;
- задній кут $\alpha = 13 \pm 1^\circ$;
- кут нахилу гвинтових різців $\omega = 60^\circ$.

Для зменшення тертя під час роботи на калібрувальній частині свердла має зменшення діаметра на 0,03...0,10 мм на довжині 100 мм у напрямі до хвостовика. Ширину стрічки на калібрувальній частині вибираємо такою, що рівна 0,5–0,8 ширини стрічки спірального свердла.

Збільшений кут нахилу гвинтових різців, їх профіль та форма загострення передньої поверхні забезпечують надійне видалення стружки із зони різання без виведення свердла з оброблюваного отвору.

2. Добір типу, конструктивних та геометричних параметрів зенківки.

З огляду на конструкцію інструменту та наявність попереднього оброблення отвору шнековим свердлом, вибираємо тип зенківки – без прямої частини.

Мінімальний діаметр зенківки приймаємо $d_{зек. \min} = 18_{-0,1}^{+0,05}$ мм.

Номинальний діаметр зенківки: $d_{зек. \text{ном}} = 21_{-0,1}^{+0,05}$ мм. Довжина зенківки: $l_{зек} = 10$ мм.

Відповідно до рекомендацій [33] для оброблення заготовки з СЧ 20 ГОСТ 1412-80 приймаємо такі геометричні параметри зенківки:

- кут при вершині $2\varphi = 90 \pm 15^\circ$;
- передній кут $\gamma = 0^\circ$;
- задній кут $\alpha = 9 \pm 1^\circ$.

3. Вибір хвостової частини інструмента.

Матеріал хвостовика інструмента – сталь 40Х ГОСТ 4543-71. Виконання хвостовика – конус Морзе № 3.

Ескіз розробленого інструмента для подальшого оформлення робочого креслення спроектованого інструменту наведено на рис. 3.17.

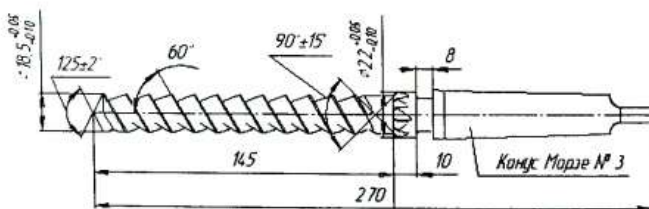


Рис. 3.17. Комбінований металорізальний інструмент: свердло-зенківка

3.5. Розрахунки економічної ефективності спеціальних засобів технологічного оснащення

Для визначення економічної ефективності розробленого оснащення необхідно виконати порівняльну характеристику значень технологічної собівартості операції з використанням існуючого (TC_i) та розробленого (TC_p) оснащення, застосувавши формули

$$\begin{aligned} TC_i &= 3_c \left(1 + \frac{z}{100} \right) + \frac{C_i}{N} \left(\frac{1+q_n}{i} + q_e \right); \\ TC_p &= 3_p \left(1 + \frac{z}{100} \right) + \frac{C_p}{N} \left(\frac{1+q_n}{i} + q_e \right), \end{aligned} \quad (3.34)$$

де $3_i, 3_p$ – основна заробітна плата за виконання операції з використанням відповідно існуючого та розробленого оснащення, грн.; C_i, C_p – собівартість виготовлення відповідно існуючого та розробленого оснащення, грн.; z – цехові накладні витрати, % (приймати 150–200 %); q_n – коефіцієнт збільшення технологічної собівартості оброблення за рахунок проектування спеціального оснащення (приймати $q_n = 0,5$); q_e – коефіцієнт експлуатації оснащення (витрати на експлуатацію) (приймати $q_e = 0,2-0,3$); i – термін служби оснащення у роках (приймати $i = 1-2$); N – річна програма випуску.

Величина основної заробітної плати 3 :

$$3 = T_{\text{шт}} \cdot b_{n/z},$$

де $T_{\text{шт}}$ – штучний (штучно-калькуляційний) час оброблення деталі, хв.; $b_{n/z}$ – погодинна ставка робітника відповідного розряду, грн./хв. (розряд робітника-верстатника, який працює на операції з використанням спеціального оснащення можна приймати на 1–2 нижчим, аніж розряд робітника-верстатника, який працює на операції з використанням існуючого оснащення).

Величину собівартості виготовлення спеціального оснащення у кваліфікаційній роботі допускається встановлювати залежно від його складності, тобто від кількості основних деталей пристрою та їх питомої собівартості:

$$C = n \cdot C_n,$$

де n – кількість деталей оснащення; C_n – питома собівартість виготовлення оснащення у перерахунку на одну деталь, грн. (у кваліфікаційній роботі допускається приймати $C_n = 10-15$ грн. – для простого оснащення з кількістю деталей до 25 шт.; $C_n = 20-30$ грн. – для оснащення середньої складності з кількістю деталей 26–50 шт.; $C_n = 40-60$ грн. – для складного оснащення з кількістю деталей понад 50 шт.).

Економічний ефект від використання розробленого оснащення для виготовлення річної програми випуску:

$$E_p = (TC_i - TC_n) \cdot N \quad (3.35)$$

Термін окупності (у роках):

$$T = \frac{C_n \cdot (1 + q/100)}{E_p}, \quad (3.36)$$

де q – витрати, пов'язані з експлуатацією (приймати 5–7 % від собівартості виготовлення розробленого оснащення).

3.6. Загальна методика конструювання

Загальне компонування розробленого засобу технологічного оснащення (надаті – пристрою) оформляють як складальне креслення відповідно до вимог ГОСТ 2 109-73.

Складальне креслення загального вигляду пристрою бажано виконувати у масштабі 1:1. Креслення розроблюють методом послідовного викреслювання його окремих елементів у відповідному порядку.

1. Виріб, який підлягає виготовленню чи контролю, зображають у необхідній кількості проєкцій і перетинів на достатній віддалі одна від одної. За головний приймається вигляд пристрою з боку робочого місця. У деяких випадках на складальному кресленні показують різальний чи інший інструмент. Виконання цих рекомендацій забезпечує уникнення можливих помилок під час конструювання через вибір неспіврозмірних елементів конструкції та недостатнього врахування вимог щодо зручності встановлення і зняття заготовки тощо, а також дає змогу отримати повну уяву про будову і дії пристрою. Виріб викреслюють тонкими лініями на тому етапі виготовлення, на якому він надходить на цю операцію. Штриховою лінією вказують ті поверхні, які повинні оброблюватися (контролюватися) у результаті виконання операції.

2. Наносять на креслення елементи пристрою для скерування інструмента. Кондукторні втулки викреслюють на необхідній віддалі від деталі, після чого визначають необхідну товщину корпусу і кондукторної плити у місці встановлення втулок.

3. Викреслюють встановлювальні елементи пристрою так, щоб вони дотикалися до базових поверхонь виробу.

4. Викреслюють затискні механізми і приводи.

5. Наносять допоміжні елементи конструкції пристрою.

6. Конструктивно оформляють корпус пристрою з врахуванням зручного розташування елементів.

7. Проставляють три групи розмірів і допусків, а саме:

І) розміри, точність яких впливає на похибку отримання виконавчого розміру виробу. Для того, щоб можна було здійснити перевірку розрахунки

точності виготовлення виробу, на кресленні необхідно проставити всі використані при попередніх розрахунках розміри елементів пристрою з допусками, а також вказати граничні відхилення форми і розташування його поверхонь (встановлювальних елементів (опор)) щодо посадочних поверхонь, напрямних елементів відносно опорних тощо) відповідно до ГОСТ 2.308-79;

II) розміри спряжень і монтажні розміри, точність яких не впливає на похибку виготовлення, але визначає розташування й умови роботи окремих механізмів пристрою. Точність цих розмірів призначають, враховуючи з необхідністю забезпечення нормальної роботи цих механізмів;

III) габаритні розміри та розміри для довідки. Ці розміри виконують за 14–17 квалітетами точності.

Призначаючи вищенаведені групи розмірів, необхідно керуватися ГОСТ 6636-69 «Нормальні лінійні розміри», розробленим на основі переважальних чисел та їх рядів за ГОСТ 8032-56 (див. додатки 4, 5). Відповідно до цього стандарту, вибираючи значення розмірів, перевагу потрібно надавати числам з рядів з більшою градацією чисел:

Ra5 – 1-й ступінь переваги для розмірів будь-яких виглядів, лінійних радіусів, радіусів виходу інструмента;

Ra10 – 2-й ступінь переваги для розмірів будь-яких виглядів, радіусів, отримуваних фрезруванням шліцьовими і радіусними фрезами, ширини канавок, пазів і буртиків, віддалей між отворами;

Ra20 – для розмірів будь-якої точності, діаметрів кіл, на яких розташовано центри отворів;

Ra40 – для розмірів 9-го і нижчих квалітетів точності, віддалей між отворами, розташованими на прямих лініях розмірів уступів і глибин.

Відступ від ГОСТ 6636-69 допускається лише тоді, коли розмір визначено розрахунковим методом, і вибір такого розміру за одним з рядів переважальних чисел унеможливило вибір зв'язаного з ним іншого розміру.

8. Проставляють позиції і складають специфікацію.

9. Розробляють і вказують на полі креслення технічні вимоги до монтажу і роботи пристрою. Особливі технічні вимоги висувають до:

1) допустимих відхилень по точності взаємного розташування чи відносного руху окремих елементів пристрою, які впливають на похибку виготовлення;

2) монтажу інших механізмів пристроїв для забезпечення їх нормальної роботи.

Компонуючи пристрій, потрібно враховувати правила техніки безпеки, передбачені ГОСТ 12.2.029-77, зокрема:

- конструкція пристрою повинна забезпечувати вільний вихід стружки та стік мастильно-охолоджувальних рідин;

- конструкція пристрою повинна забезпечувати безпеку встановлення і зняття виробу;

- у пристроях, призначених для виготовлення виробів масою понад 12 кг, повинна передбачатися можливість вільного закладання і знімання строп, клішів та інших захоплювальних пристроїв для переміщення виробів за допомогою вантажопідіймальних механізмів;

- пристрої масою до 16 кг, які встановлюються на устаткування без застосування засобів механізації, повинні мати спеціальні елементи чи поверхні для їх безпечного встановлення і зняття;

- пристрої масою понад 16 кг повинні мати спеціальні елементи (рим-болти, цапфи тощо), для їх переміщення вантажопідіймальними механізмами;

- рим-болти для транспортування повинні вибиратися залежно від маси пристрою і схеми стропування (ГОСТ 4751-73);

- у пристроїв з механізованим (пневматичним гідравлічним тощо) затиском зазор між контактним елементом і виробом не повинен перевищувати 5 мм чи повинні бути передбачені інші заходи, які б гарантували безпеку робіт.

3.7. Опис конструкції та роботи

Опис пристрою повинен ґрунтуватися на специфікації його складального креслення (див. п. 3.6). Кожен елемент пристрою потрібно вказувати за шаблоном: “Назва елемента” – “поз.” (позиція) “Номер елемента”, наприклад, “Корпус поз. 2”.

Опис конструкції пристрою подають у такій послідовності:

- призначення пристрою;

- основні несучі елементи конструкції пристрою;

- елементи, які мають основне значення при встановленні (базуванні) та закріпленні заготовки;

- елементи, які слугують для контролю якості оброблення (за наявності).

Опис роботи пристрою подають у такій послідовності:

- базування та закріплення пристрою у робочій зоні верстата чи іншого технологічного устаткування;

- спеціальні прийоми роботи, пов’язані з налагодженням пристрою на отримання розміру (за наявності);

- основні прийоми роботи, пов’язані з встановленням та закріпленням заготовки;

- специфічні прийоми роботи, пов’язані з обробленням заготовки (за наявності);

- основні прийоми роботи, пов’язані зі зніманням обробленої деталі з пристрою;

- прийоми роботи, пов’язані з обслуговуванням пристрою.

4. ПРОЕКТУВАННЯ ВИРОБНИЧИХ ПІДРОЗДІЛІВ

Завдання на кваліфікаційну роботу здебільшого передбачає виконання комплексу заходів з організаційної реалізації розробленого технологічного процесу механічного оброблення заданої деталі. Для цього розробляють дільницю виготовлення деталі та (чи) складання виробу з компонуванням механічного (механоскладального) цеху.

4.1. Розрахунок річної верстатоемності та працесмості, кількості основного та допоміжного устаткування

Методика компонування цеху та планування дільниць передбачає розрахунки працесмості технологічних процесів, кількості основного та допоміжного технологічного устаткування і робочих місць складання, визначення типу, складу та розрахунок параметрів цеху, основного та допоміжного персоналу тощо.

4.1.1. Розрахунок необхідної кількості основного виробничого устаткування

Основними даними для розрахунку й проектування цеху є річна програма, технологічні процеси виготовлення усіх деталей та складання заданого виробу, а також фактичний річний фонд часу роботи устаткування.

Річна працесмість Π_i (верстатоемність B_i – для технологічного процесу механічного оброблення) виконання i -ї операції визначається як:

$$\Pi_i(B_i) = \frac{T_i \cdot N}{60}, \quad (4.1)$$

де T_i – штучна (штучно-калькуляційна) норма часу на виконання i -ї операції технологічного процесу механічного оброблення чи складання, год.; N – річна програма механічного оброблення деталі чи складання виробу, шт.

Необхідна кількість робочих місць²⁹ на i -ї операції визначиться як:

$$m_{розр_i} = \frac{\Pi_i(B_i)}{F_p}, \quad (4.2)$$

де F_p – дійсний річний фонд часу роботи робочого місця (див. додаток 2).

Для аналізу ступеня використання робочого місця на i -ї операції розраховують коефіцієнт його завантаження $\Pi_{факт_i}$:

²⁹ Під робочим місцем тут розуміється верстат для технологічного процесу механічного оброблення чи відповідне робоче місце складальника (слюсарний верстак, пост конвеєра тощо) – для технологічного процесу складання.

$$\eta_{\text{факт}i} = \frac{m_{\text{розр}i}}{m_{\text{пр}i}}, \quad (4.3)$$

де $m_{\text{пр}i}$ – прийнята кількість робочих місць на i -й операції для виконання річної програми.

Усі розрахунки (окремо для технологічних процесів механічного оброблення і складання) необхідно звести у табл. 4.1 і 4.2.

4.1.2. Розрахунок річної верстатосмності виготовлення виробу

Верстатосмність усіх деталей, які входять у вузол (виріб), у кваліфікаційній роботі визначають укрупнено, за верстатосмністю основної деталі з урахуванням їх різниці за масою, серійністю та складністю механічного оброблення. Основна деталь у цьому разі є т. зв. **деталлю-представником**. Різниця за кожним параметром оцінюється відповідним коефіцієнтом приведення:

$$B_k = B \cdot K_o, \quad (4.4)$$

де B_k – верстатосмність k -ї деталі вузла, в.-год; B – верстатосмність основної деталі-представника, в.-год; K_o – коефіцієнт приведення, який визначається за формулою

$$K_o = K_m \cdot K_{\text{сер}} \cdot K_{\text{скл}}, \quad (4.5)$$

де K_i – коефіцієнт приведення за масою; $K_{\text{сер}}$ – коефіцієнт приведення за серійністю; $K_{\text{скл}}$ – коефіцієнт приведення за складністю.

За специфікаціями і кресленнями деталей, які входять у заданий вузол, визначають їх масу, виробничу програму та кількість оброблюваних поверхонь, після чого розрахувати коефіцієнти приведення за масою, серійністю, складністю і загальний. Коефіцієнти приведення деталі-представника прийняти за одиницю.

Коефіцієнт приведення за масою K_m :

$$K_m = \left(\frac{Q_x}{Q} \right)^{2/3}, \quad (4.6)$$

де Q_x – маса приведеної деталі, кг; Q – маса деталі-представника, кг.

Коефіцієнт приведення за серійністю $K_{\text{сер}}$ визначають залежно від співвідношення річних програм:

$$K_{\text{сер}} = \left(\frac{N_x}{N} \right)^{0,20}, \quad (4.7)$$

де N_x – виробничі програма приведеної деталі; N – виробничі програма деталі-представника.

Коефіцієнт приведення за складністю $K_{скл}$:

$$K_{скл} = \left(\frac{H_x}{H} \right)^{1/2}, \quad (4.8)$$

де H_x – кількість оброблюваних поверхонь приведеної деталі; H – кількість оброблюваних поверхонь деталі-представника.

Усі розрахунки необхідно звести у табл. 4.3.

4.1.3. Розрахунок необхідної кількості основного виробничого устаткування для виготовлення всіх деталей виробу укрупненим методом

Кількість основного технологічного устаткування для виготовлення (механічного оброблення) основної деталі, а також кількість робочих місць на дільниці складання приймають відповідно до розрахунків, виконаних у п. 4.1.1. Загальну кількість необхідного основного технологічного устаткування для виготовлення інших деталей виробу (крім основної деталі) визначити, враховуючи загальну верстатосміність механічного оброблення інших деталей виробу і виробничої програми:

$$C_{OTU_{\Sigma_{in}}} = \frac{B_{\Sigma_{in}}}{F_p \cdot \eta_{норм}}, \quad (4.9)$$

де $B_{\Sigma_{in}}$ – сумарна річна верстатосміність виготовлення інших (крім основної) деталей виробу, в.-год; $\eta_{норм}$ – нормативний коефіцієнт завантаження верстата (приймають залежно від розрахованого типу виробництва – див. п. 2.1).

Загальна кількість основного технологічного устаткування для виготовлення **усіх деталей виробу**:

$$C_{OTU_{\Sigma}} = C_{OTU_{осн}} + C_{OTU_{\Sigma_{in}}} \quad (4.10)$$

Сучасний цех машинобудування зазвичай не має менше ніж 60 верстатів [26]. Тому, якщо сумарна кількість основного технологічного устаткування для виготовлення усіх деталей виробу, відповідно до розрахунків, вийшла меншою за цю величину, приймають, що $C_{OTU_{\Sigma}} = 60$. При цьому вважається, що отриманий надлишок верстатів обслуговуватиме дільницю виготовлення інших деталей, які не входять до структури заданого виробу.

Отриману загальну кількість верстатів необхідно розподілити за трьома категоріями:

1) ті, які призначені для виготовлення основної деталі заданого виробу;

2) ті, які призначені для виготовлення інших деталей (окрім основної деталі) заданого виробу;

3) ті, які призначені для виготовлення деталей інших виробів.

Кількість верстатів (сумарно за другою і, за необхідності, за третьою категоріями) розподіляють за видами виконуваних робіт, користуючись даними типових заводів, наведеними у додатку 154, а також у [23, 26, 28, 30], залежно від їх відсоткового відношення у структурі типових цехів відповідної галузі промисловості.

Залишкову кількість верстатів, які не увійшли ні в одну з зазначених категорій, зараховують до категорії "Інші".

4.1.4. Розрахунок необхідної кількості устаткування для допоміжних дільниць цеху

На допоміжних дільницях не виготовляється основна продукція, але вони необхідні для безперебійної роботи основних дільниць. До складу допоміжних дільниць входять: загострювальне відділення, заготівельна дільниця, дільниця ремонту технологічного оснащення, цехова ремонтна база.

1. **Загострювальне відділення** використовують для централізованого загострювання металорізальних інструментів. Розраховують необхідну кількість загострювальних верстатів відділення укрупнено. Необхідну кількість устаткування визначають у відсотковому відношенні від кількості основного технологічного устаткування цеху, відповідно до додатка 155 чи [23, 26, 28, 30].

2. **Заготівельна дільниця** слугує для попереднього оброблення заготовок, які надходять у цех для оброблення, зокрема, для розрізання сортового прокату на штучні заготовки, правки сортаменту тощо. Кількість верстатів цієї дільниці визначають залежно від кількості обслуговуваних верстатів основного виробництва [23, 26, 30]. У кваліфікаційній роботі допускається приймати кількість верстатів дільниці такою, що дорівнює 5–7 % від загальної кількості основного технологічного устаткування цеху.

3. **Дільниця ремонту технологічного оснащення** (металорізальних інструментів і пристроїв) виконує його середній і поточний ремонт. Кількість одиниць устаткування визначається за нормами додатка 156 чи [23, 26, 28, 30]. До складу дільниці, окрім основного устаткування, входить допоміжне устаткування кількістю, приблизно 40 % від кількості основного устаткування, але не менше за 3 і не більше за 11 одиниць. До допоміжного устаткування входять: обдирно-шліфувальні верстати, настільні точила, ручні і гідравлічні

преси, електроерозійні верстати для витягування зламаної інструмента з отворів тощо.

4. *Ремонтне відділення (цехова ремонтна база механіка цеху (ЦРБ))* використовується для міжремонтного обслуговування технологічного устаткування, а також для виконання ремонтних робіт. Кількість верстатів для ЦРБ укрупнено розраховують залежно від кількості технологічного устаткування цеху (механообробного й складального), яке обслуговується ремонтною базою. Дані для розрахунків наведено у додатках 157 і [23, 26, 30].

4.1.5. *Визначення необхідної кількості всіх верстатів (робочих місць) цеху*

Загальна кількість технологічного устаткування цеху визначиться як:

$$C_{\Sigma} = C_{OTU_{\Sigma}} + C_{загостр} + C_{загот} + C_{рем.осн} + C_{рем.доп} + C_{ЦРБ}, \quad (4.11)$$

де $C_{OTU_{\Sigma}}$ – загальна кількість основного технологічного устаткування для виготовлення усіх деталей виробу, визначена за (4.10); $C_{загостр}$ – розрахована кількість верстатів загострювального відділення (див. п. 4.1.4) $C_{загот}$ – розрахована кількість верстатів заготівельної дільниці (див. п. 4.1.4); $C_{рем.осн}$ і $C_{рем.доп}$ – розрахована кількість основних і допоміжних верстатів дільниці ремонту технологічного оснащення (див. п. 4.1.4); $C_{ЦРБ}$ – розрахована кількість верстатів цехової ремонтної бази (див. п. 4.1.4).

4.1.6. *Укрупнений розрахунок необхідної кількості виробничого персоналу*

Кількість *основних робітників* укрупнено приймають за кількістю одиниць основного технологічного устаткування (разом з робочими місцями складальників) з урахуванням двозмінного режиму роботи:

$$P_{осн} = 2 \cdot C_{\Sigma}, \quad (4.12)$$

де C_{Σ} – загальна кількість робочих місць механічного оброблення та складання.

Кількість інших категорій працівників приймають відповідно до норм [23], у відсотковому відношенні до кількості основних робітників:

- кількість *допоміжних робітників* $P_{доп}$: 35–50 %;
- кількість *інженерно-технічних працівників* $P_{ІТП}$: 10–15 %
- кількість *рахувально-контрського персоналу* $P_{РКП}$: 3–4 %;
- кількість *молодшого обслуговувального персоналу* $P_{МОП}$: 2–4 %.

Загальна кількість виробничого персоналу:

$$P_{\Sigma} = P_{осн} + P_{дон} + P_{ІПП} + P_{РКП} + P_{МОП}. \quad (4.13)$$

4.2. Визначення складу та розрахунок площі цеху

У цьому розділі визначають склад та розраховують площі основних та допоміжних дільниць, відділень і комор розроблюваного цеху, а також адміністративно-побутових приміщень. За можливості, усі площі, які розраховуватимуться у цьому розділі, необхідно заокруглювати до 6 м² для зручності подальшого планування цеху.

У склад механічного цеху, окрім *виробничої площі*, яка складається з дільниць механічного оброблення та дільниці складання (для механоскладального цеху), входять також допоміжні відділення і комори, до яких належать:

- 1) загострювальне відділення;
- 2) заготівельна дільниця;
- 3) дільниця ремонту технологічного оснащення;
- 4) ремонтне відділення (цехова ремонтна база механіка цеху);
- 5) майстерня енергетика цеху;
- 6) контрольне відділення;
- 7) відділення для приготування і роздачі МОР;
- 8) цеховий склад матеріалів і заготовок;
- 9) цеховий склад сортового металу;
- 10) проміжний склад (комора) деталей;
- 11) склад (комора) купованих виробів;
- 12) інструментально-роздавальна комора;
- 13) комора пристроїв;
- 14) комора абразивів;
- 15) комора допоміжних матеріалів;
- 16) комора мастил;
- 17) відділення для збирання і перероблення стружки.

1. Площу *основних виробничих дільниць* (дільниць механічного оброблення та складання) приймають за питоною площею на один верстат (одне робоче місце складальника), відповідно до рекомендацій, наведених у [23, 26, 28, 30].

У кваліфікаційній роботі рекомендується використовувати такі норми:

- питома площа на один металорізальний верстат: 30–40 м²/верстат;

• **питома площа на один слюсарний верстак механічного відділення:** 12–15 м²/слюс. верстак (кількість слюсарних верстаків беруть з розрахунку 2–3 % від кількості основного технологічного устаткування);

• **питома площа на одне робоче місце робітника-складальника:** 35–40 м²/р.м.

2. В основну площу **загострювального відділення** входить площа, на якій розташовано загострювальне устаткування; у допоміжну – площа для зберігання креслень інструментів, які підлягають загострюванню, і площа для зберігання абразивних кругів та пристроїв для верстатів відділення. Питома загальну площу цього відділення приймають з розрахунку 8–12 м² на один верстат. Загострювальне відділення необхідно розмішувати суміжно з інструментально-роздавальною коморою (ІРК).

3. Загальну площу **заготівельної дільниці** визначають з розрахунку 10–12 м² на один верстат дільниці.

4. Загальну площу **дільниці для ремонту технологічного оснащення** для верстатів і слюсарних робіт визначають з розрахунку 17–22 м² на один верстат майстерні, разом з допоміжною площею (для комори ремонтованих пристроїв і запасних частин до них та інших приміщень).

5. Загальну площу **ремонтного відділення (цехової ремонтної бази механіка цеху)** визначають з розрахунку 17–25 м² на один верстат відділення. Крім цього, для комори запасних частин відділення відводиться площа, яка становить 10–15 % від основної.

6. **Майстерня енергетика цеху** входить у ремонтне відділення. Його площу визначають за додатком 158.

7. **Контрольне відділення** є частиною загальнозаводського відділу технічного контролю. Площу цього відділення визначають укрупнено за відсотковим відношенням до площі основних виробничих дільниць (у межах 3–5 % від виробничої площі). Контрольне відділення розміщують у цеху на шляху руху деталей на складальну дільницю, перед проміжною коморою деталей.

8. Площу **відділення для приготування і роздачі МОР** та **відділення для перероблення стружки** необхідно приймати відповідно до рекомендацій додатка 158, чи вимог [26, 30, 60 (т. 1)]. У цілях протипожежної безпеки відділення розміщують біля зовнішньої стіни будівлі. Окрім того, відділення повинно мати безпосередній вихід назовні.

9. Площу **цехової комори (складу) матеріалів та заготовок** розраховують за формулою (складові формули визначаються за додатком 159 чи [26, 30, 60 (т. 1)]):

$$S_{\text{скл.}} = \frac{Q \cdot t}{D_p \cdot q \cdot k}, \quad (4.14)$$

де Q – загальна маса матеріалів та заготовок, які обробляють в цеху за рік, т (загальну річну масу матеріалів та заготовок приймають у середньому в межах 25 % від маси виробу); t – норма запасу зберігання заготовок, днів; D_p – кількість робочих днів у році (приймається такою, що дорівнює 254 дні); q – норма середньої вантажонапруженості площі, т/м²; k – коефіцієнт використання площі комори.

10. Площу *цехової комори сортового металу* розраховують за формулою (4.14). Загальну річну масу сортового металу приймають у межах 15 % від маси виробу. Значення інших складових формули (4.14) приймають відповідно до додатка 159 чи [28, 30, 60 (т. 1)].

11. *Проміжна (міжопераційна) комора деталей* слугує для нагромадження і зберігання повністю оброблених деталей і для їх постачання у складальний цех. Розраховують площу за формулою (4.14). Значення складових формули приймають відповідно до додатка 159 чи [28, 30, 60 (т. 1)].

12. Площу *комори купованих виробів* розраховують за формулою (4.14). Загальну річну масу купованих виробів приймають у межах 5 % від маси виробу. Значення інших складових формули (4.14) приймають відповідно до додатка 160 чи [26, 28, 60 (т. 1)].

13. Площі *інструментально-роздавальної комори (ІРК), комори пристроїв і комори абразивів* приймають відповідно до норм, наведених у додатку 162.

14. Площі *комори мастил та комори допоміжних матеріалів* приймають відповідно до додатка 158 чи вимог, наведених у [23, 26, 60 (т. 1)].

15. Площу *адміністративно-побутових приміщень (АПП)* визначають укрупнено за питомою площею на одного працівника у найбільшу за кількістю працівників зміну. Питома площа приймають у межах 2,8–3,2 м² на одного працівника.

16. Загальна площа цеху (без урахування площі адміністративно-побутових приміщень):

$$S_{\Sigma}^{АПП} = \sum S_i, \quad (4.15)$$

де S_i – площа i -го приміщення цеху відповідно до пунктів 1–14.

17. Загальна площа цеху (з урахуванням площі адміністративно-побутових приміщень):

$$S_{\Sigma} = S_{\Sigma}^{АПП} + S_{АПП} \quad (4.16)$$

4.3. Вибір типу та розрахунок основних параметрів будівлі цеху

У цьому розділі необхідно вибрати тип будівлі під розроблюваний цех, визначити оптимальну сітку колон та розрахувати необхідну кількість і типорозміри вантажопідіймальних і транспортних засобів.

Для організації механічного (механоскладального) цеху зазвичай використовуються одноповерхові будівлі, оскільки у цьому разі полегшується встановлення важкого металорізального устаткування, а також спрощуються транспортні зв'язки між окремими дільницями (відділеннями). Промислові споруди складаються із залізобетонних чи металевих конструкцій. Для одноповерхових будівель з кранами вантажопідіймальністю до 50 т включно використовується гама збірних залізобетонних конструкцій промислового виготовлення (колони, підкранові балки тощо). Крім того, затверджено уніфіковані габаритні схеми машинобудівних цехів. Відповідно до основних положень по уніфікації габаритних схем, передбачаються будівлі прямокутної форми, які складаються з декількох паралельних прогонів. У габаритних схемах уніфіковано ширину прогону, вантажопідіймальність кранів, крок колон і висоту до підкранових шляхів.

Розробляючи технологічну частину проектного завдання, необхідно визначити головні параметри будівлі: основні розміри у плані, сітку колон, розташування прогонів і їхню висоту (у кранових прогонах – висоту до підкранових шляхів). Сітка колон визначається розмірами прямокутника між розбивочними осями будівлі, однією стороною котрої є ширина прогону $B_{пр}$, а іншою – крок колон t , і позначається як $B_{пр} \times t$.

Довжина прогону – це віддаль між осями крайніх колон, яка дорівнює $n \times t$, де n – кількість кроків колон. Крок t колон для більшості схем, які прийнятні для всіх галузей машинобудування, приймають 12 м для внутрішніх колон і 6 м – для колон периметра будівлі. Для одноповерхових багатопрогонних кранових будівель механічних та механоскладальних цехів потрібно використовувати сітку внутрішніх колон 12×12 , 18×12 чи 24×12 м, а для виробництв з великогабаритним устаткуванням – 30×12 і 36×12 м. В одноповерхових одно- і двопробонних будівлях, а також для поперечних прогонів багатопрогонних будівель рекомендується використовувати крок колон, що дорівнює 6 м. Для важкого машинобудування на дільницях, де розміщене особливо великогабаритне устаткування, крок колон іноді збільшують до 24–30 м.

Висота прогону $H_{пр}$ визначається віддаллю від т.зв. рівня чистої підлоги прогону до низу несучих конструкцій перекриття даху будівлі. Для легкого машинобудування висоту прогону приймають 4,2–6,0 м; для середнього – 6,15–8,15 м; для важкого – 8,15–12,65 м; для особливо важкого – 12,65–18,0 м.

Ширина прогону крана $B_{кр}$ – це віддаль між вертикальними осями рейок підкранових шляхів. Підвісні однопробонні крани використовуються у будівлях цехів з шириною прогонів 12 і 18 м; двопробонні крани – для будівель цехів з

шириною прогонів 18 і 24 м; трипрогонні – відповідно для прогонів 30 і 36 м. Вантажопідймальність підвісних кранів – до 5 т. Мостові крани вантажопідймальністю до 50 т використовуються у будівлях з шириною прогонів 18 м (вантажопідймальність кранів – 10, 20 і 30 т), 24 м (10, 20, 30 і 50 т) і 30 м (30 і 50 т).

Маючи сумарну площу цеху³⁰ та орієнтовні пропорції сторін проєктованого цеху, габарити будівлі можна визначити із залежності

$$\begin{cases} L \times B \geq S_{\Sigma} \\ \frac{L}{B} \approx \frac{2}{1} \end{cases}, \quad (4.17)$$

де L і B – довжина та ширина цеху відповідно, м.

Отримавши попередні значення габаритів будівлі цеху:

1) за наведеними вище рекомендаціями вибирають ширину прогону та, відповідно, сітку внутрішніх колон;

2) за шириною прогону та попередньо отриманою шириною будівлі цеху визначають кількість прогонів та уточнюють ширину будівлі цеху;

3) за шириною цеху розраховують кількість внутрішніх колон у поперечному перетині;

4) розраховують кількість внутрішніх колон у поздовжньому перетині та, відповідно, довжину цеху так, щоб уточнена площа цеху (за прийнятими величинами ширини та довжини цеху) була *не меншою* за розрахункову (отриману за формулами (4.16) чи (4.15))

5) вибирають сітку колон за периметром будівлі цеху;

6) вибирають висоту цеху.

Якщо прийнята площа цеху відрізняється від розрахункової більше ніж на 5–7 %, то ця надлишкова площа передається дільниці виготовлення інших деталей, що не входять до структури заданого виробу.

4.4. Вибір та розрахунок вантажопідймальних і транспортних засобів

Після остаточного вибору габаритів будівлі цеху необхідно вибрати типорозміри і розрахувати необхідну кількість вантажопідймальних і транспортних засобів, до яких належать:

- мостові крани;
- кран-балки та монорейки;
- візковий колісний транспорт (електрокари і електронавантажувачі, ручні візки і візки з електричним приводом тощо);

³⁰ Якщо адміністративно-побутові приміщення планується проєктувати вбудованими у загальну будівлю цеху, необхідно використовувати загальну площу цеху S_{Σ} ; якщо вказані приміщення розташовуватимуться у прибудові до цеху – $S_{\Sigma}^{\text{АПП}}$ (див. (4.15) чи (4.16)).

- засоби для міжопераційного транспортування деталей;
- кроковий складальний конвеєр.

Вибір транспортних засобів здійснюється в порядку, передбаченому ГОСТ 14.308-74:

- на основі аналізу можливих варіантів формується транспортно-технологічна схема процесу переміщення;
- визначаються основні транспортні засоби процесу переміщення: конвеєри, крани, транспортні роботи, пневмотранспорт тощо;
- встановлюються допоміжні транспортні засоби (лотки, нагромаджувачі, підйомники, виробнича тара тощо).

Вибираючи засоби переміщення, потрібно враховувати габаритні розміри, форму і масу заготовок (а також деталей і складальних одиниць під час проектування транспортних систем для технологічного процесу складання), необхідність їх просторового орієнтування під час транспортування, а також умови здійснення операції переміщення.

Мостові електричні крани вибирають для кожного прогону цеху окремо з врахуванням маси найважчого вантажу і ширини прогону. Для механічних і механоскладальних цехів виготовлення виробів порівняно невеликої маси (до 1,0 т) зазвичай приймають один мостовий кран на 40–80 м довжини прогону. У таких випадках мостові крани використовуються для монтажу-демонтажу основного технологічного устаткування, встановлення великогабаритних пристроїв тощо.

Кількість мостових кранів у цехах для виготовлення виробів масою понад 1 т³¹ визначають за формулою

$$n_{кр} = \frac{n \cdot i \cdot T_{пр.кр}}{m \cdot T_{зм}}, \quad (4.18)$$

де n – середня кількість деталей, які підлягають транспортуванню в зміну (приймають залежно від виробу, який підлягає виготовленню); i – кількість транспортних операцій на одну деталь (приймають такою, що дорівнює 75 % від кількості різнойменних типів операцій механічного оброблення); $T_{пр.кр}$ – загальний час пробігу крана, хв; m – середня кількість одночасно переміщуваних деталей (приймають залежно від виробу, який підлягає виготовленню); $T_{зм}$ – час роботи за зміну, хв. (приймають 480 хв.).

Загальний час пробігу $T_{пр.кр}$ визначають за залежністю:

$$T_{пр.кр} = T_{пр} + T_z + T_p + T_{затр}, \quad (4.19)$$

³¹ Для виробів масою до 1 т кількість мостових кранів приймають такою, що дорівнює кількості прогонів, зайнятих основним технологічним устаткуванням. У цьому випадку мостові крани використовуються лише для виконання допоміжних робіт.

де T_{np} – час пробігу в обидва кінці, хв.; T_z – час на завантаження, хв. (приймають 12–18 хв.); T_p – час на розвантаження, хв. (приймають 22–26 хв.); $T_{затр}$ – час на випадкові затримки, хв. (приймають 25 % від T_{np} на кожен рейс).

Час пробігу в обидва кінці визначають як:

$$T_{np} = \frac{2L}{v}, \quad (4.20)$$

де L – довжина цеху, м; v – швидкість, м/хв.³²

Для мобільного передавання вантажів у межах цеху (незалежно від напрямку й розташування прогонів) використовуються **монорейки**, споряджені талем, пневматичним чи гідравлічним підіймачем, а також **кран-балкою**. Такі засоби транспортування передбачають у цеху за необхідності зміни руху виробничого процесу (наприклад, розташування дільниці оброблення у суміжних прогонах).

Міжопераційне транспортування заготовок у разі поточної форми організації роботи здійснюється за допомогою конвеєрів (стрічкових, крокових, роликів, штовхальних, підвісних і наземних, монорельсових доріг тощо), лотків, рольгангів, склизів, підйомників, накопичувачів та їх композицій. Вибираючи засоби транспортування, необхідно врахувати швидкість руху потоку заготовок у разі безперервного його характеру або довжину і тривалість кроків у разі періодичного (переривчастого) переміщення заготовок. Швидкісні характеристики потоку вибирають залежно від такту випуску.

Рольганги, скати, склізи використовують у цехах масового і великосерійного виробництва за потокової форми організації.

Рольганги споруджують з окремих стандартних секцій і встановлюють для передавання деталей між двома сусідніми робочими місцями чи вздовж усієї потокової лінії верстатів (складальних місць).

Скати і склізи слугують для передавання порівняно легких деталей на короткі віддалі від одного робочого місця до іншого. Скати виконують з ухилом від 1:10 до 1:15. Вони призначені для переміщення деталей циліндричної чи кулеподібної форми. Склізи виконують з ухилом від 1:2 до 1:5. Вони придатні для переміщення деталей різноманітної форми.

У разі непотокової форми організації роботи на дільниці для переміщення використовують **візковий колісний транспорт**.

³² Швидкість переміщення для наземного транспорту повинна бути не більшою за 80 м/хв., для підвісного – 50 м/хв.

Кількість елементів механізованого візкового колісного транспорту (електрокари і електронавантажувачі) визначають за формулою

$$n_{\text{мех.в}} = \frac{Q \cdot k_{\text{нр}} \cdot T_{\text{нр.в}}}{Q_{\text{тр}} \cdot k_{\text{вык}} \cdot F_p \cdot 60}, \quad (4.21)$$

де Q – річний вантажообіг, т (можна прийняти таким, що дорівнює сумарній масі усіх деталей, які підлягають обробленню у цеху за рік (див. табл. 4.3); $Q_{\text{тр}}$ – паспортна вантажопідймальність транспорту, т (приймають 0,5; 0,75; 1,0; 2,0 чи 3 т); $T_{\text{нр.в}}$ – загальний час пробігу, хв. (допускається визначати за (4.19)); $k_{\text{нр}}$ – коефіцієнт нерівномірності завантаження (приймають 2,0); $k_{\text{вык}}$ – коефіцієнт використання вантажопідймальності (приймають 0,8); F_p – дійсний річний фонд часу роботи основного технологічного устаткування, год. (див. додаток 2).

Час на завантаження T_z приймають 16–22 хв.; час на розвантаження T_p – 28–36 хв.; час на випадкові затримки $T_{\text{затр}}$ приймають 45 % від $T_{\text{нр}}$ на кожен рейс.

Підлоговий кроковий складальний конвеєр слугує робочим місцем рухомого складання і використовується лише за потокової форми організації складального виробництва.

Швидкість руху складального конвеєра визначають за формулою:

$$v_{\text{конв}} = Q \cdot L_n, \quad (4.22)$$

де Q – продуктивність конвеєра, шт./хв. (приймають такою, що дорівнює такту випуску; L_n – крок секції (поста) конвеєра, м. (приймають 0,8–1,2 м).

4.5. Загальне компонування і планування виробничих підрозділів

Компонувальний план цеху – це схематичний план будівлі цеху із зображенням на ньому дільниць, відділень, допоміжних і адміністративно-побутових приміщень цеху. Призначення компонувального плану – взаємне ув'язування дільниць та відділень, які входять до складу цеху, вибір оптимального напрямку виробничого процесу, внутрішньоцехового транспорту, вантажних і людських потоків, а також раціональне розміщення допоміжних і адміністративно-побутових приміщень.

Компонувальний план розробляють з врахуванням таких вимог:

- прямотічності виробничого процесу, починаючи зі складу чи місця надходження заготовок і закінчуючи відправленням готової продукції;
- найкоротших шляхів руху виготовлюваної продукції під час виконання виробничого процесу;

– розташуванням дільниць і відділень зі шкідливими виділеннями (наприклад, дільниці для приготування МОР, абразивного відділення тощо) біля зовнішніх стін будівлі цеху.

У цехах **одиничного і дрібносерійного виробництва** механічні відділення поділяють на дільниці за типом оброблюваних деталей й одворідністю технологічного процесу (дільниці корпусних деталей, валів, зубчастих коліс, метизів тощо), а складальне відділення – на дільниці вузлового і загального складання, випробовувань тощо.

У **масовому і великосерійному виробництві** зазвичай організують самостійні дільниці за принципом створення замкнутих виробництв окремих вузлів (механічне оброблення, складання й випробовування). Складені й випробувані вузли передають на дільницю (відділення) загального складання виробу. Виробництво нормалізованих деталей (метизів) виділяють у самостійне відділення (дільницю).

У цехах **серійного виробництва** у разі великої номенклатури виробів і порівняно малого річного випуску кожного з них немає можливості застосувати організацію усіх дільниць (відділень) за вузловим принципом. Тут, поряд зі створенням дільниць і відділень для виготовлення вузлів, які є спільними для різних виробів і виготовляються за умовами великосерійного виробництва (наприклад, відділення редукторів), створюють механічні й складальні дільниці за принципом одиничного і дрібносерійного виробництва.

Приклади загальних схем компонувань механічних та механоскладальних цехів для різних типів та умов виробництва наведено у спеціалізованій літературі [22, 23, 26, 28, 30, 32, 60 (т. 1)].

На компонувавальному плані цеху вказують:

- габарити будівлі цеху;
- зовнішні капітальні стіни й внутрішні перегородки;
- маркування осей будівлі;
- сітку колон прогонів;
- відмітки фундаментів колон;
- основні технологічні дільниці;
- допоміжні служби, відділення та приміщення (майстерні, комори тощо);
- спеціальне устаткування (трансформаторні підстанції, вентиляційні камери приточної загальнообмінної вентиляції тощо);
- цехові підйнятно-транспортні засоби (крани, кран-балки, конвеєри тощо);
- підвали, тунелі, антресолі (з оцінками їх відстані до підлоги);
- межі дільниць і відділень;
- магістральні проїзди.

Розташування основного технологічного устаткування на компоновальному плані цеху, переважно, **не показують**. В окремих випадках, коли розташування основного технологічного устаткування впливає на компоновальні вирішення (наприклад, потокові верстатні чи автоматичні лінії), на компоновальних планах може бути схематично показане розміщення основних груп устаткування.

Компоновальні плани виконують у масштабі переважно від 1:400 до 1:200. Для особливо великих будівель допустиме використання масштабу 1:800, а для дуже дрібних – 1:100.

Якщо масштаб дає змогу, то на компоновальному плані необхідно вказати назви та площі усіх складових основних та допоміжних дільниць, відділень, складів, комор, майстерень тощо. За необхідності назви та площі складових цеху можна винести на вільне поле креслення, задавши відповідний номер складової на плані цеху.

На розбивальні осі будівлі наносять маркування, прийняте в будівельних кресленнях:

- **горизонтальні осі рядів колон** позначають знизу догори по осі ординат послідовними прописними літерами української абетки;

- **вертикальні осі рядів колон** нумерують зліва направо по осі абсцис арабськими цифрами, починаючи з одиниці.

На вільному полі креслення компоновального плану вказують висоту прогонів від підлоги до низу несучих конструкцій перекриття будівлі й до головок рейок підкранових колій (для кранових прогонів).

На першому етапі компонування цеху вирішують питання доцільності об'єднання деяких допоміжних відділень. Потім намічають межі цеху, проїздів, визначають місця розташування трансформаторних, компресорних станцій і вентиляційних камер тощо. Після цього визначають межі основних виробничих відділень з урахуванням послідовності технологічного процесу, а також цехових допоміжних служб. За необхідності намічають перегородки чи внутрішні стіни, визначають напрямки і характер вантажопотоків.

Технологічні потоки в цеху можуть бути спрямовані як вздовж прогонів, так і впоперек них. Технологічні потоки скеровують вздовж прогонів у тому випадку, якщо як технологічний транспорт використовують мостові опорні крани. У безкранових будівлях потоки можна спрямовувати як вздовж, так і впоперек прогонів.

Усі відділення цеху на плані необхідно розташовувати за послідовністю загального виробничого процесу.

1. У разі одиничного й серійного виробництва цеховий склад металу й заготовок разом (чи суміжно) із заготівельною дільницею розміщують на початку цеху вздовж торцевої стіни (впоперек прогонів цеху чи в окремому

прогоні, перпендикулярному до технологічних прогонів); у разі потокового виробництва складські майданчики для заготовок розміщують на початку кожної потокової лінії.

2. Уздовж складу або складських майданчиків впоперек прогонів цеху влаштовують проїзд завширшки від 4 м і більше, залежно від застосовуваних транспортних засобів.

3. За поперечним проїздом розташовують заготівельні дільниці.

4. Основні виробничі дільниці розташовують на основній площі цеху обабіч поздовжнього центрального проїзду цеху, ширина якого 4 м. У разі значної довжини технологічної лінії влаштовують поперечні проходи завширшки не менше за 4 м.

5. У кінці виробничих дільниць створюють контрольні відділення чи окремі контрольні пункти (у разі потокового виробництва).

6. За контрольними відділеннями (пунктами) впоперек усіх прогонів формують поперечний проїзд завширшки не менше за 4 м.

7. В одиничному й серійному виробництвах паралельно до контрольного відділення впоперек прольотів розміщують склад готових деталей і суміжно з ним – міжопераційний (якщо він передбачений); у потоковому виробництві для готових деталей передбачають майданчики під склади або підвісні чи підлогові конвеєри.

8. Дільницю (відділення) складання вузлів розташовують у кінці ліній механічного оброблення.

9. Дільницю (відділення) загального складання продукції розташовують перпендикулярно до напрямків виробничих потоків.

10. Випробувальне відділення розташовують за дільницями складання.

11. За випробувальним відділенням розташовують склад готової продукції, облаштований підвісними чи підлоговими конвеєрами або кран-балками чи кранами.

12. Внутрішньоцехові проїзди й проходи сполучають з основними архітектурними осями інтер'єру чи розташовують паралельно до цих осей.

13. Канали, тунелі, підлогові транспортери й конвеєри розташовують паралельно до осей колон будівлі.

14. Внутрішні стіни, перегородки великої висоти повинні проходити по осях колон.

15. Допоміжні відділення цеху розташовують у виробничій частині будівлі вздовж зовнішніх стін або в планувальних вставках завширшки 6 м і більше (кратно 6 м). Залежно від умов виробництва вставки розташовують як вздовж, так і впоперек цеху. Вони можуть бути одноповерховими й двоповерховими. Другий поверх зазвичай використовується для службових чи побутових приміщень, а також для електро- і санітарно-технічного устатку-

вання. Загострювальні відділення (з коморою різальних інструментів), ремонтні бази й майстерні тощо розмішувати в прибудовах не рекомендується.

16. Прибудови до виробничої споруди для розміщення службово-побутових приміщень необхідно розташовувати з боку основних людських потоків на територію заводу.

Компонувальний план цеху, розроблений у такий спосіб, є робочим (чорновим) варіантом і слугує підставою для розроблення планування устаткування й робочих місць цеху.

Під час планування уточнюють площі виробничих і допоміжних відділень і дільниць цеху, іноді визначають і доцільніше їх розміщення. Такі уточнення фіксують у чистовому варіанті компонувального плану.

Умовні позначення, які використовуються на компонувальних планах цехів, наведено у додатку 161 (секція А).

Технологічне планування дільниці – це план розташування на дільниці (лінії) виробничого, підйально-транспортного та іншого устаткування, інженерних мереж, робочих місць, проїздів, проходів тощо.

Розроблення планування є вельми складним і відповідальним етапом проектування, коли одночасно повинні бути вирішені питання перебігу технологічних процесів, організації виробництва й економіки, техніки безпеки, вибору транспортних засобів, механізації й автоматизації виробництва, наукової організації праці і виробничої естетики.

Планування дільниці розроблюють на основі прийнятого компонувального плану цеху. Правильним розташуванням основного й допоміжного технологічного устаткування і раціональним плануванням ліній механічного оброблення (складання) необхідно звести до мінімуму транспортні операції; деталі на складання повинні надходити під час прямої міжопераційної передачі.

У великосерійному й масовому виробництвах верстати встановлюють поточними лініями послідовно до операцій технологічного процесу оброблюваних деталей. Під час компонування механічних дільниць та визначення їх розмірів задаються середньою довжиною потокових ліній устаткування, яка визначає довжину усієї дільниці верстатного устаткування. Зокрема, для механічних (механоскладальних) цехів автомобіле- і тракторобудування довжину дільниці верстатних ліній приймають у межах 40–50 м, для цехів верстатобудування – 60–70 м тощо. Якщо довжина лінії є надто великою, її роблять здвоєною чи з поворотами так, щоб початок лінії був біля складу заготовок, а її кінець – у місці надходження деталей на складання.

У середньосерійному виробництві верстати зазвичай розташовують у групових потокових чи змінно-потокових лініях. Групову потокову лінію створюють для оброблення груп конструктивно і технологічно

схожих деталей, які постійно повторюються у річній програмі. Верстати розташовують у лінії послідовно, відповідно до технологічного процесу оброблення, оснащують інструментами й пристроями для оброблення без переналагоджування усіх деталей, які входять у групу.

Змінно-потоківі лінії використовують для оброблення кількох деталей з однотипним технологічним процесом, які виготовляють порівняно великими партіями і які часто повторюються у річній програмі. Після виготовлення партії однієї деталі лінію переналагоджують на оброблення партії іншої деталі. Послідовність розташування устаткування на лінії приймають відповідно до технологічного маршруту оброблення групи деталей.

У дрібносерійному й одиничному виробництві зазвичай організують предметно-замкнені дільниці, які призначені для виготовлення технологічно схожих деталей, що вимагають для оброблення однотипного устаткування (дільниця корпусних деталей, валів, зубчастих коліс тощо). Планування устаткування у цьому разі виконується відповідно до загальної схеми технологічного процесу виготовлення деталей на таких дільницях. В одиничному виробництві, крім того, інколи зустрічається розташування устаткування лише групами однотипних верстатів (наприклад, група токарно-гвинторізних верстатів, група універсально-фрезерних верстатів тощо). У таких випадках великогабаритне устаткування виділяють в особливу групу і розташовують її в окремому прогоні з великою висотою і відповідними вантажопідіймальними механізмами.

Приклади загальних схем планувань механічних та складальних дільниць цехів для різних типів та умов виробництва наведено у спеціалізованій літературі [22, 23, 26, 28, 30, 32, 60 (т. 1)].

Розробляючи планування, необхідно враховувати такі основні вимоги:

1) устаткування на дільниці необхідно розташовувати відповідно до прийнятої організаційної форми технологічного процесу. Необхідно намагатися розташувати виробниче устаткування за послідовністю виконання технологічних операцій оброблення, контролю і здавання деталей (виробів);

2) розташування устаткування, проходів і проїздів повинно гарантувати зручність і безпеку роботи: можливість монтажу, демонтажу і ремонту устаткування, зручність подавання заготовок і прибирання;

3) планування устаткування необхідно узгоджувати із застосовуваними підйнятно-транспортними засобами. У плануванні необхідно передбачити найкоротші шляхи переміщення заготовок, деталей, вузлів під час виробництва, які виключають зворотні рухи. Вантажопотоки повинні не перетинатися між собою, а також не перетинати і не перекривати основні проїзди і проходи;

4) планування повинно бути "гнучким", тобто необхідно передбачити можливість перестановки устаткування у разі зміни технологічного процесу;

5) розробляючи планування, потрібно раціонально використовувати не лише площу, але й увесь об'єм цеху. Висоту будівлі необхідно використовувати для розміщення підвісних транспортних засобів, а також рухомих складів деталей і вузлів, інженерних комунікацій тощо.

Технологічне планування дільниці розробляють на **основі компонуального плану цеху**. Технологічні плани виконують у масштабі переважно від 1:100 до 1:25 залежно від габаритних розмірів проєктованої дільниці (лінії). Умовні позначення будівельних елементів на технологічному плані відрізняються від позначень на компонуальному плані (див. додаток 161, секція Б1). Розбивочні осі будівлі на плані зберігають маркування, прийняте в будівельних кресленнях і в компонуальному плані цеху.

Місця поперечних перетинів рекомендується вибирати так, щоб можна було показати висоту прогону, перегородки, антресолі, канали тощо. Площина перетинів повинна проходити по прорізах (вікнах, дверях, брамах). Елементи будівлі на технологічному плануванні можна не штрихувати. Будівельні розміри конструкцій будівлі, віконних і дверних прорізів тощо на технологічних плануваннях не вказують.

На технологічному плануванні **необхідно показати**:

- будівельні елементи (чи їхні частини) – стіни зовнішні й внутрішні, колони, перегородки (із зазначенням типу), дверні й віконні прорізи, брами, підвали, тунелі, основні канали, антресолі, люки, галереї тощо, які відповідно до компонуального плану цеху, входять до технологічного плану дільниці (лінії);

- технологічне устаткування й основний виробничий інвентар – розташування верстатів, машин й інших видів устаткування (разом з резервними місцями), плит, слюсарних верстаків, стендів, майданчиків для складування матеріалів, заготовок, напівфабрикатів, місць для контролю деталей;

- підіймально-транспортні засоби: мостові, балкові, консольні, козлові та інші крани (із вказуванням їх вантажопідймальності), конвесери, рольганги, монорейки, підйомники, рейкові колії;

- розташування суміжних приміщень (допоміжних приміщень і майстерень, складів, комор, трансформаторних підстанцій, вентиляційних камер, а також конторських приміщень і санітарних вузлів);

- розташування магістральних, міжцехових і внутрішньоцехових проїздів, а також проходів, які межують з розроблюваною дільницею (лінією).

На технологічному плані розроблюваної дільниці (лінії) необхідно вказати її основні розміри – довжину, ширину, ширину прогонів, крок колон).

Устаткування на плані зображують умовним спрощеним контуром у граничних розмірах з урахуванням крайніх положень рухомих частин (враховуючи дверцята й кожухи, які відкриваються) (див. нижче). В середині контуру габариту (а для дрібного устаткування – поза контуром на виносній полиці) вказують номер устаткування за специфікацією. Приклад специфікації наведено

у табл. 4.4. Специфікацію наводять або на вільному полі креслення технологічного планування, або у пояснювальній записці кваліфікаційної роботи. Устаткування нумерують наскрізною порядковою нумерацією, яку ведуть на плані послідовно зліва направо і згори донизу. Кожна одиниця устаткування повинна мати свій окремий номер, навіть якщо марка устаткування повторюється. Підіймально-транспортне устаткування вводять у специфікацію після основного технологічного устаткування.

Біля габаритів основного та допоміжного технологічного устаткування на кресленні планування дають умовне позначення місця робітника у вигляді круга діаметром 4–5 мм (за масштабу 1:100). Половина круга затемнена, світла половина повернена до верстата (див. додаток 161, секція Б3). Біля габаритного контуру устаткування чи робочого місця необхідно також показати умовними позначеннями (див. додаток 161, секція Б2) необхідні підведення енергоносіїв, води тощо (рис. 4.1).

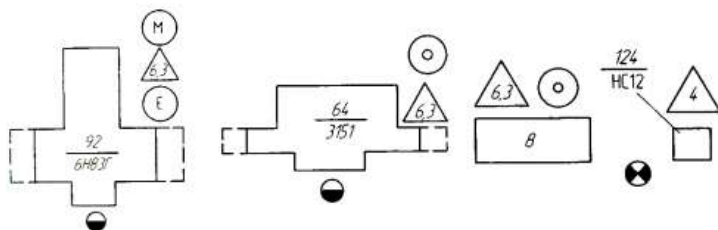


Рис. 4.1. Приклади позначення місць розташування робітників, підведення різноманітних мереж і нумерування устаткування (умовні позначення – див. додаток 161)

Розміщення (планування) устаткування

Основне технологічне устаткування розташовують на дільниці (лінії) одним із двох способів: за типом основного технологічного устаткування чи за перебігом технологічного процесу, тобто в порядку виконання операцій.

За типом устаткування (токарне, свердлильне, фрезерне, шліфувальне тощо) верстати розташовують тільки в невеликих цехах одиничного й дрібносерійного виробництва у разі малих мас і габаритів оброблюваних деталей, а також для оброблення окремих деталей у серійному виробництві. Такі групи розташовують на дільниці відповідно до послідовності оброблення більшості типових деталей. Розміщуючи верстати, їх варто розподіляти на групи залежно від маси оброблюваних деталей. За маси деталей, більшої за 1 т, верстати розташовують у прогонах, облаштованих мостовими кранами.

Верстати у цехах масового й серійного виробництва розташовують за перебігом технологічного процесу. Найдосконаліше планування верстатів – в автоматичних і безперервно-потоківих лініях. У змінно-потоківих і групових

лініях верстати розташовують у порядку виконання операцій стосовно всіх деталей з тим, щоб не було зворотних рухів. Однак окремі деталі можна обробляти не на всіх верстатах, тому зигзагоподібний рух деталей на плануваннях є цілком допустимим.

Розміщуючи верстати, керуються такими правилами:

1) у машинобудуванні довжина механічних дільниць становить 40–80 м. Зони заготовок і готових деталей входять у довжину дільниці;

2) ділянки, які зайняті верстатами, повинні бути, за можливістю, максимально короткими;

3) технологічні лінії на дільницях розташовують як уздовж, так і впоперек прогонів;

4) верстати вздовж дільниці можуть бути розташовані у два, три й більше рядів. Розташовуючи верстати у два ряди, між ними залишають проїзд. При трирядному розташуванні верстатів може бути два (рис. 4.2, а) чи один проїзд (рис. 4.2, б). В останньому випадку поздовжній проїзд утворюється між одинарним і здвоєним рядами верстатів. Для під'їзду (підходу) до верстатів здвоєного ряду (верстати розташовані один за одним тильними сторонами), які стоять біля колон, між верстатами залишають поперечні проходи. Розташовуючи верстати у чотири ряди, вздовж дільниці влаштовують два проїзди (проходи): біля колон верстати розташовують в один ряд, а посередині дільниці – здвоєний ряд (рис. 4.2, в).

5) верстати розташовують відносно проїзду вздовж, впоперек (рис. 4.3) і під кутом (рис. 4.4). Найзручнішим є розташування вздовж проїзду й у разі повернення верстатів до проїзду фронтом. У разі поперечного розташування верстатів є утрудненням їх обслуговування (подача заготовок, обмін інструментів, приймання деталей тощо), оскільки доводиться передбачати поперечні проїзди для візків чи електрокарів до робочих місць. Для кращого використання площі револьверні верстати, автомати й інші верстати для оброблення пруткових матеріалів, а також протяжні, розточувальні, поздовжньо-фрезерні й поздовжньо-шліфувальні верстати розташовують під кутом. Верстати для пруткової роботи ставлять завантажувальною стороною до проїзду, а інші верстати так, щоб сторона верстата з приводом була звернена до стіни чи колон, що є зручнішим для складування заготовок і виключає ламання приводу під час транспортування деталей.

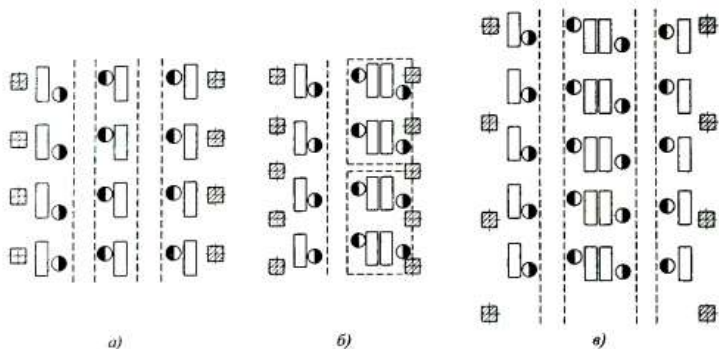


Рис. 4.2. Розташування верстатів у прогоні: а) – у три ряди з двома поздовжніми проїздами (проходами); б) – у три ряди з одним поздовжнім і трьома поперечними проїздами (проходами); в) – у чотири ряди з двома поздовжніми проїздами (проходами)

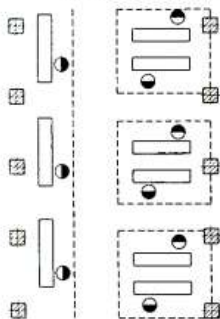


Рис. 4.3. Поздовжнє і поперечне розташування верстатів у прогоні

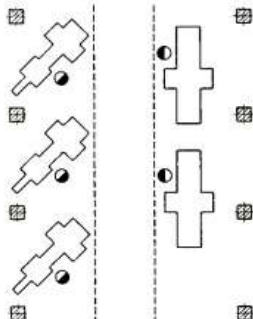


Рис. 4.4. Розташування розточувальних верстатів під кутом і поздовжньо-стругальних верстатів уздовж прогону

б) верстати відносно один одного розташовують фронтом, “у потилицю” і тильними сторонами. Розташовуючи верстати уздовж дільниці, оптимальніше використовують площу з тильним розташуванням верстатів.

Великі верстати не варто встановлювати поблизу вікон, оскільки це призводить до затемнення цеху.

Визначення віддалей між верстатами, від верстатів до стін і колон будівлі виконують за нормативами, які наведені у [22, 23, 26, 28, 30, 32]. Визначаючи такі віддалі, необхідно враховувати, що:

1) віддалі беруться від зовнішніх габаритних розмірів верстатів, які враховують крайні положення рухомих частин, дверцят і постійних огорожень верстатів;

2) для важких й унікальних верстатів (габаритами понад 16 x 6 м) необхідні віддалі встановлюються відповідно до кожного конкретного випадку;

3) встановлюючи верстати на індивідуальні фундаменти (жорсткі чи віброізолювані), віддалі верстатів від колон, стін і між верстатами приймають з урахуванням конфігурації й глибини фундаментів верстатів, колон і стін;

4) віддаль між двома верстатами, які стоять поруч і мають різні розміри, приймають за більшим з цих верстатів;

5) у разі обслуговування верстатів мостовими кранами чи кран-балками віддаль від стін і колон до верстатів приймають з урахуванням можливості обслуговування верстатів при крайніх положеннях гака крана;

6) залежно від умов планування, монтажу й демонтажу верстатів норми відстаней можуть бути, у разі відповідного обґрунтування, збільшені.

Вибираючи ширину проїздів між рядами верстатів [22, 23, 26, 28, 30, 32], необхідно мати на увазі, що:

1) віддалі розраховують від зовнішніх габаритів верстатів, включно з крайніми положеннями рухомих частин, дверцят, які відчиняються, а також постійних огорожень верстатів;

2) під розміром транспортованих деталей (тари з деталями) розуміють розмір у напрямку, перпендикулярному до проїзду (по ширині проїзду);

3) ширину проїздів під час транспортування електронавантажувачами вибирають з урахуванням можливого повороту навантажувачів на 90°;

4) якщо розміри транспортованих деталей (заготовок) (у напрямі, перпендикулярному до проїзду) становлять понад 3 м, ширина проїзду і віддаль між рядами верстатів призначається індивідуально для кожного конкретного випадку;

5) за особливої необхідності і відповідного обґрунтування зазначені норми можна збільшувати для того, щоб добитися вільного транспортування найбільш габаритних верстатів під час їх ремонту чи заміни;

б) якщо верстати розташовані біля стін, що ускладнює прибирання стружки механізованими засобами, необхідно вздовж стіни передбачити проїзд завширшки 3 м;

7) рекомендується використовувати лише односторонній рух у проїздах; двосторонній рух допускається лише у разі обґрунтування його необхідності.

Оптимальну **послідовність розміщення (планування) устаткування** наведено нижче.

1. На аркуші міліметрового паперу накреслити спрощений план ділянки у вибраному масштабі з нанесенням на ньому стін, колон, брам, магістральних проїздів, проходів тощо.

2. Із щільного паперу чи картону вирізати габаритні контури у плані (т. зв. *темплети*) у вибраному масштабі на все устаткування ділянки (основне й допоміжне). За габарит верстата приймають його контур по краях виступаючих частин, причому в габарит входять крайні положення рухомих частин. Темплету кожної моделі верстата беруть з відповідних каталогів, паспортів, довідникової літератури чи знімають з натури на базовому підприємстві. За відсутності вказаних вище джерел допускається виконати темплету за конфігурацією відповідних граничних габаритів верстатів (див. додаток 161 (секція Б3), [28] тощо), пропорційно вписавши відповідну конфігурацію у прямокутник габаритних розмірів вибраної моделі (у відповідному масштабі) основного технологічного устаткування.

3. Переміщуючи на плануванні темплети у різних варіантах, знайти оптимальний варіант її розташування і зафіксувати його. Оптимальним варіантом вважається такий, у разі використання якого ділянка матиме мінімальні розміри.

Таблиця 4.1

Розрахунок необхідної верстатосмісності та кількості основного технологічного устаткування для виконання технологічного процесу механічного оброблення основної деталі

Номер та назва операції	Модель основного технологічного устаткування	Норма часу на операцію $T_{шт-к}, хв.$	Річна верстатосмісність $V, в.-год.$	Потреба в устаткуванні		Фактичний коефіцієнт завантаження $P_{факт}$
				$m_{розр}$	$m_{пр}$	
005. Вертикально-фрезерна	6P13Б	7,14	2 380,0	0,59	1	0,59
010. Поздовжньо-фрезерна	6604	4,95	1 650,0	0,41	1	0,41
015. Поздовжньо-фрезерна	6604	5,14	1 713,3	0,42	1	0,42
.....
090. Поздовжньо-шліфувальна	3508	11,90	3 966,7	0,98	2	0,49
Всього по ТП	---	112,86	37 620,0	9,28	20	0,46

Таблиця 4.2

Розрахунок необхідної працесмісності та кількості робочих місць для виконання технологічного процесу складання виробу

Номер та назва операції	Норма часу на операцію $T_{шт-к}, хв.$	Річна працесмісність $\Pi, н.-год.$	Необхідність в робочих місцях		Фактичний коефіцієнт завантаження $P_{факт}$
			$m_{розр}$	$m_{пр}$	
005. Слюсарно-складальна	3,56	1 186,7	0,29	1	0,29
010. Слюсарно-складальна	14,34	4 780,0	1,18	2	0,59
.....
025. Слюсарно-складальна	4,45	1 483,3	0,37	1	0,37
Всього по ТП	34,11	11 370,0	2,80	7	0,40

Розрахунок річної верстатосможності для виготовлення інших деталей виробу

№ з/п	Назва деталі	Номер деталі	Маса деталі, кг	К _м	Річна програма, шт	К _{сер}	Кількість оброблюваних поверхонь	К _{ссл}	К _о	Річна верстатосможність П ₁ , в.-год
	Стіл	6Л463.21.00.011	25,0	1,0	20 000	1,0	21	1,0	1,0	42953,5
1	Каретка	6Л463.21.00.010	7,8	0,46	20 000	1,0	18	0,93	0,43	18 470,0
2	Консоль	6Л463.21.00.012	8,2	0,48	20 000	1,0	15	0,85	0,41	17 610,9

29	Руків'я	641.20.308	0,2	0,04	40 000	1,15	7	0,58	0,02	859,1
	Всього:	-	22,6	-	-	-	-	-	-	60 134,8

Специфікація устаткування, встановленого на дільниці механічного оброблення

Номер на технологічному плануванні	Вид устаткування	Тип (модель) устаткування	Габаритні розміри (довжина x ширина), м	Потужність, кВт
1	металорізальний верстат	6Р13Б	2,60 x 2,26	15,0
2	металорізальний верстат	6604	3,63 x 2,65	8,0
3	металорізальний верстат	6604	3,63 x 2,65	8,0
...
18	металорізальний верстат	3508	9,72 x 4,55	41,8
19	слосарний верстак	---	1,96 x 1,54	---
20	контрольний стіл	---	2,86 x 2,02	---
21	мостовий кран	---	---	---

5. РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Технологічний документ визначає технологічне рішення і (або) технологічний процес відповідно до встановленої форми. До технологічних документів належать графічні й текстові документи, які окремо чи в сукупності визначають технологічний процес виготовлення чи ремонту виробу і маршрут проходження його по службах підприємства.

До технологічних документів, які підлягають обов'язковому розробленню у кваліфікаційній роботі³³, належать:

- 1) *титульний аркуш* (ТЛ) (форма 2 ГОСТ 3.1105-84);
- 2) *маршрутна карта* (МК) (форми 1, 1а, 1б ГОСТ 3.1118-82);
- 3) *операційна карта* (ОК) (форми 2, 2а; 3; 3а, 3б ГОСТ 3.1404-86);
- 4) *карта ескізів* (КЕ) (форми 6, 6а; 7, 7а; 8, 8а ГОСТ 3.1105-84).

За необхідністю розроблюють також інші види технологічних документів, зокрема *Відомість технологічних документів* (ВТД) та *Відомість технологічного оснащення* (ВО).

Зміст вказаних форм та їхні коди наведено у табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Основні та допоміжні технологічні документи та їхній зміст

Категорія	Позначення	Опис	Код
Титульний аркуш	ТЛ	Визначає назву ТП чи предмету праці і дані про розробника.	00
Маршрутна карта	МК	Містить опис ТП виготовлення чи ремонту виробу за всіма операціями різних видів робіт у технологічній послідовності із зазначенням даних про устаткування, спорядження, матеріальні та трудові норми.	10
Операційна карта	ОК	Містить опис технологічної операції із зазначенням переходів, режимів оброблення (складання) і даних про устаткування, спорядження, матеріальні та трудові норми.	60
Карта ескізів	КЕ	Містить ескізи, схеми, таблиці, необхідні для виконання ТП, операції чи переходу виготовлення чи ремонту	20
Відомість технологічного оснащення	ВО	Містить перелік технологічного оснащення, необхідного для здійснення ТП (операції).	42
Відомість технологічних документів	ВТД	Визначає склад і комплектність технологічних документів, необхідних при виготовленні (ремонті) виробу.	40

У кваліфікаційній роботі необхідно розробити комплекти технологічної документації на усі технологічні процеси (механічного оброблення,

³³ Інформацію про інші види технологічних документів наведено у [49].

складання, зварювання тощо), які підлягали розробленню, відповідно до завдання на проектування. Усі комплекти розробляють за *маршрутно-операційним описом* [49].

5.1. Позначення технологічних документів

Відповідно до вимог Єдиної системи технологічної документації (ЄСТД), технологічні документи об'єднують у комплекти документів, які оформляють у вигляді альбомів. Будь-якому комплекту документів, як і кожному окремому документу, присвоюють своє позначення (код).

Система позначення технологічних документів передбачена ГОСТ 3.1201-85, відповідно до якого кожен розроблений і випущений в обіг документ повинен мати самостійне позначення, яке не допускається для використання в інших документах. Відповідно до ГОСТ 3.1103-82 встановлюється така структура позначення документа:



Рис. 5.1. Структура умовного позначення технологічного документа

Код організації-розробника призначають за Державним кодифікатором організацій-розробників. Після коду організації-розробника ставлять крапку.

ГОСТ 3.1103-82 встановлює таку структуру і довжину **коду характеристики документа**:

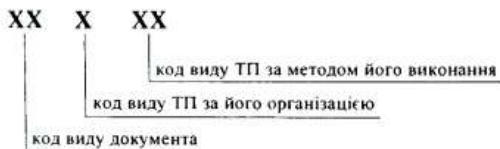


Рис. 5.2. Структура і довжина коду характеристики (див. рис. 5.1) технологічного документа

Код виду технологічного документа приймають за ГОСТ 3.1201-85. Коди найрозповсюдженіших технологічних документів наведено у табл. 5.1.

Кодування виду технологічного процесу за методом організації здійснюється так. Код *0* застосовують, коли немає потреби позначати конкретний вид. Код *1* присвоюють одиничним, код *2* – типовим, код *3* – груповим технологічним процесам (операціям),

Кодування виду технологічного документа за методом виконання здійснюється за технологічним класифікатором технологічних процесів машинобудування і приладобудування. Перелік найпоширеніших кодів наведено нижче.

Без визначення ³⁴	00
Загального призначення	01
Литво металів та сплавів	10
Оброблення тиском	21
Оброблення різанням	41, 42
Термічне оброблення	50, 51
Електрофізичне, електрохімічне і радіаційне оброблення	75
Складання	88
Зварювання	90, 91

Після коду характеристики технологічного документа ставлять крапку.

Порядковий реєстраційний номер встановлює організація-розробник. Номери присвоюють з 00001 до 99999 у межах кожного коду характеристики документа.

У кваліфікаційній роботі порядковий реєстраційний номер допускається встановлювати самостійно, починаючи з номера 00001 в межах кожного виду документів.

Приклад 1. Комплект технологічних документів на типовий технологічний процес механічного оброблення деталі: *XXXXX.02241.00001*.

Приклад 2. Операційна карта механічного оброблення на багатопшпіндельному автоматі (операція номер 015, одиничний технологічний процес): *XXXXX.60141.00003*.

5.2. Загальні правила оформлення технологічних документів

Усі технологічні документи поділяються на три групи: текстові, графічні і комбіновані. До текстових належать документи, які містять в основному суцільний текст (ТЛ) чи текст, розбитий на графи (МК, ОК, ВО тощо). До графічних документів належать ескізи виробів чи їхніх складових частин (КЕ), схеми контролю тощо. Комбіновані документи містять як текстові, так і графічні матеріали (ОК з ескізами).

³⁴ Код 00 застосовують, якщо нема потреби (чи неможливо) позначити конкретний вид процесу, наприклад, коли в одному комплекті документів описано два чи більше процесів різних видів (механічне оброблення та складання).

Основні вимоги до текстових документів викладені в ГОСТ 2.105–79.

Запис у документах повинен бути точним і лаконічним. Терміни, визначення, умовні позначення, назви, скорочення слів і словосполучень повинні відповідати вимогам державних стандартів та керівних нормативних документів. У тексті допускається виділення розділів і підрозділів. Назви розділів і підрозділів записують у вигляді заголовків та підзаголовків і, за необхідності, підкреслюють. Під заголовками і між розділами і підрозділами слід залишати один-два вільні рядки. До граф, обведених товстою лінією, вміщують інформацію, яка може підлягати обробленню за допомогою засобів обчислювальної техніки. Запис текстового матеріалу потрібно виконувати в нижній частині рядка, залишаючи верхню його частину вільною для внесення змін. У разі заповнення граф даними у вигляді дробу числівник потрібно записувати у першому рядку, а знаменник – у верхній частині другого. Записи не повинні зливатися з лінією. Кілька даних, які вміщують в одну графу, треба записувати на окремих рядках або відповідних їм рівнях графи. Допускається записувати кілька даних на одному рядку графи, якщо розмір графи дає змогу записати їх через розділовий знак (крапка з комою).

Запис даних у бланках належить виконувати в технологічній послідовності виконання операцій, переходів, прийомів робіт, фізичних і хімічних процесів. Операції треба нумерувати, числами ряду арифметичної прогресії (5, 10, 15 тощо). Допускається до чисел додавати зліва нулі до тризначного числа (наприклад, 005, 010, 015 тощо).

Переходи потрібно нумерувати арабськими цифрами натурального ряду (1, 2, 3 тощо). Установи нумерують великими літерами української абетки (А, Б, В тощо).

Розмірні характеристики і позначення оброблюваних поверхонь вказують арабськими цифрами. Для позначення позицій і осей допускається застосовувати римські цифри.

Вимоги безпеки праці в технологічних документах повинні бути викладені відповідно до нормативно-технічних і методичних документів Системи стандартів безпеки праці.

Коди, назви і позначення даних треба записувати відповідно до чинних державних класифікаторів техніко-економічної інформації, міждержавних і державних стандартів, галузевих нормативно-технічних документів.

Допускається застосовувати скорочений запис назв і позначення даних, якщо у самому текстовому документі чи в одному з документів комплекту, до якого входить цей текстовий документ, записано коди або повні назви і позначення цих даних. Так, якщо в маршрутній карті записано код матеріалу, який відповідає умовному позначенню за державним стандартом, наприклад

$$\text{Круг} \frac{70 \text{ ГОСТ } 2590-88}{45 \text{ ГОСТ } 1050-88},$$

то в усіх інших документах комплексу можна записувати “*Сталь 45*”.

У переході, де вперше використано певний інструмент, допускається зазначення номерів подальших переходів, де цей інструмент застосовується, наприклад “*ШЦ II– 250–0,05 (для переходів 3, 6, 9)*”.

При включенні відомості оснащення (ВО) до комплексу документів на технологічний процес (операцію) і відображенні в ній повної інформації про технологічне оснащення в інших документах (наприклад, ОК), для стандартизованих інструментів і засобів вимірювання допускається застосовувати скорочену форму запису, без позначень відповідного стандарту, наприклад,

<i>повний запис</i>	<i>скорочений запис</i>
<i>Штангенциркуль ШЦ II – 250–0,05 ГОСТ 166–89</i>	<i>ШЦ II–250–0,05</i>

Основні вимоги до графічних документів. Ескізи потрібно виконувати з дотриманням масштабу чи без його дотримання, проте з приблизним дотриманням пропорцій. Оброблювані поверхні необхідно проводити лінією завтовшки від 2S до 3S. Розробляючи один ескіз на весь технологічний процес чи на декілька операцій, оброблювані поверхні можна наводити лінією звичайної товщини.

Графічні зображення можна виконувати за допомогою цифрової друкарської техніки (принтера, плотера), креслярських інструментів, а також від руки. Зображувати виріб на ескізі треба в робочому положенні на операції. Якщо один ескіз розробляється до кількох операцій, допускається зображувати виріб у неробочому стані. Ескіз повинен містити витримувані розміри з граничними відхиленнями (ГОСТ 2.307–68 і ГОСТ 2.308–79), позначення шорсткості (ГОСТ 2.309–73) баз, опор і затискачів (ГОСТ 3.1107– 81). Технічні вимоги на картах ескізів подають, відповідно до ГОСТ 2.316-68.

Кількість ескізів і схем, які пояснюють операції, встановлює розробник документів. До документів маршрутного і маршрутно-операційного опису допускається ескізи не розробляти і використовувати відповідні конструкторські документи, оформлені відповідно до вимог стандартів ЄСКД.

На ескізах до операцій усі розміри чи конструктивні елементи оброблюваних поверхонь умовно нумерують арабськими цифрами. Номер розміру або конструктивного елемента проставляють у колі діаметром 6–8 мм і з’єднують з розмірною чи виносною лінією. Розміри і граничні відхилення у змісті операції (переходу) не вказують (скорочена форма записування переходу), наприклад, “**Розвернути отв. 1**”, “**Фрезерувати пов. 2, витримуючи розмір 3**”. На кожному ескізі нумерацію розмірів чи конструктивних елементів необхідно починати з одиниці і намагатися виконувати у напрямі руху годинникової стрілки. Виконуючи в одному

документі кілька ескізів до різних операцій одного технологічного процесу, можна наскрізно нумерувати оброблювані поверхні (конструктивні елементи). Номери однієї і тієї самої оброблюваної поверхні (конструктивного елемента), які зустрічаються в різних операціях, можуть не збігатися.

Технічні вимоги необхідно вміщувати на вільній частині документа праворуч від зображення виробу чи під ним і викладати за ГОСТ 2.316–68.

Під час розроблення схеми встановлення виробу на операції допускається застосовувати спрощене зображення виробу, без конструктивних елементів, які не впливають на встановлення і закріплення виробу і які на цій операції не оброблюють.

Зображення технологічних налагоджень й установів з інструментами необхідно вказувати спрощено. Невидимі контури інструмента, які закриваються іншими засобами технологічного оснащення чи їх частинами, у спрощеному зображенні вказувати не потрібно.

Умовні позначення, встановлені державними стандартами, використовують на карті ескізів без роз'яснення, з посиланням на відповідні стандарти. Умовні позначення, які не передбачені державними стандартами, необхідно використовувати з обов'язковим посиланням на галузеві стандарти чи стандарти підприємства.

Якщо на полі для графічної інформації міститься кілька окремих ескізів для різних операцій технологічного процесу, то над кожним ескізом потрібно вказати і підкреслити номер операції. Дopusкається не записувати всі номери операцій, а вказати через тире крайні. Наприклад, якщо зображення виробу на ескізі стосується операцій *005, 010, 015 і 020*, то можна записати *005–020*.

Вимоги до оформлення комбінованих документів аналогічні до вимог, які висувають до текстових і графічних документів у тій частині, яка їх стосується. На комбінованих документах можуть бути таблиці і графіки, які треба виконувати за ГОСТ 2.105–79.

Усі види технологічних документів вміщують єдину форму основного напису, зміст і правила заповнення якого регламентовані ГОСТ 3.1103–82. Багато з технологічних документів мають однакові графи, в яких друкарським способом набрано їх повні чи скорочені позначення. Розшифрування граф найрозповсюдженіших на підприємствах України форм титульного аркуша (ТЛ) (рис. 5.3), маршрутної карти (МК) (рис. 5.4), операційної карти (ОК) (рис. 5.5) та карти ескізів (КЕ) (рис. 5.6) наведено у табл. 5.2.

Дробилка									
Возврат									
Ординар									
						Зав. №-стор.	1		
Назва підприємства	Номер виробу	Номер вузла	Номер комплекту			ТД			
Назва виробу								Б	Літ

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

механічного оброблення

"НАЗВА і заводський номер виробу"

Розробив:

Перевірів:

Нормоконтроль

Затвердив:

Підпис

Прізвище

Прізвище

Прізвище

Прізвище

ТП	Титульний аркуш
-----------	-----------------

Рис. 5.3. Бланк титульного аркуша (ГОСТ 3.1105-84, форма 2) на технологічний процес механічного оброблення

Дубль	Взам.	Ориг.	Позначення компл. А										Сер.	Ст.					
Цех			Діл.		РМ	Опер.	Код назва операції			Позначення документу				Позначення маршруту					
Б			ММ		Код назва устаткування		СМ	Проф.	Р	УП	ХР	КООН	ОН	ОП	ВЛ	Тп	Тип		
ММ			ММ		Назва деталі, складальної одиниці чи матеріалу			Позначення, код				ОБ	ОН	КВ	Н	Вирт.			
А 01			ЗМ		Код, назва операції		Позначення документа для даної операції												
Б 02			ЗМ		Код, назва устаткування		Позначення, код												
К/М			ММ		Назва деталі, складовиць, матеріалу			Код проф.				УП	КР	КООН	ОН	ОП	Кит.	Тп.з.	Тип
								Позначення, код				ОБ	ОН	КВ	Н	Вирт.			
04																			
05																			
06																			
07																			
08																			
09																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
МК	Маршрутне карта																		

Рис. 5.4 (продовження). Бланк маршрутної карти (ГОСТ 3.1118-84, форма 16)

Діля Біля Орив	Прізвище Період Діагноз	Піфінс	Дата	Назва підприємства	Номер виробу	Номер вузла	Позначення карти	Позначення комплекту	
								суд.	ст.
								ТД	М
Н-номер	Прізвище Дата операції			Назва виробу				цех	діл.
	Назва операції			Матеріал	Інструмент	Суб	МД	маса	РМ
	Назва операції			Марка матеріалу, ГОСТ на матеріал	Твердість (НВ)	ОВ	маса дөл.	профіль / розміри характерні	міс
	Установчий інструмент			Позначення програми	Тп	Тп	Тп	МР	КОД
	Модель верстата			Позначення вертучої програми	Тосн.	Тдөл.	Тп.з.	Тшт.	Марка мастильно- околювальної рідини
Р					Т	С	л	а	В
М 01	Марк, ГОСТ допоміжного (технологічного) матеріалу								
О 02	Зміст переходу								
Т 03	Пристрій, допоміжний інструмент, різальний інст-т, слюсарно-монтажний інст-т, засоби вимірювання								
Р 04	Режими різання (для основного переходу)								
05									
06									
07									
08									
09									
10									
11									
12									
13									
OK	Операційна карта								

Рис. 5. Бланк операційної карти (ГОСТ 3.1404-86 форма 3)

Дубль	Взам.	Ориг.											Позначення детал.		дет.	ст.	
													ТД		N		
													Позначення виробу		опер		
P															S	C	V
M 01	Мат-л, ГОСТ Волокнисто (технологічного) матеріалу																
O 02	Зміст переходу																
T 03	Прийстрій, допоміжний інструмент, різальний інст-т, слюсарно-монтажний інст-т, засоби вимірювання																
P 04	Режими різання (для основного переходу)																
05																	
06																	
07																	
08																	
09																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
OK	Операційна карта																

Рис. 5.5 (продовження). Бланк операційної карти (ГОСТ 3.1404-86 форма 3б)

Зміст необхідних для заповнення граф (див. рис. 5.3–5.6)

№ з/п	Назва графи	Умовне позначення графи на карті	Використання	Зміст інформації
1.	Назва підприємства	---	ТЛ, МК, ОК, КЕ	Назва підприємства або навчального закладу. Допускається повна або скорочена форма. Наприклад, Національний університет "Львівська політехніка", ВАТ ЛЗФВ.
2.	Номер виробу	---	ТЛ, МК, ОК, КЕ	Позначення виробу (деталі, складальної одиниці) за основним конструкторським документом.
3.	Номер вузла	---	ТЛ, МК, ОК, КЕ	Позначення виробу (складальної одиниці), куди входить розроблюваний виріб (складальна одиниця) за основним конструкторським документом.
4.	Назва виробу	---	ТЛ, МК, ОК, КЕ	Назва виробу (деталі, складальної одиниці) за основним конструкторським документом, наприклад, "Вал шліштовий".
5.	Номер комплекту ТД	---	ТЛ, МК, ОК, КЕ	Позначення документу за ГОСТ 3.1201–85 (див. рис. 5.1).
6.	Літ.	---	ТЛ, МК, ОК, КЕ	Літера технічного документа за ГОСТ 3.1102–81: <i>І</i> – разові виготовлення в одиночному виробництві; <i>П</i> – попередній проєкт; <i>А</i> – серійне виробництво; <i>Б</i> – масове виробництво
7.	Позначення карти	---	МК, ОК, КЕ	<i>Перші сім цифр</i> у верхній частині графи – код організації-розробника. У кваліфікаційній роботі допускається запис XXXXXX. <i>Перші п'ять цифр</i> у нижній частині графи – код характеристики документа: перші дві цифри – вид ТД (табл. 1), третя цифра – вид ТП за методом організації (1 – одиничний, 2 – типовий, 3 – груповий), останні дві цифри – вид ТП за методом його виконання (див. пояснення до рис. 5.2). <i>Останні п'ять цифр</i> у нижній частині графи – порядковий реєстраційний номер (у кваліфікаційній роботі допускається запис XXXXXX). XXXXXX XXXXXX Приклад: 50141.XXXXX
8.	заг. к-сть	---	ТЛ	Загальна кількість аркушів комплекту.

№ з/п	Назва графи	Умовне позначення графи на карті	Використання	Зміст інформації
9.	к-сть	---	МК, ОК, КЕ	Кількість аркушів одного виду документу у комплекті.
10.	ст.	---	МК, ОК, КЕ	Порядковий номер сторінки документу в межах одного виду.
11.	скр. N	---	МК, ОК, КЕ	Порядковий номер сторінки документу в межах комплекту (наскрізний номер сторінки).
12.	Розробив, Перевірив, Затвердив тощо	Розробив, Перевірив, Затвердив тощо	ТЛ, МК, ОК, КЕ	Характер роботи осіб, які підписують документи
13.	Прізвище	---	ТЛ, МК, ОК, КЕ	Прізвища осіб, які брали участь у розробленні, оформленні, контролі, затвердженні документу.
14.	Підпис	---	ТЛ, МК, ОК, КЕ	Підписи осіб, які брали участь у розробленні, оформленні, контролі, затвердженні документу.
15.	Дата	---	ТЛ, МК, ОК, КЕ	Дата підписування документу особами, які брали участь у розробленні, оформленні, контролі документу.
16.	Марка матеріалу, ГОСТ на матеріал	---	МК, ОК	Марка матеріалу та стандарт на матеріал, сортament та стандарт на сортament виробу-деталі. На виріб – складальну одиницю не заповнюється. Записується по всій довжині стрічки М 01.
17.	Код матеріалу	Код	МК	Код матеріалу за класифікаторами організації-розробника. У кваліфікаційній роботі допускається проставляти умовний код XXXXXX.XXXX
18.	ОВ	ОВ	МК, ОК	Код однієї величини (маси, довжини, площі тощо) за класифікатором позначення однієї величини рахунку. Для маси, вказаної в кілограмах – код 166, в грамах – 163, в тонах – 168.
19.	Маса деталі	МД	МК, ОК	Маса деталі в одиницях, вказаних у графі "ОВ".
20.	ОН	ОН	МК, ОК	Одиниця нормування – кількість деталей, на яку встановлюється норма витрат матеріалу, напр., 1, 10, 100, 1000 тощо, в одиницях, записаних у графі "ОВ".
21.	Норма витрат	Н.вирт.	МК	Норма витрат на одиницю нормування у відповідних одиницях величини (див. графи "ОВ" та "ОН").
22.	КВМ	КВМ	МК	Коефіцієнт використання металу.

№ з/п	Назва графи	Умовне позначення графи на карті	Використання	Зміст інформації
23.	Код заготовки	Код заготовки	МК	Код заготовки. Вищі класифікаційні угруповання коду заготовок вибірково наведені у додатку 163. Нижче угруповання (після крапки) у кваліфікаційній роботі допускається вказувати умовно: «XXXX».
24.	Профіль і розміри заготовки	Профіль і розміри заготовки	МК, ОК	Профіль і розміри заготовки.
25.	Маса загот.	МЗ	МК, ОК	Маса заготовки.
26.	Назва заготовки	---	МК	Назва використовуваної заготовки.
Заповнюється для кожної операції				
27.	цех	цех	МК, ОК, КЕ	Номер цеху. У кваліфікаційній роботі допускається запис у вигляді умовного коду «XX».
28.	дл.	дл.	МК, ОК, КЕ	Номер дільниці. У кваліфікаційній роботі допускається запис у вигляді умовного коду «XX».
29.	РМ	РМ	МК, ОК, КЕ	Номер робочого місця. У кваліфікаційній роботі допускається запис у вигляді умовного коду «XX».
30.	опер.	опер.	МК, ОК, КЕ	Номер операції.
31.	Код, назва операції	Код, назва операції	МК	Код (<i>чотири цифри</i>) операції і її назва. Заповнюють відповідно до класифікатора технологічних операцій (додатки 164 і 165).
32.	Позначення документів для даної операції	Позначення документу	МК	Позначення (коди) документів, які використовуються при виконанні даної операції. Записують відповідно до з ГОСТ 3.1201–85 (див. рис. 5.1).
33.	Код, назва устаткування	Код, назва устаткування	МК	Код і назва основного технологічного устаткування (верстата), яке використовується при проведенні даної операції. Код вводить в себе вишу (<i>шість перших цифр</i>) і нижчу (<i>чотири цифри після крапки</i>) класифікаційні угруповання. Вищі класифікаційні угруповання вибірково наведені у додатку 166. Нижче угруповання обладнання у кваліфікаційній роботі допускається запис вказувати наком «XXXX».

№ з/п	Назва графи	Учовне позначення графи на карті	Використання	Зміст інформації
34.	СМ	СМ	МК	СМ – ступінь механізації. Вказується цифрою; 1 – спостереження за роботою автоматів; 2 – робота за допомогою машин і автоматів; 3 – робота вручну на машинах і автоматах; 4 – робота вручну без машин і автоматів; 5 – робота вручну при налагодженні машин і ремонті.
35.	код проф.	Проф.	МК	Код професії за класифікатором ОКПДТР (додаток 165).
36.	розр.	Р	МК	Код розряду роботи, необхідний для виконання операції. Містить три цифри: перша – розряд роботи за тарифно-кваліфікаційним довідником (від 2 до 6); дві наступні – код системи оплати праці: 10 – відрядна; 11 – відрядна пряма; 12 – відрядна преміальна; 13 – відрядна прогресивна; 20 – погодинна; 21 – погодинна проста; 22 – погодинна преміальна.
37.	УП	УП	МК	Код умов праці за класифікатором ОКПДТР. Містить цифру – умови праці: 1 – нормальні; 2 – важкі і шкідливі; 3 – особливо важкі та особливо шкідливі, і літеру, яка вказує вид норми часу: Р – розрахунково-аналитична, Д – аналітично-досвідна, Х – хронометражна, С – статистично-дослідна.
38.	КР	КР	МК	Кількість робітників, зайнятих при виконанні операції.
39.	КООД	КООД	МК, ОК	Кількість одночасно оброблюваних деталей.
40.	ОН	ОН	МК	Одиниця нормування – кількість деталей, на яку встановлюється штучна норма часу, напр., 1, 10, 100, 1000 тощо у хв.
41.	ОП	ОП	МК	Обсяг виробничої партії, шт. При виконанні процесу переміщення – обсяг транспортної партії (кількість вантажних одиниць, які переміщуються одночасно).
42.	Кшт.	Кшт.	МК	Коефіцієнт штучного часу при багатостатковому обслуговуванні. Вибирається із співвідношення: кількість верстатів, що обслуговуються 1 – 1,0; 2 – 0,65; 3 – 0,48; 4 – 0,39; 5 – 0,35; 6 – 0,32.
43.	Тосн.	То.	ОК	Норма основного часу, хв.
44.	Тдоп.	Тд.	ОК	Норма допоміжного часу, хв.

№ з/п	Назва графи	Умовне позначення графи на карті	Використання	Зміст інформації
45.	Тп.з.	Тп.з.	МК, ОК	Норма підготовчо-заклучного часу, хв.; для МК – на одиницю нормування (див. графу ОН – п. 40).
46.	Тшт.	Тшт.	МК, ОК	Норма штучного часу, хв.; для МК – на одиницю нормування (див. графу ОН – п. 40).
47.	Назва деталі, скл. одиниці, матеріалу	Назва деталі, скл. одиниці, матеріалу	МК, ф. 16	Назва деталі, складальної одиниці, матеріалу, які використовуються у ТП складання.
48.	Позначення, код	Позначення, код	МК, ф. 16	Позначення та код використовуваних у ТП складання деталей, складальних одиниць та матеріалів.
49.	ОВП	ОВП	МК, ф. 16	Обсяг виробничої партії складання.
50.	ОВ	ОВ	МК, ф. 16	Одиниця величини використання у ТП складання деталей, складальних одиниць та матеріалів
51.	ОН	ОН	МК, ф. 16	Одиниця нормування – кількість деталей, складальних одиниць тощо, на яку встановлюється одиниця величини.
52.	КВ	КВ	МК, ф. 16	Кількість вузлів, на які встановлюється одиниця нормування.
53.	Норма витрат	Н витр.	МК, ф. 16	Норма витрат на одиницю нормування у відповідних одиницях величини (див. графи "ОВП" та "ОВ").
54.	Назва операції	Назва операції	ОК	Назва технологічної операції <i>без її коду</i> . Заповнюють відповідно до класифікатора (див. додатки 164, 165).
55.	Устаткування, пристрій ЧПК	Модель верстату	ОК	Модель верстата, відповідно до його паспорту. При використанні верстата з ЧПК – модель верстата і тип його системи ЧПК.
56.	Позначення керуючої програми	Позначення керуючої програми	ОК	Заводське позначення (код) програми для верстата з ЧПК.
57.	Твердість (НВ)	Твердість (НВ)	ОК	Твердість матеріалу заготовки в одиницях НВ.

№ з/п	Назва графи	Умовне позначення графи на карті	Використання	Зміст інформації
58.	Марка мастильно-охолоджувальної рідини	МОР	ОК	Інформація про застосувану мастильно-охолоджувальну рідину.
59.	Твердість (НВ)	Твердість (НВ)	ОК	Твердість матеріалу заготовки в одиницях НВ.
60.	Марка, ГОСТ допоміжного (технологічного) матеріалу	М	ОК	Інформація про марку і стандарт використовуваного в операції допоміжного (технологічного) матеріалу
61.	Зміст переходу	О	ОК	Зміст окремого переходу операції.
62.	Засоби технологічного оснащення	Т	ОК	Інформація про використувані при виконанні окремого переходу пристрої, допоміжні інструменти, різальні інструменти, слосарно-монтажні інструменти, засоби вимірювання.
63.	Режими різання (для основного переходу)	Р	ОК	<p><i>П</i> – номер позиції інструментального налагодження (для агрегатних верстатів, верстатів з ЧПК та верстатів, споряджених інструментальними мультиналагодженнями); <i>D або B</i> – діаметр (ширина) оброблення, мм;</p> <p><i>L</i> – довжина оброблення, мм; <i>t</i> – глибина різання, мм;</p> <p><i>i</i> – кількість проходів; <i>s</i> – подача; <i>n</i> – частота обертання, хв.⁻¹;</p> <p><i>v</i> – швидкість різання, м/хв.</p>

5.3. Послідовність заповнення маршрутної карти ГОСТ 3.1118-82 (рис. 5.4).

У рядку **М 01** подають опис застосовуваного основного матеріалу: марка, сортament, основний розмір, державні стандарти (див. п. 16 табл. 5.2).

У рядку **М 02** у відповідних графах заповнюють: код матеріалу ("Код матеріалу"); код одиниці величини ("ОВ"); маса деталі ("МД") в одиницях величини ОВ; одиниця нормування ("ОН"); норма витрати ("Н.витр.") в одиницях величини ОВ; коефіцієнт використання матеріалу ("КВМ"); код заготовки ("Код заготовки"); профіль і розміри заготовки ("Профіль і розміри"); кількість деталей, які виготовляються з однієї штучної заготовки ("КД"); маса заготовки ("МЗ").

У рядку **А** у відповідних графах заповнюють дані про: цех ("Цех"); дільницю ("Діл."); робоче місце ("РМ"); операцію ("Опер."), а також про документи (напр., інструкцію з охорони праці, операційну карту, карту ескізів), у яких наводять додаткові дані про операцію (див. табл. 5.2).

У рядку **Б** у відповідних графах заповнюють дані про: код і назву основного технологічного устаткування (верстат), яке використовується на операції ("Код, назва устаткування"); ступінь механізації ("СМ"); професію ("Проф."); розрядність робіт та форму оплати праці ("Р"); умови праці ("УП"); кількість робітників, зайнятих в операції ("КР"); кількість одночасно оброблюваних деталей ("КООД"); одиниця нормування ("ОН"); обсяг виробничої партії ("ОП"); коефіцієнт штучного часу у разі багатOVERстатного обслуговування ("Кшт."); норму підготовчо-заклучного часу, хв., на одиницю нормування ("Кп.з."); норму штучного часу, хв. на одиницю нормування ("Кшт.") (див. табл. 5.2).

Рядки **М 01** та **М 02** заповнюють на весь технологічний процес. Рядки **А** та **Б** заповнюють окремо *на кожну операцію*. Між заповненим блоком даних про операцію (сукупність рядків **А** та **Б**) пропускається один рядок. Службовий символ **А** або **Б** необхідно проставляти у стовпці порядкових номерів рядків. Якщо дані про ТП не вміщуються на одну сторінку МК (форму 1), надалі необхідно використовувати форму 1а.

5.4. Послідовність заповнення операційної карти ГОСТ 3.1404-86 (рис. 5.5)

Кожну операцію оформлюють на окремій карті, починаючи з форми 3. За необхідності переходять на форму 3а. Загальні дані про операцію заповнюють у формі 3 у графах "Назва операції", "Матеріал", "Твердість", "ОВ", "МД", "Профіль і розміри", "МЗ", "КООД", "Устаткування, пристрій ЧПК", "Позначення програми", "То.", "Тд.", "Тп.з.", "Тшт.", "МОР". Рекомендації щодо заповнення цих граф наведено у табл. 5.2.

Інформацію про окремі переходи записують у відповідні рядки бланка в такій послідовності:

- *М* – інформація про марку і стандарт використовуваного в операції допоміжного (технологічного) матеріалу;
- *О* – зміст операції (переходу), тобто всі необхідні дії, виконувані в технологічній послідовності виконавцем або виконавцями під час оброблення (складання) виробу на одному робочому місці;
- *Т* – інформація про використовувані під час виконання окремого переходу пристрої, допоміжні інструменти, різальні інструменти, слюсарно-монтажні інструменти, засоби вимірювання;
- *Р* – інформація про режими оброблення під час виконання переходу.

Послідовність записування змісту операцій (переходу) такий (рядок О):

1. Ключове слово, виражене дієсловом наказового способу (додатки 167, 168).
2. Кількість одночасно чи послідовно оброблюваних поверхонь.
3. Вид оброблюваної поверхні або елемента деталі (додаток 169).
4. Назви предметів виробництва, оброблюваних поверхонь або конструктивних елементів (додаток 170).
5. Умовне позначення розмірів (*d*, *l*, *I*, *2* тощо) чи конструктивних елементів.
6. Додаткова інформація (додатки 171, 172).
7. Характер оброблення.

Наприклад: *Точити дві внутрішні канавки, витримуючи розміри $d=60^{+0,2}$, $b=4^{+0,1}$, $r=0,5$ послідовно.*

Шорсткість поверхні допускається вказувати в тексті лише тоді, коли вона стосується оброблюваних на цій операції поверхонь і не може бути зазначена на ескізі. У разі маршрутного опису операції допускається вказувати в одному реченні кілька ключових слів, що характеризують послідовність оброблення виробу в цій операції. Наприклад: *Свердлити два отвори $\varnothing 9,6^{+0,2}$ з подальшим зенкеруванням, витримуючи розміри $\varnothing 10,0^{+0,1}$, $l_1=30^{+0,26}$, $l_2=100_{-0,11}$.*

Додаткова інформація “По копіру”, “Відповідно до креслення” або “Відповідно до ескізу” застосовується за неповного викладення інформації у текстовому записі.

Допускається, описуючи остаточне оброблення виробу з отриманням відповідних розмірів, термін “остаточно” не вказувати.

Допускається у текстовому записі, зазначаючи умовне позначення розмірів, не обводити їх знаком кола. Наприклад: *Шліфувати поверхню, витримавши розміри 1, 2 і 3.*

Допускається не зазначати умовні позначення діаметра, довжини, ширини фаски. Наприклад: *Розточити отвір, витримавши розміри $\varnothing 100_{-0,22}$, $40 \pm 0,31$, $1 \times 45^\circ$.*

Записуючи зміст операції (переходу), допускають повну або скорочену його форму. Повну форму використовують за відсутності графічних зображень і для комплексного відображення всіх дій виконавця. Скорочений запис виконують за наявності графічних зображень (ескізів), які достатньою мірою відображають всю необхідну інформацію про оброблення. У цьому разі у запису переходу частина додаткової інформації не зазначається. Наприклад, для деталі, зображеної на рис. 5.7, а, повний запис: *Свердлити два наскрізні отвори з подальшим зенкуванням фасок, витримуючи $\varnothing 16_{-0,18}$, $20 \pm 0,105$, $80 \pm 0,15$, $20_{-0,21}$, $5 \times 45^\circ$, відповідно до креслення*, або: *Свердлити два наскрізних отвори, зенкувати дві фаски, витримуючи розміри 1–5*. Скорочений запис (рис. 5.7, б): *Свердлити два отв. $d=16_{-0,18}$, зенкувати фаски $5 \times 45^\circ$, відповідно до креслення*, або *Свердлити два отв. 1, зенкувати дві фаски 2*. Повний чи скорочений запис змісту операції (переходу) для кожного випадку визначає розробник. Повний запис виконують за необхідності переліку всіх витримуваних розмірів для проміжних переходів, для яких не виконують ескізів. У цьому разі в змісті переходу зазначають виконавчі розміри з їх граничними відхиленнями. Скорочений запис необхідно виконувати, використовуючи посилання на умовне позначення конструктивного елемента на ескізі до конкретного переходу. Умовні позначення розмірів на ескізі не зазначають.

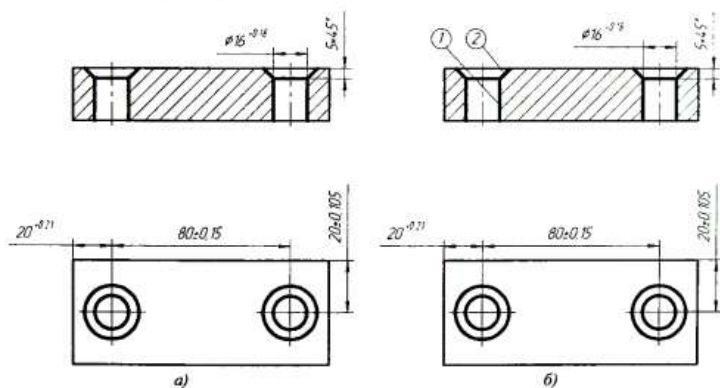


Рис. 5.7. Варіанти оформлення операційного ескізу для свердильної операції

Розробляючи документацію на технічний контроль, потрібно керуватися вимогами ГОСТ 3.1502–85. До змісту контрольної операції (переходу) повинно бути введене ключове слово, виражене діссловом наказового способу (наприклад, *перевірити, контролювати*); назва контрольованого параметра, конструктивних елементів чи предметів виробництва; числове значення контрольованої величини з допусками, наприклад: *Перевірити розмір $\varnothing 100_{-0,05}$; Перевірити радіальне биття шийки $\varnothing 50_{-0,02}$; Перевірити шорсткість поверхні Ra 0,32*.

Описуючи контрольну операцію, рекомендується дотримуватись такої послідовності переходів:

- а) зовнішній огляд;
- б) шорсткість поверхонь;
- в) контроль пробками (послідовно від малих діаметрів до більших у порядку зменшення точності, наприклад: $\varnothing 10H7$, $\varnothing 25H7$, $\varnothing 12H9$, $\varnothing 20H10$;
- г) контроль скобами (порядок той самий, що й пробками);
- д) контроль пазовими калібрами, шаблонами, глибиномірами тощо;
- е) контроль різі;
- є) контроль розмірів універсальними інструментами;
- ж) контроль точних розмірів, вимірюваних у спеціальних пристроях чи комбінованим методом;
- з) контроль технічних вимог, відхилень від взаємного розташування поверхонь тощо.

Запис допоміжних переходів потрібно виконувати за тими самими правилами, що й для технологічних. Вибирати ключові слова потрібно за переліком ключових слів (див. додатки 167, 168). Запис допоміжних переходів допускається не виконувати при маршрутному описі технологічних операцій, а також під час операційного опису і наявності ескізів, на яких зазначено умовні позначення баз, опор і затискачів. Величини допоміжного часу обов'язково треба записати у відповідних графах карти. Для допоміжних переходів, які передбачають встановлення заготовки, і за відсутності відповідних графічних зображень виконують запис допоміжного переходу, наприклад: ***Перевстановити і закріпити деталь***.

Відповідно до ГОСТ 3.1404–86 записують зміст інформації (перехід) по всій довжині рядка з можливістю перенесення на наступні рядки.

Послідовність записування інформації про технологічне оснащення (рядок Т).

До **рядка Т** заносять інформацію про технологічне оснащення у такій послідовності: пристрої, допоміжні інструменти, різальні інструменти, слюсарно-монтажні інструменти, засоби вимірювання. Перед назвою оснащення зазначається код, відповідно до класифікатора промислової і сільськогосподарської продукції (клас 39). Код містить вище (*шість перших цифр*) і нижче (*чотири цифри після крапки*) класифікаційні угруповання. Вибірково коди вищого угруповання наведено у додатках 173–175. Нижче угруповання у кваліфікаційній роботі можна показувати у вигляді знака “XXXX”. Кількість однакового одночасно працюючого оснащення вказується цифрою в дужках, наприклад: **391630. XXXX (4)** – *зенківка конічна Р9М6* (4 шт.).

Послідовність записування інформації про режими різання (рядок Р).

У **рядку Р** зазначаються дані про параметри режимів різання та деяка інша інформація для налагодження верстата:

ПІ – номер позиції інструментального налагодження (для агрегатних верстатів, верстатів з ЧПК та верстатів, споряджених багатоінструментними налагодженнями);

D або B – діаметр (ширина) оброблення, мм;

L – довжина оброблення, мм;

t – глибина різання, мм;

i – кількість проходів;

s – подача, мм/об. або мм/хв.;

n – частота обертання, хв.⁻¹;

v – швидкість різання, м/хв.

5.5. Заповнення карти ескізів ГОСТ 3.1405-84 (рис. 5.6)

Основні правила заповнення карти ескізів ГОСТ 3.1405-84 наведено у п. 5.2 (“*Основні вимоги до графічних документів*”).

Умовні позначення опор, затискачів і встановлювальних елементів показано у додатку 176. У додатку 177 наведено умовні позначення робочих поверхонь встановлювальних і затискних елементів.

Приклади використання позначень опор, затискних і встановлювальних елементів на картах ескізів наведено у додатку 178.

Приклади заповнених карт (ТЛ, МК, ОК, КЕ) наведено на рис. 5.8–5.11.

Дроб												
Відом												
Одобрено											56	1
НУЛП ТМБ		АБВГ 12 000		АБВГ 12.34.56		10141						
		Машина										
				ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС механічного оброблення деталі КОРПУС АБВГ 12.34.56.78								
												Б
								Розробив: <u>Підпис</u>				Іванченко
								Перевірив: <u>Підпис</u>				Петренко
								Нормоконтроль: <u>Підпис</u>				Василів
								Затвердив: <u>Підпис</u>				Сидоренко
ТЛ		Титульний аркуш										

Рис. 5.8. Приклад оформлення титульного аркуша ГОСТ 3.1105-84 на технологічний процес механічного оброблення

Дістанція																							
Вид																							
Об'єкт																							
А	Центр	Діп.	РМ	Смер.																			
					Код назви операції				Позначення документації														
					Буд. назва установивача				СМ	Пробс	Р	ВП	ОР	КОД	ОН	зшт	Тит						
					Назва адреси, координаційні дані чи маршруту				Позначення код														
А 01	14	39	003	015	5012 Вертикально-свердловина				ОК 60141.00003.	КЕ 20141.00003.	ЮП 67-02												
Б 02					381213.XXXX 2Н150				2	17335	411	1	Д	1	1	185	1						2,13
А 04	14	39	004	020	4610 Координатно-розточувальна				ОК 60141.00004.	КЕ 20141.00004.	ЮП 56-01												
Б 05					381213.XXXX 2Н150				2	18235	611	2	Д	1	1	185	1						9,18
А 07	14	39	005	025	XXXX Контрольна				ОКТК 00141.00001.	КЕ 20141.00005.	ЮП 51-99												
Б 08					XXXXXX.XXXX Стіл контрольний				3	XXXXX	510	1	Д	1	1	185	1						12,25
А 10	14	39	--	030	XXXX Транспортна				Т1 18-02, ЮП 25-02														
Б 11					XXXXXX.XXXX Автомобильна				2	XXXXX	211	1	Д	1	11	11	11	1					9,56
О 12	Транспортувати деталь на склад.																						
МК	Маршрутна карта																						

Рис. 5.9 (продовження). Приклад оформлення маршрутної карти ГОСТ 3.1118-84 (форма 16)

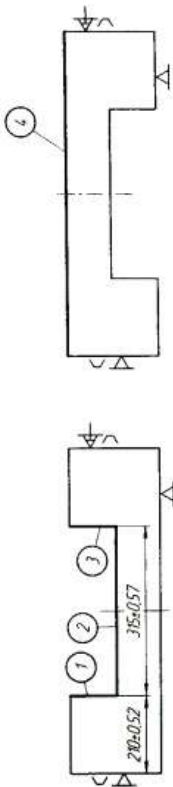
Дубль																			
Взам																			
Обух																			
Розробник																			
Перевірник																			
Затвердник																			
Н. вихідний:																			
Субдиректор																			
Назва операції																			
Поздовжньо-фрезерні																			
Установка, експлуат. ЧПС																			
6Г610																			
Р																			
О 01 1. Встановити, закріпити заготовку.																			
Т 02 39618Х.ХХХХ Пристрій спеціальний.																			
03																			
О 04 2. Фрезерувати пов. 1, 2, 3 одночасно напрямків																			
Т 05 396141.ХХХХ голова фрезерна трицилиндрова, 391802.ХХХХ (3) фреза торцюва Т15К6 ГОСТ 2358-84;																			
Р 06																			
07																			
М 08 Повітря стиснене																			
О 09 3. Продути деталь стисненим повітрям для видалення стружки.																			
Т 10 3920ХХ.ХХХХ компресор																			
11																			
О 12 4. Розкріпити, перевіряючим, закріпити заготовку.																			
Т 13 39618Х.ХХХХ пристрій спеціальний.																			
OK Операційна карта																			

Рис. 5.10. Приклад оформлення операційної карти ГОСТ 3.1404-86

Доб.																				
Взам.																				
Сум.																				
											XXXXXX	5	2							
											06141.00001									
											XXXXXX									
											60141.00001									
											АБВГ.12.34.56.78									
Р																				
О 01	5. Фрезерувати пов.4 напхрхд.																			
Т 02	391802.XXXX фреза торцюва Т15К6 ГОСТ 2358-84																			
Р 03										315	520	2,8	1	580	500				105,9	
04																				
О 05	6. Розрізати, зняти оброблену деталь.																			
06																				
О 07	7. Контроль виконавцем.																			
Т 08	393800 шаблон; 39200Х.XXXX зразки ширсткості.																			
09																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
ОК	Операційна карта																			

Рис. 5.10 (продовження). Приклад оформлення операційної карти ГОСТ 3.1404-86 (форма 3б)

Дроб:																																					
Велич	Одини																																				
Обсяг	Форм																																				
Розробив		Квантично	Лінійне	Дата	XXXXXXXX		00141.00001		X00000X		6		1		1																						
Перевірив		Лінійно	Дата																																		
Затвердив		Весільно	Дата																																		
Н. контроль.		Сидоренко	Дата																																		
НУП ТМБ		АБВГ.12.34.56.78		АБВГ.12.34.56		20141.00001		X00000X		20141.00001																											
Корпус																										14		39		01		005					

63 ∇ 

КЕ Карта ескізів

Рис. 5.11. Приклад оформлення карти ескізів ГОСТ 3.1405-84

6. ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ОФОРМЛЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

6.1. Розрахунково-пояснювальна записка

Розрахунково-пояснювальна записка (РПЗ) повинна у короткій і чіткій формі розкривати тему кваліфікаційної роботи, містити методи та описи проведених досліджень і проектно-пошукових робіт, необхідні розрахунки, техніко-економічні порівняння варіантів тощо. За необхідності усі пояснення і розрахунки повинні супроводжуватися ілюстраціями, графіками, ескізами, діаграмами, схемами тощо.

РПЗ необхідно оформлювати відповідно до вимог ДСТУ 3008-95 "Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення", а також Міждержавних стандартів ГОСТ 2.105-95 "Єдина система конструкторської документації. Загальні вимоги до текстових документів" і ГОСТ 2.106.96 "Єдина система конструкторської документації. Текстові документи".

6.1.1. Оформлення розрахунково-пояснювальної записки

РПЗ виконують рукописним чи друкарським способом на одній стороні паперу формату А4 (297 x 210 мм). За необхідності допускається використовувати вкладиші формату А3 (297 x 420 мм), складаючи їх у формат А4 зображенням назовні.

Порядок розташування тексту РПЗ наведено на рис. 6.1. Рамки сторінок, на яких розміщується текст РПЗ, дозволяється не виконувати. Сторінки РПЗ, які фактично є робочими кресленнями (наприклад, креслення заготовки), необхідно оформлювати у повній відповідності до вимог Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД).

Якщо текст записки пишуть від руки, допускається використання лише чорного чорнила або туші. В межах пояснювальної записки тон чорнила повинен бути однаковим. Друкарські помилки, описки та графічні неточності, які виявилися в процесі опрацювання РПЗ, можна виправляти підчищенням або зафарбовуванням білою фарбою і нанесенням на тому ж місці або між рядками виправленого тексту.

Першим аркушем РПЗ є титульний аркуш, другим – завдання на кваліфікаційну роботу. Потім ідуть структурні частини РПЗ – реферат, вступ, основна частина, список використаної літератури та додатки.

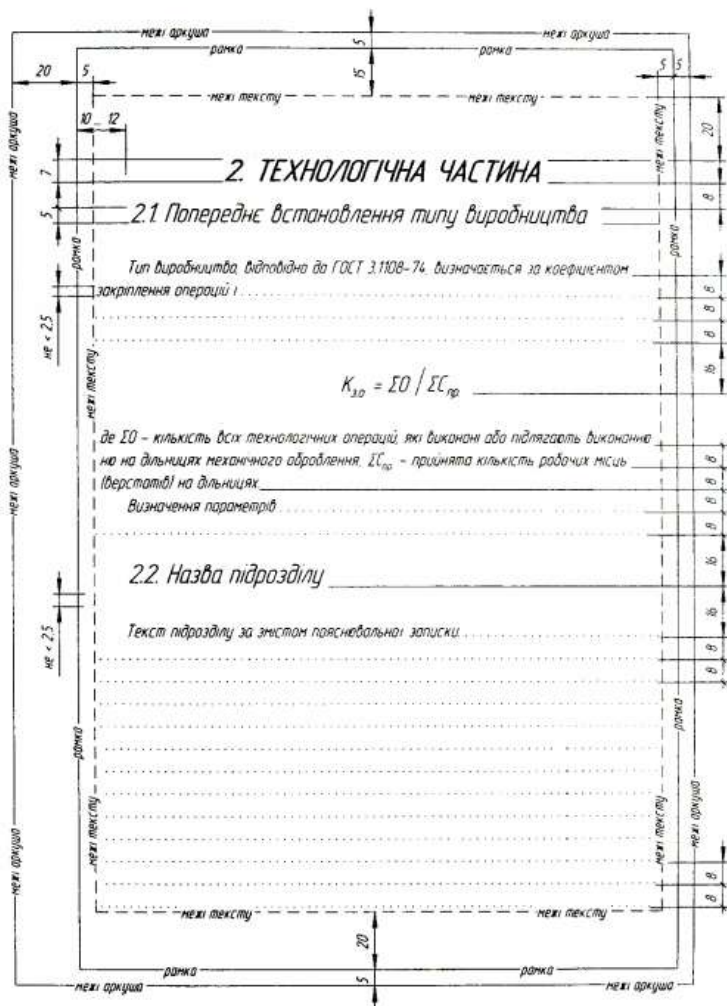


Рис. 6.1. Приклад оформлення тексту пояснювальної записки кваліфікаційної роботи

Текст основної частини РПЗ поділяють на розділи, підрозділи, пункти та підпункти. Заголовки структурних частин "РЕФЕРАТ", "ЗМІСТ", "ВСТУП", "РОЗДІЛ ...", "ВИСНОВКИ", "ЛІТЕРАТУРА", "ДОДАТКИ" записують прописними літерами посередині рядка. Заголовки підрозділів записують стрічковими літерами (крім першої прописної) з абзацного відступу. Переноси слів у заголовках не допускаються. Крапку в кінці заголовка не ставлять. Якщо заголовок складається з двох або більше речень, їх розділяють крапкою. Заголовки пунктів вписують маленькими літерами (крім першої прописної) з абзацного відступу в розрядці в підбір до тексту. В кінці заголовка, записаного в підбір до тексту, ставиться крапка. Заголовки не підкреслюються.

Розділи повинні мати порядкові номери у межах РПЗ, позначені арабськими цифрами. Порядковий номер та назва розділяються крапкою. Підрозділи повинні мати нумерацію в межах кожного розділу. Номер підрозділу складається з номера розділу і поточного підрозділу, розділених крапкою. Після номера підрозділу ставиться крапка. Нумерація пунктів та підпунктів проводиться аналогічно.

Зміст, реферат, вступ, висновки, список використаної літератури та додатки не нумерують.

Текст змісту кваліфікаційної роботи записують на аркушах, які обов'язково мають рамку й основний напис: перша сторінка змісту – заввишки 40 мм (форма 2 ГОСТ 2.104.68 для першого (заголовного) аркуша), інші сторінки – заввишки 15 мм (форма 2а ГОСТ 2.104.68 для подальших аркушів). Усі інші аркуші РПЗ (окрім змісту) допускається оформлювати без рамки та основного напису.

Усі сторінки повинні мати наскрізну нумерацію. Номер сторінок рахуються, починаючи з титульного аркуша. На титульному аркуші та завданні на кваліфікаційну роботи номери сторінок не проставляються. Номер сторінки арабськими цифрами записують у правому верхньому куті без крапки в кінці (на аркушах з основним написом номери сторінок записують у відповідній графі основного напису).

Окремі креслення, рисунки, таблиці тощо, які розташовано на окремих сторінках РПЗ, включають у загальну нумерацію.

6.1.2. Структурні елементи розрахунково-пояснювальної записки

Титульний аркуш і завдання на кваліфікаційну роботу є відповідно першою та другою сторінками РПЗ і необхідні для ідентифікації та отримання основної бібліографічної інформації про кваліфікаційну роботу. Титульний аркуш і завдання оформлюють на спеціальних бланках, виконаних типографським способом. Правила оформлення титульного аркуша і завдання визначаються вимогами кафедри, на якій проводитиметься захист кваліфікаційної роботи.

Реферат (анотація) є короткою характеристикою кваліфікаційної роботи з точки зору змісту, призначення, форми та інших особливостей. Реферат у максимально стислій та інформативній формі повинен розкривати основну тему проблеми, цілі та новизну кваліфікаційної роботи.

Реферат повинен містити:

- 1) відомості про обсяг кваліфікаційної роботи, кількість структурних частин, ілюстрацій, таблиць, додатків, літературних джерел (усі відомості наводять з врахуванням додатків);
- 2) основний текст реферату;
- 3) перелік ключових слів.

Основний текст реферату повинен відображати подану у роботі інформацію у такій послідовності:

- об'єкт дослідження чи розроблення;
- мета роботи;
- методи дослідження, устаткування та оснащення для їх забезпечення;
- результати дослідження (розроблення) та їх новизна;
- основні конструкторські, технологічні та техніко-експлуатаційні характеристики та показники;
- ступінь впровадження у виробництво;
- взаємозв'язок з іншими роботами;
- короткі рекомендації щодо використання результатів роботи;
- галузь застосування результатів роботи;
- техніко-економічна оцінка розробок;
- прогнозні припущення про розвиток об'єкта дослідження (розроблення).

Частини тексту реферату, щодо яких відсутні відомості, опускають.

Ключові слова, які є визначальними для розкриття суті роботи, вміщують після основного тексту реферату. Перелік ключових слів містить від 5 до 15 слів чи стійких словосполучень, надрукованих прописними літерами у називному відмінку однини в рядок через коми.

Обсяг реферату – більше 500 слів або однієї сторінки формату А4. Реферат вміщують за завданням на кваліфікаційну роботу.

Зміст складають, якщо робота містить не менше ніж два розділи, або один розділ і додаток за загальної кількості сторінок не менше десяти. До змісту включають:

- 1) перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів;
- 2) вступ;
- 3) послідовно перелічені назви всіх розділів, підрозділів, пунктів і підпунктів (якщо вони мають заголовки) основної частини роботи;

- 4) висновки;
 - 5) рекомендації (за наявності);
 - 6) перелік посилань (бібліографічний опис);
 - 7) назви додатків;
 - 8) номери сторінок, які містять початок матеріалу.
- Зміст вміщують після реферату з нової сторінки.

Перелік малопоширених умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів вміщують після змісту, починаючи його з нової сторінки.

Незалежно від наявності переліку за першої появи вказаних елементів у тексті роботи наводять їх розшифрування.

Вступ призначений для короткого (до двох сторінок) викладу

1) оцінки сучасного стану технічної чи науково-технічної проблеми, яка вирішується у роботі, з відзначенням практично розв'язаних задач, прогалин знань, які існують у галузі досліджень (розроблення), провідних компаній, вчених і фахівців галузі;

2) світових тенденцій розв'язання поставлених задач;

3) актуальності роботи, її новизни та підстави для виконання.

Крім цього, рекомендується навести мотивовану оцінку прийнятого напряму роботи з технічної, наукової й економічної точки зору. Бажано дати короткий аналіз наукових, експериментальних і практичних досягнень в області, присвяченій роботі, а також коротко висвітлити зміст роботи загалом.

Вступ вміщують після переліку малопоширених умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів, починаючи його з нової сторінки.

Основна частина роботи – це детальне викладення відомостей про предмет (об'єкт) дослідження (розроблення), які є необхідними й достатніми для розкриття сутності роботи та її результатів. Викладаючи суть роботи, особливу увагу приділяють її новизні, а також питанням сумісності, взаємозамінності, надійності, безпеки, екології, ресурсоощадності.

Якщо у роботі необхідно навести певні доведення (наприклад, математичні – у роботі, яка не має безпосереднього відношення до предмету математики) чи другорядні подробиці дослідження (розроблення), їх рекомендується помістити у додатки.

Кожен розділ, підрозділ, пункт і підпункт основної частини повинен містити закінчену інформацію.

Кожен розділ починають з нової сторінки. Новий підрозділ, пункт і підпункт починають з нової сторінки лише за умови, що на попередній сторінці залишок вільного місця до нижнього краю сторінки становить менше 60 мм.

У висновках наводять оцінку отриманих результатів роботи (у тому числі, й негативних) з урахуванням світових тенденцій вирішення поставленої задачі; можливі галузі використання результатів роботи; народногосподарську, наукову, соціальну значущість роботи тощо.

Текст висновків може поділятися на пункти.

Висновки вміщують після викладення суті роботи, починаючи з нової сторінки.

За результатами роботи та на підставі отриманих висновків у РПЗ можуть наводитись **рекомендації**.

У рекомендаціях визначають подальші роботи, які вважають необхідними, приділяючи основну увагу пропозиціям щодо ефективного використання результатів проведеного дослідження чи розроблення. Рекомендації повинні мати конкретний характер і бути повністю підтверджені результатами роботи.

За необхідності рекомендації можуть ґрунтуватися на додаткових розрахунках, які наводять у додатку.

Рекомендації вміщують після висновків, починаючи з нової сторінки.

Перелік літературних джерел, на які є посилання в основній частині роботи (бібліографічний опис), наводять у кінці тексту РПЗ, починаючи з нової сторінки.

Бібліографічні описи посилань у переліку наводять відповідно до чинних стандартів з бібліотечної та видавничої справи. Детальний порядок оформлення бібліографічного опису наведено у п. 6.1.9.

Перелік літературних джерел вміщують після рекомендацій (чи висновків – за відсутності рекомендацій).

У додатках вміщують матеріал, який:

- 1) є необхідним для повноти роботи, але включення його до основної частини РПЗ може змінити впорядковане й логічне уявлення про роботу;
- 2) не може бути послідовно розміщений в основній частині звіту через великий обсяг або способи відтворення;
- 3) може бути вилучений для широкого кола читачів, але є необхідним для фахівців галузі.

У додатки включають:

- додаткові ілюстрації або таблиці;
- конструкторські (габаритні креслення, специфікації, схеми тощо) та технологічні (маршрутні, операційні карти, карти ескізів, зведені відомості тощо) документи;
- матеріали, які через великий обсяг, специфіку викладення або форму подання не можуть бути внесені до основної частини (конструкторська та

технологічна документація, графічний та табличний матеріал великого формату: оригінали фотографій; проміжні математичні доведення, формули і розрахунки; протоколи випробувань; висновки метрологічної експертизи; інструкції, методики, алгоритми та листинги комп'ютерних програм, розроблених у процесі виконання роботи тощо);

- описи та технічні характеристики устаткування й оснащення, яке використовувалося під час виконання роботи.

Додатки можуть бути обов'язковими й інформаційними. Інформаційні додатки, у свою чергу, можуть бути рекомендаційного чи довідкового характеру.

Додатки оформлюють як продовження РПЗ після переліку літературних джерел. Порядок слідування додатків визначається порядком появи посилань на них у тексті РПЗ. Кожний додаток починають з нової сторінки із зазначенням наверху посередині сторінки слова "Додаток" і його позначення. Під ним у дужках пишуть слово "обов'язковий" – для обов'язкового додатку або "рекомендаційний" чи "довідковий" – для інформаційного. Ще нижче пишуть назву додатка, наприклад, "Основні технічні характеристики установки для контролю параметрів зубчастого колеса". Для додатків, які займають усю сторінку (наприклад, конструкторсько-технологічна документація), допускається позначення додатка та його назву подавати на окремій сторінці перед власне додатком.

Додатки позначають послідовно прописними літерами української абетки, за винятком літер Г, Є, І, І, Й, О, Ч, Ї: *Додаток А, додаток Б* тощо. Єдиний додаток позначають як *Додаток А*. Допускається позначення додатків літерами латинської абетки, за винятком літер І та О. У випадку повного використання літер обох абеток допускається позначати додатки арабськими цифрами.

Текст кожного додатка за необхідності може бути поділений на розділи та підрозділи, які нумерують у межах кожного додатка. У цьому випадку між позначенням додатку (літерою) і порядковим (у межах розділу чи підрозділу) номером додатку ставлять крапку, наприклад, *А.2* – другий розділ додатку А; *В.3.1* – підрозділ 3.1 додатку В. Нумеруючи ілюстрації, таблиці і формули, у межах кожного додатка, розділової крапки між позначенням додатка і порядковим номером об'єкта не ставлять: *Рис. А3, Таблиця Б1, формула (С1)*.

За наявності у РПЗ додатків їх перераховують у змісті з обов'язковою вказівкою їх позначень та назв.

Додатки повинні мати загальну з іншими частинами РПЗ наскрізну нумерацію сторінок.

6.1.3. Основний текст розрахунково-пояснювальної записки

Текст РПЗ повинен бути стислим, чітким і не допускати різних тлумачень.

У РПЗ повинні використовуватися науково-технічні терміни, позначення та визначення, встановлені відповідними стандартами, а за їх відсутності – терміни, загальноприйняті у науково-технічній літературі. Якщо в РПЗ прийнято особливу систему скорочень слів чи назв, то її розшифровування подають безпосередньо у тексті після першого згадування. Наприклад, “... оброблюваний центр (ОЦ)”, після чого надалі можна користуватися скороченням ОЦ.

Не допускається переписування матеріалу з літературних і заводських джерел. За необхідності подають короткий виклад такого матеріалу своїми словами з посиланням на відповідне джерело.

У тексті РПЗ не допускається:

- використовувати для одного й того ж поняття різні науково-технічні терміни, близькі за змістом (синоніми), а також іноземні слова і терміни за наявності рівнозначних слів і термінів в українській мові;
- скорочувати позначення одиниць фізичних величин, якщо вони використовуються без цифр, за винятком одиниць фізичних величин у голівках і боковиках таблиць, а також в розшифровуваннях літерних позначень, які входять у формули і рисунки;
- використовувати скорочення слів, окрім встановлених правилами української орфографії, пунктуації, а також відповідними державними стандартами;
- використовувати у тексті математичний знак мінус (-) перед від’ємними значеннями величин; замість математичного знака слід писати слово “мінус”;
- використовувати без числових значень математичні знаки (> (більше), < (менше), = (дорівнює), ≥ (більше чи рівне), ≤ (менше чи рівне), ≠ (не рівне), а також знаки № (номер), % (відсоток) тощо);
- використовувати спеціальні технічні знаки (наприклад, Ø для позначення діаметра (слід писати слово “діаметр”)); вказані знаки допускається використовувати лише перед відповідним числом;
- використовувати індекси стандартів (ДСТУ, ГОСТ, СТП), технічних умов (ТУ) й інших документів без реєстраційного номера;
- використовувати зврати розмовної мови, техніцизми, професіоналізми;
- використовувати похідні словотворення;
- повторювати однотипні розрахунки; результати таких розрахунків слід зводити у таблиці, сімейства кривих чи номограми.

Умовні літерні позначення величин, а також умовні графічні позначення повинні відповідати встановленим державними стандартами. У тексті РПЗ

перед позначенням параметра необхідно навести його пояснення, наприклад: "Коефіцієнт закріплення операцій $K_{3,0}$ ".

Числові значення величин у тексті слід вказувати зі ступенем точності, який необхідний для забезпечення заданих властивостей виробу. Заокруглення числових значень до відповідного десяткового знака для різних величин однієї назви повинне бути однаковим. Наприклад, якщо прийнята градація основного часу оброблення 0,005 хв, то всі значення основного часу за операціями виготовлення повинні бути кратні прийнятому значенню та вказані з такою ж кількістю десяткових знаків, наприклад, 1,255; 2,750; 3,100, 4,000.

Дробові числа необхідно наводити у вигляді десяткових дробів, за винятком розмірів у дюймах, які слід записувати:

$$1/4"; 1/2" \text{ (але не } \frac{1}{4}; \frac{1}{2} \text{)}.$$

Якщо числове значення у вигляді десяткового дробу виразити неможливо, то допускається записувати його у вигляді простого дробу в один рядок через косу лінію, наприклад, "5/32; 50A-4C/(40B+20)".

Одиниця фізичної величини одного й того ж параметра у межах РПЗ повинна бути постійною. Якщо в тексті наводять ряд числових значень, виражених однією одиницею фізичної величини, то її вказують лише після останнього числового значення, наприклад: "15,0; 17,5; 20,2 мм". Відповідно, при наведенні діапазону числових значень, позначення одиниці фізичної величини вказують після останнього числового значення діапазону, наприклад, "від 1 до 5 мм"; "від 10 до 100 кг"; "від плюс 10 до мінус 40 °С" тощо.

Числові значення величин з позначенням одиниць фізичних величин і одиниць рахунку слід писати цифрами, а числа без позначення одиниць фізичних величин та одиниць рахунку від одиниці до дев'яти – словами, наприклад, "Контролювати оброблені деталі у кількості 5 шт. з кожної партії", "Контролювати останні п'ять деталей кожної партії", "Контролювати 20 деталей з кожної партії".

Викладаючи обов'язкові вимоги у тексті, належить використовувати слова "необхідно", "слід", "дозволяється", "не допускається" тощо. Під час викладення інших положень слід вживати "можуть бути", "як правило", "у разі необхідності", "у випадку" тощо. Допускається використовувати оповідальну форму викладення тексту РПЗ, наприклад: "застосовують", "вказують" тощо.

6.1.4. Ілюстрації

Кількість ілюстрацій (креслення, графіки, схеми, діаграми, фото тощо) повинна бути достатньою для пояснення тексту РПЗ. Ілюстрації подають безпосередньо після тексту, де вони згадані вперше, або на наступній сторінці.

Усі ілюстрації, за винятком фото, виконують олівцем чи тушшю у тексті РПЗ, відповідно до стандартів ЄСКД. Допускається також виконання ілюстрацій засобами комп'ютерної графіки. За необхідності дозволяється наклеювання готових ілюстрацій.

Ілюстрації слід нумерувати арабськими цифрами наскрізною нумерацією у межах розділу. Номер ілюстрації повинен складатися з номеру розділу та порядкового номеру ілюстрації, розділених крапкою; слово "Ілюстрація" замінюють на загальне скорочення "Рис.", наприклад, *Рис. 2.12* (дванадцятий рисунок другого розділу).

Усі рисунки повинні мати назву і, за необхідності, пояснення (підрисунковий текст), яке розташовують послідовно за назвою рисунку (наприклад, *Рис. 3.2. Схема затиску заготовки: 1 – заготовка; 2 – корпус пристрою; 3 – затискач; 4 – пневмоциліндр*). Номер ілюстрації, її назва і пояснення розташовують під ілюстрацією, з абзацного відступу.

Переносючи частину рисунка на іншу сторінку, його назву не дублюють, а обмежуються лише написом "Продовження рис." із зазначенням номера рисунка: "*Продовження рис. 3.1*".

У разі використання посилань на наявні рисунки слід писати "... відповідно до *рис. 4.1*", "*див. рис. 4.1*" тощо. При посиланні у тексті на окремі елементи деталей (отвори, пази, канавки тощо) їх позначають прописними літерами української абетки.

Ілюстрації, які розміщені на окремих сторінках, включають до загальної нумерації сторінок. Ілюстрацію, розміри якої перевищують формат А4, вважають однією сторінкою і розміщують у відповідних місцях після згадування в тексті або у додатках.

6.1.5. Таблиці

Таблиці у РПЗ використовують для наочності та зручності порівняння показників, а також для наведення результатів однотипних розрахунків.

Таблицю, залежно від її розміру, подають безпосередньо після тексту, де вона згадана вперше, чи на наступній сторінці. За необхідності таблицю допускається виносити у додатки РПЗ. Таблиці, які розміщені на окремих сторінках, включають до загальної нумерації сторінок. Таблицю, розміри якої більші формату А4, враховують як одну сторінку і розміщують у відповідних місцях після згадування в тексті або у додатку.

Таблиці нумерують аналогічно до рисунків. Слово "Таблиця" та її номер мають розташовуватися у крайньому правому положенні по зрізу тексту. Нижче по центру сторінки наводять назву таблиці, яка повинна точно та коротко відображати її зміст. Під назвою поміщають власне таблицю:

Приклад виконання таблиці у тексті РПЗ

Голівка таблиці	Заголовок графи	Заголовок графи	
		Підзаголовок графи	Підзаголовок графи
Боковик	графа	графа	графа
(графа для заголовків)	(колонка)	(колонка)	(колонка)
.....

Заголовки граф і рядків таблиці слід писати з прописної літери, а підзаголовки граф – з рядкової за умови, що вони складають одне речення з заголовком, чи з прописної, якщо вони мають самостійне значення. У кінці заголовків і підзаголовків крапки не ставлять. Заголовки і підзаголовки граф вказують в однині.

Заголовки граф переважно записують паралельно до рядків таблиці. За необхідності допускається перпендикулярне розташування заголовків граф.

Висота рядків таблиці повинна бути не меншою за 8 мм. Дозпускається поміщати таблицю вздовж довгої сторони аркуша листа РПЗ.

Якщо рядки чи графи виходять за формат сторінки, таблицю поділяють на частини, поміщаючи її одну частину під іншою чи на наступній сторінці. Для кожної частини таблиці повторюють її голівку і боковик.

У разі перенесення частини таблиці, її назву не дублюють, а обмежуються лише написом “Продовження табл.”, відцентрованим по правому краю тексту, та зазначенням номера таблиці: “Продовження табл. 6.1”.

Таблиці з невеликою кількістю граф допускається поділяти на частини і поміщати їх поряд на одній сторінці, при цьому повторюють голівку таблиці. Частини розділяють подвійною лінією чи лінією товщиною 2S.

Таблиця 6.2

Приклад поділу таблиці з невеликою кількістю граф

Номер операції	Кількість верстатів	Номер операції	Кількість верстатів
005	2	020	5
010	4	025	4
015	3	030	1

На всі таблиці повинні бути посилання в тексті; слово “таблиця” пишуть скорочено, наприклад: “... табл. 6.2”. У повторних посиланнях на таблицю треба скорочено вказувати слово “дивись”: “див. табл. 6.2”.

Таблиці допускається не обмежувати лініями зліва, справа і знизу. Голівка таблиці відділяється від іншої частини таблиці обов’язково. Горизонтальні та вертикальні лінії, які розмежовують тіло таблиці, можна не проводити, якщо їх відсутність не утруднює користування таблицею.

Графу “Номер за порядком” (“№ з/п”) у таблицю вносити не рекомендується. За необхідності нумерування показників, наведених у таблиці, порядкові номери слід вказувати у графі боковика таблиці безпосередньо перед їх назвою:

Таблиця 6.3

**Основні параметри пневмоциліндра для оснащення
верстатного пристрою**

Основний параметр	Значення	
	у режимі прямого ходу	у режимі зворотнього ходу
1. Діаметр штока, d , мм	40	
2. Тиск повітря p , МПа	0,4	
3. Вихідне зусилля Q , Н	12 000	11 250
4. Коефіцієнт корисної дії η	0,90	0,88

Перед числовими значеннями величин і позначенням типів, марок тощо порядкові номери не проставляють.

Показники з одним і тим самим літерним позначенням групують послідовно за зростанням їх значень.

Якщо всі показники, наведені у графах таблиці, виражені однією й тією самою одиницею фізичної величини, то її позначення необхідно дати у назві таблиці, наприклад, “Основні геометричні параметри комбінованого інструменту, мм”, і не вказувати у графах. У випадку, якщо в окремих графах таблиці наведено показники, виражені одиницями фізичних величин, відмінними від тієї, яка записана у заголовку таблиці, то ці одиниці необхідно записувати у заголовку (підзаголовку) графі за відповідним показником після коми. Позначення одиниці фізичної величини, загальної для всіх даних у рядку, слід вказувати після її назви у боковика (див. табл. 6.3).

Обмежувальні слова “більше”, “не більше”, “менше”, “не менше” тощо повинні бути поміщені в одному рядку чи графі таблиці з назвою відповідного показника після позначення його одиниці фізичної величини, якщо вони відносяться до всього рядка чи графі.

Для скорочення тексту заголовків і підзаголовків граф окремі поняття замінюють літерними позначеннями, встановленими ГОСТ 2.321-84, чи іншими позначеннями, за умови, що вони описані у тексті чи наведені на ілюстраціях (D – діаметр, H – висота, L – довжина тощо).

Текст, який повторюється у рядках однієї й тієї ж графі і складається з окремих слів, що чергуються з числами, допускається замінювати лапками:

Основні геометричні параметри зеркерів, мм

Діаметр зеркера	C	C_1	R	h	h_1	S	S_1
Від 10 до 11 включно	3,27	-	-	3,00	0,25	1,00	-
Понад 11 " 12 "	4,85	0,14	0,14	3,84	-	1,10	6,75
" 12 " 14 "	5,50	4,20	0,45	1,45	3,45	2,00	6,90

Замінювати лапками цифри, математичні знаки, знаки відсотка і номери, позначення марок, матеріалів і типорозмірів виробів, позначення нормативних документів не допускається.

За відсутності окремих даних у таблиці слід ставити прочерк (тире) (див. табл. 6.4). Зазначені в таблиці послідовні інтервали чисел записують: "Від ... до ... включно" (див. табл. 6.4). В інтервалі, який охоплює числа ряду, між крайніми числами ряду в таблиці допускається ставити тире чи трикрапку: "Температура плавлення, К: 1131-1173" або "Температура плавлення, °С: 1131 ...1173".

Цифри у графах таблиць повинні проставлятися так, щоб розряди чисел у всій графі були розташовані один під іншим, якщо вони належать до однорідного показника. В одній графі бажано дотримуватися однакової кількості десяткових знаків для всіх значень величин.

За наявності невеликого за обсягом цифрового матеріалу його недоцільно оформляти таблицею, а слід давати текстом, розташовуючи цифрові дані у вигляді колонок, наприклад:

<i>Хімічний склад сталі 45 (ГОСТ 1050-74), %</i>	
<i>Вуглець (C):</i>	<i>0,40 ... 0,50</i>
<i>Кремній (Si)</i>	<i>0,17 ... 0,37</i>
<i>Марганець (Mn)</i>	<i>0,50 ... 0,80</i>
<i>Сірка (S), не більше</i>	<i>0,045</i>

6.1.6. Формули та рівняння

У формулах і рівняннях як символи необхідно застосовувати позначення, загальноприйняті у технології машинобудування, а також позначення, встановлені відповідними державними стандартами.

Формули, за винятком тих, які виносяться у додатки, повинні бути пронумеровані наскрізною нумерацією арабськими цифрами. Номер формули складається з номера розділу і порядкового номери формули в розділі, між якими ставлять крапку. Номери формул пишуть біля правого берега аркуша на рівні відповідної формули в круглих дужках, наприклад: (3.1) (перша формула третього розділу). Формули, які не використовуються для розрахунків, а також формули, на які відсутні посилання у тексті, не нумерують. Не слід наводити виведень формул, які взяті з літературних джерел.

Формули виділяють з тексту порожніми рядками вище і нижче кожної формули. Якщо формула не вміщується в один рядок, його слід перенести після знака рівності (=) або після знаків плюс (+), мінус (-), множення (x) чи ділення (:). При цьому знак на початку наступного рядка повторюють.

Пояснення значень символів і числових коефіцієнтів слід наводити безпосередньо під формулою у тій послідовності, в якій вони подані у формулі. Значення кожного символу та числового коефіцієнта допускається подавати у продовження рядка. Перший рядок пояснення починають зі слова "де" без двокрапки, наприклад:

$$S_{np} = Q_{zag} \cdot \frac{C_{zag}}{1000} - (Q_{zag} - Q_{det}) \cdot \frac{C_{vidx}}{1000} + S_{техн}, \quad (2.15)$$

де Q_{zag} , Q_{det} – маса відповідно заготовки і деталі, кг; C_{zag} , C_{vidx} – ціна однієї тонни матеріалу відповідно заготовки і відходів, грн./т; $S_{техн}$ – технологічна вартість заготівельних операцій, грн.

Формули, які подають одну за одною, і які не розділені текстом, записують після коми.

Посилання на формули пояснювальної записки вказують порядковим номером формули в дужках, наприклад "... див. (2.1)".

Послідовність викладення у РПЗ математичних рівнянь аналогічна до формул.

6.1.7. Одиниці фізичних величин

У тексті РПЗ слід використовувати стандартизовані одиниці фізичних величин та їх позначення відповідно до Міждержавного стандарту ГОСТ 8.417-2002.

Поруч з одиницями СИ, за необхідності, у дужках вказують одиниці фізичних величин інших систем, які дозволені до використання. Використання у РПЗ різних систем позначення не допускається.

Для опису значень величин використовують позначення одиниць літерами чи спеціальними знаками (...°, ...', ..."). Встановлено два види літерних позначень: міжнародні (з використанням літер латинської та грецької абеток) й українські (з використанням літер української абетки).

Позначення одиниць записують після числових значень величини в один рядок (без перенесення на наступний), крім одиниць величин, які розташовують у таблицях. Між останньою цифрою числа і позначенням одиниці залишають пробіл. Виняток становлять позначення у вигляді знака, піднятого над рядком, перед якими пробіл не залишають, наприклад, 20' або 100°C.

Вказуючи значення величин з граничними відхиленнями, їх необхідно вміщувати у дужки, а позначення одиниці – після дужок (наприклад, $(100,0 \pm 0,1)$ кг) чи проставляти позначення одиниць після числового значення величини і після її граничного значення (наприклад, $50 \text{ г} \pm 1 \text{ г}$).

Літерні позначення одиниць, які входять у добутки, допускається не відділяти знаками множення (крапками), наприклад, $N \cdot m$; $H \cdot m$ або Nm ; Hm .

У літерних позначеннях відношень одиниць знаком ділення повинна використовуватися лише одна горизонтальна чи коса лінія. Допускається використовувати позначення одиниць у вигляді добутку позначень одиниць, зведених до степенів (додатніх і від'ємних), наприклад,

$$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}; \quad Nm \cdot m^{-2} \cdot K^{-1} \quad \text{або} \quad \frac{W}{m^2 \cdot K}; \quad \frac{Nm}{m^2 \cdot K}.$$

Використовуючи косу лінію, позначення одиниць у чисельнику і знаменнику вміщують у рядок; добуток позначень одиниць у знаменнику беруть у дужки: $W / (m \cdot K)$; $Nm / (m \cdot K)$.

6.1.8. Кінцеві виноски

Кінцевими виносками рекомендується оформлювати пояснення до окремих даних, наведених у тексті чи таблицях РПЗ.

Виноски позначають надрядковими знаками у вигляді арабських цифр (порядкових номерів) з дужкою і поміщують на рівні верхнього зрізу шрифту рядка. Нумерацію виносков виконують окремо для кожної сторінки чи для всієї РПЗ загалом.

Знак виноски ставлять безпосередньо після того слова, числа, символу, речення, до якого дають пояснення, та перед текстом пояснення.

Текст виноски вміщують під таблицею чи в кінці сторінки, відокремлюючи його лінією завдовжки 30 ... 40 мм, проведеною у лівій частині сторінки. Текст виноски починають з абзацного відступу і оформлюють з мінімальним міжрядковим інтервалом. При машинописному способі виконання РПЗ розмір шрифту тексту виноски рекомендується вибирати на один кегль меншим за розмір основного шрифту. Приклад використання виноски:

Цитата у тексті: "... де Q_{302} – маса заготовки³⁾, кг".

Відповідне оформлення виноски:

³⁾ Маса заготовки розрахована з використанням системи автоматизованого проектування КОМПАС-3D.

6.1.9. Список використаних джерел і посилання на них

Посилання на джерела, матеріали або окремі результати дозволяють перевірити достовірність відомостей з цитованого документу.

Якщо використовують матеріали з монографій, оглядових статей чи інших джерел з великою кількістю сторінок, то в посиланні необхідно точно вказати номери сторінок, ілюстрацій, таблиць, формул з джерела, на яке дано посилання.

Список використаних літературних джерел (бібліографічний опис) наводять у РПЗ після викладення основного тексту та висновків щодо кваліфікаційної роботи. Джерела у списку розміщують за послідовністю появи посилань у тексті чи в алфавітному порядку прізвищ перших авторів (заголовків). Відомості про джерела, які включені до списку, необхідно подавати відповідно до правил, описаних у табл. 6.5.

Посилання в тексті на джерела зазначають порядковим номером за переліком посилань, виділеним двома квадратними дужками, наприклад, "... у працях [1-7] ...".

Таблиця 6.5

Приклади оформлення бібліографічного опису у списку літературних джерел

Характеристика джерела	Приклад оформлення
Монографії (один, два, три або чотири автори)	Руденко П.О. Проективання технологічних процесів у машинобудуванні. – К.: Вища школа, 1993. – 414 с. Болотин Х.Л., Костромин Ф.П. Станочные приспособления. – М.: Машиностроение, 1979. – 300 с. Божидарнік В.В., Григор'єва Н.С., Шабайкович В.А. Технологія виготовлення деталей виробів: Навчальний посібник. – Луцьк: Надстир'я, 2006. – 592 с. Юликов М.И., Башкин В.И., Маркевич О.Б., Виноградова Г.П. Расчет и конструирование режущего инструмента с использованием ЭВМ. Учеб. пособие. – М.: Высшая школа, 1984. – 77 с. Боровский Г.В., Григорьев С.Н., Маслов А.Р. Справочник инструментальщика / Под общ. ред. А.Р. Маслова. – М.: Машиностроение, 2005. – 464 с
Більше чотирьох авторів	Технология машиностроения (специальная часть) / Гусев А.А., Ковальчук Е.Р., Колесов И.М. и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 460 с. Технологичність конструкції изделия: Справочник / Амиров Ю.Д., Алферова Т.К., Волков П.Н. и др.; Под общ. ред. Ю.Д. Амирова. – М.: Машиностроение, 1990. – 768 с.
Багатотомні видання	Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – Т. 1. – 656 с. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – Т. 2. – 496 с. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. / Под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова. – М.: Машиностроение, 1984.

Характеристика джерела	Приклад оформлення
Стандарти	ДСТУ 2391-94. Система технологічної документації. Терміни та визначення. – Чинний від 01.01.1995. – Держстандарт України, 1994. – 29 с.
Збірки наукових праць	Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. Вип. 14. – Краматорськ, 2003. – 216 с.
Складові частини (розділ, статті) книги	Зильбербург Л.И., Молочник В.И., Яблочников Е.И. Автоматизация конструкторско-технологического проектирования. В кн.: Реинжиниринг и автоматизация технологической подготовки производства в машиностроении. – Санкт-Петербург: Компьютербург, 2003. – С. 92-100.
Складові частини (розділ, статті) журналу	Кирсанов Г.Н., Профилирование инструментов с винтовой исходной инструментальной поверхностью для обработки винтовых поверхностей // Вестник машиностроения. – 1977, №7. – С. 54-57.
Складові частини (розділ, статті) збірника	Юрчишин І.І., Андріченко А.М., Грибовська В.І. Об'єктне моделювання як основа сучасних САПР технологічних процесів. Матеріали VIII щорічної промислової конференції «Ефективність реалізації научного, ресурсного і промислового потенціала в сучасних умовах» – Славське, 11-15 лютого 2008 р. – С. 195-198.
Тези доповідей	Литвиняк Я.М., Грицай І.Є. Технологічне забезпечення процесу формоутворення бокових поверхонь зубців синусоїдального профілю дисковим лезовим інструментом // Тези доповідей VIII Міжнародного симпозіуму українських інженерів-механіків у Львові. – Львів, 23-25 травня 2007 р. – С. 102-103.
Авторські свідоцтва	А.С. 1007970 СССР, МКИ В 25 J 15/00. Устройство для захвата неориентированных деталей типа валов / В.С. Батулин, В.Г. Кемайкин (СССР). – № 330505/25; Заявлено 23.11.81; Опубл. 30.08.83, Бюл. №12. – 2 с. А.с. № 1626362. Украина. Линейный импульсный модулятор / В.Г. Петров (Украина). – 4 с. ил.; Опубл. 30.03.93, Бюл. № 13.
Патенти	Пат. 4601572 США, МКИ G 03 B 27/74. Microfilming system with zone controlled adaptive lighting / Wise David S. (США); McGraw-Hill Inc. - 721205; Заявл. 09.04.85; Опубл. 22.06.86; НКІ 355/68. – 3 с.
Каталоги	Інструмент из зльбора: Каталог. – М.: НИИмаш, 1976. – 60 с.
Інструкції, нормативи	Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть II. Нормативы режимов резания. – М.: Центральное бюро нормативов по труду Государственного комитета СССР по труду и социальным вопросам, 1990. – 473 с.

Посилаючись на розділи, підрозділи, пункти, підпункти, ілюстрації, таблиці, формули, рівняння, додатки, зазначають їх номери, наприклад, “... у розділі 4 ...”, “... див. 2.1 ...”, “... відповідно до 3.4.5 ...”, “... на рис. 3.1 ...”, “... у табл. 4.1 ...”, “... у рівняннях (3.5) ... (3.12) ...”, “... див. (2.7) ...”, “... за формулою (2.7) ...”, “... у додатку Б ...” тощо.

6.2. Графічна частина

До графічної частини кваліфікаційної роботи належать креслення, специфікації, комплекти технологічної документації, технологічні налагодження, графіки, діаграми, схеми.

Графічні документи виконують простим олівцем, чорною тушшю чи друкуючими пристроями на аркушах креслярського паперу стандартних форматів за ГОСТ 2.301-68 з рамкою й основним написом за ГОСТ 2.104-2006.

6.2.1. Креслення

Машинобудівні креслення виконують відповідно до вимог стандартів Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД). Креслення проектної документації для будівництва виконують відповідно до вимог стандартів Системи проектної документації для будівництва (СПДБ).

На кресленні показують предмет проектування (виріб, складальну одиницю, окрему деталь) з розмірами та граничними відхиленнями та текстову частину, яка складається з технічних вимог, і (або) технічної характеристики. Креслення може також містити спеціальну конструкторсько-технологічну інформацію, зокрема, таблиці типорозмірів, вимоги до контролю, умовні позначення тощо.

Креслення деталі повинно містити всі необхідні для виготовлення і контролю деталі дані, які визначають форму, розміри, граничні відхилення розмірів, форми та розташування, шорсткість поверхонь, марку та характеристику матеріалу.

Позначення матеріалу на кресленні деталі повинно містити назву матеріалу, його марку, номер стандарту (технічних умов) на отримання матеріалу, позначення сортаменту.

Якщо деталь необхідно виготовити з заданого виду сортаменту, позначення матеріалу у відповідній графі основного напису креслення вказують із зазначенням цього сортаменту, наприклад:

Круг $\frac{100 - B - \text{ГОСТ } 2590 - 71}{30 - a - \text{ГОСТ } 1050 - 74}$; *Шестигранник* $\frac{22 - B - \text{ГОСТ } 2879 - 69}{\text{Ст. 3 кп - II - ГОСТ } 535 - 79}$

В інших випадках матеріал записують одним рядком без зазначення виду та розміру сортаменту:

45 ГОСТ 1050-74, СЧ 12 ГОСТ 1412-85, БрОЦС 5-5-5 ГОСТ 613-79.

На кресленні виробу з таблицею параметрів (наприклад, зубчастого колеса), її розміщують за правилами, встановленими відповідними стандартами. Всі інші таблиці розміщують на вільному полі креслення праворуч чи нижче від зображення відповідно до ГОСТ 2.105-95.

Складальне креслення повинно містити:

- зображення складальної одиниці, яке дає уявлення про розташування та взаємозв'язок складових частин, що підлягають складанню за цим кресленням, і уможливує здійснення складання та контроль складальної одиниці;

- вказівки про характер спряження і методи його здійснення, якщо точність спряжень забезпечується не заданим граничним відхиленням, а підбором, припасуванням тощо, а також вказує про виконання нерозбірних з'єднань (зварних, паяних тощо);

- номери позицій складових частин, які входять у складальну одиницю;
- технічну характеристику складальної одиниці (за необхідності);
- координати центру маси (за необхідності).

Складальне креслення повинно містити такі групи розмірів:

1) габаритні розміри, які визначають висоту, довжину і ширину (глибину) виробу;

2) встановлювальні та приєднувальні розміри, які визначають положення складальної одиниці у виробі (наприклад, відстань між осями отворів у фланцях для приєднання до іншого виробу, відстань між осями провусин для закріплення корпусу тощо); вказуючи ці розміри, необхідно зазначити координати розташування і розміри з граничними відхиленнями елементів, які слугують для з'єднання зі спряжуваними виробами;

3) монтажні розміри, які визначають взаємне розташування деталей у складальній одиниці, зокрема, монтажні зазори;

4) експлуатаційні розміри, які визначають крайні положення рухомих частин виробу, розміри під ключ тощо;

5) розміри, граничні відхилення та інші параметри, які повинні бути виконані або проконтрольовані за кресленням;

6) розміри деталей, які визначають характер спряжень.

Номери позицій складових частин, які входять у складальну одиницю, вказують на полочках ліній-виносок відповідно до номерів позицій, вказаних у специфікації на складальну одиницю.

Технічні вимоги на кресленні викладають, групуючи разом однорідні та близькі за характером вимоги, застосовуючи наскрізну нумерацію, у послідовності передбаченій ГОСТ 2.316-68:

1) вимоги до матеріалу, заготовки, термічного оброблення та властивостей матеріалу деталі (твердість тощо);

2) розміри: граничні відхилення розмірів, форми та взаємного розташування поверхонь, маси тощо (допускається записи з невказаними граничними відхиленнями розмірів доповнювати пояснювальними словами,

наприклад: “Невказані граничні відхилення розмірів: $H14, h14, \pm IT14/2$ ”; якщо технічні вимоги складаються з одного пункту, який вміщує записи про невказані граничні відхилення розмірів, тоді необхідно виконати запис “Невказані граничні відхилення розмірів $\pm 1/2$ ”;

- 3) вимоги до якості поверхні, вказівки про їх оброблення, покриття;
- 4) вимоги до розташування окремих елементів конструкції;
- 5) вимоги до настроювання та регулювання виробу;
- 6) інші вимоги до якості виробу (безшумність, вібростійкість, самогальмування тощо);
- 7) умови та методи контролю та випробування;
- 8) вказівки про маркування та клеймування;
- 9) особливі умови експлуатації;
- 10) посилання на інші документи, які містять технічні вимоги, не наведені на кресленні.

За необхідністю наведення **технічної характеристики виробу** її розміщують окремо від технічних вимог з самостійною нумерацією пунктів на вільному полі креслення під заголовком “*Технічна характеристика*”. У такому разі над технічними вимогами необхідно записати заголовок “*Технічні вимоги*”. В інших випадках заголовки “*Технічні вимоги*” не наводяться.

6.2.2. Специфікації

Усі складальні креслення обов'язково комплектують **специфікаціями** – основним конструкторським документом для складальних одиниць. Специфікація визначає склад складальної одиниці, комплексу чи комплекту і необхідна для виготовлення і комплектування конструкторських документів.

Специфікацію виконують відповідно до ГОСТ 2.108-68 (форма 1) на аркушах формату А4. Перший аркуш роблять з основним написом як для першого аркуша текстового документа, а всі наступні аркуші – як для подальших аркушів текстового документа.

У специфікацію вносять усі складові частини специфікованого виробу, а також конструкторські документи до цього виробу і до його неспецифікованих частин.

Специфікація складається з розділів, які розташовують у такій послідовності: документація; комплекси; складальні одиниці; деталі; стандартні вироби; інші вироби; матеріали; комплекти. Наявність тих чи інших розділів визначається складом виробу. Назву кожного розділу вказують у вигляді заголовка у графі “Назва” і підкреслюють.

У розділ “Документація” вносять документи, які становлять основний комплект конструкторських документів виробу, крім власне

специфікації, а також документи основного комплекту неспецифікованих складових (деталей), крім їх робочих креслень.

У розділі "Комплекси", "Складальні одиниці" і "Деталі" вносять відповідні складові, які безпосередньо входять до складу виробу. Запис окремих складових у специфікацію виконують в алфавітному порядку поєднання початкових літер і / або цифр, які входять у позначення.

У розділ "Стандартні вироби" вносять вироби, які використовуються у виробі і виготовлені за відповідними стандартами. Заповнюють розділ у такій послідовності: державні стандарти, галузеві стандарти, стандарти підприємств. У межах кожної категорії стандартів запис у специфікацію проводять по однорідних групах; у межах кожної групи – в алфавітному порядку назв виробів; в межах кожної назви – за зростанням позначень стандартів; у межах кожного позначення стандарту – у порядку зростання основних параметрів чи розмірів виробу.

У розділ "Інші вироби" вносять вироби, які використані у виробі не за основними конструкторськими документами (технічними умовами), за винятком стандартних виробів. Запис цих виробів виконують за однорідними групами; у межах кожної групи – в алфавітному порядку назв виробів; у межах кожної назви – у порядку зростання основних параметрів чи розмірів виробу.

У розділ "Матеріали" вносять усі матеріали, які безпосередньо входять до складу виробу. Матеріали записують за видами у такій послідовності:

- метали чорні;
- метали магнітоелектричні та феромагнітні;
- метали кольорові, благородні та рідкісні;
- кабелі, дроти і шнури;
- пластмаси та пресматеріали;
- паперові та текстильні матеріали;
- лісоматеріали;
- гумові та шкіряні матеріали;
- мінеральні, керамічні та скляні матеріали;
- лаки, фарби, нафтопродукти та хімікати;
- інші матеріали.

У межах кожного виду матеріали записують в алфавітному порядку назв; у межах кожної назви – за зростанням розмірів чи інших технічних параметрів.

У розділ "Комплекти" вносять використовувані у виробі комплекти, які безпосередньо входять у склад виробу. Комплекти записують у такій послідовності:

- комплект монтажних частин;

- комплект змінних частин;
- комплект запасних частин;
- комплект інструментів і приладдя;
- комплект тари;
- інші комплекти.

Якщо комплектів однієї й тієї ж назви декілька, їх записують (у межах однієї назви) у порядку зростання позначення.

Після кожного розділу специфікації залишають дві-три вільні рядки для додаткових записів.

За наявності вільного поля на складальному кресленні допускається суміщати специфікацію з кресленням. Специфікацію оформлюють спільно з основним написом.

Графи специфікації заповнюють за нижче наведеними правилами.

1. У графі “Формат” вказують формати документів, позначення яких записують у графі “Позначення”. Для елементів специфікації, записаних у розділах “Стандартні вироби”, “Інші вироби” і “Матеріали”, графу не заповнюють. Для деталей, на які робочі креслення не випущені, у графі вказують: БК (без креслення).

2. У графі “Зона” вказують позначення зони робочого креслення, у якій міститься елемент специфікації.

3. У графі “Поз.” (“Позиція”) вказують порядкові номери елементів виробу у послідовності запису їх у специфікацію. Для розділів “Документація” і “Комплекти” графу не заповнюють.

4. У графі “Позначення” вказують:

- у розділі “Документація” – позначення документів;

- у розділах “Комплекси”, “Складальні одиниці”, “Деталі”, “Комплекти” – позначення основних конструкторських документів на елементи, які записують у відповідні розділи; для деталей, на які креслення не випускаються, – присвоєні їх позначення;

- у розділах “Стандартні вироби”, “Інші вироби” і “Матеріали” графу не заповнюють.

5. У графі “Назва” вказують:

- у розділі “Документація” для документів, які входять до основного комплексу документів виробу, – лише назви документів, наприклад, “Складальне креслення”, “Габаритне креслення”, “Технічні умови” тощо;

- у розділах “Комплекси”, “Складальні одиниці”, “Деталі”, “Комплекти” – назви відповідних елементів специфікації за їх основними написами; для деталей, на які креслення не випущені, вказують їх назву і матеріал, а також основні розміри, які необхідні для виготовлення;

- у розділі “Стандартні вироби” – назви і позначення цих виробів відповідно до використаних стандартів;

- у розділі “Матеріали” – позначення матеріалів відповідно до використаних стандартів чи технічних умов на ці матеріали.

6. У графі “Кільк.” (“Кількість”) вказують:

- для складових частин виробу, записаних у специфікацію, – їх кількість у виробі;

- у розділі “Матеріали” – загальну кількість матеріалів на виріб із зазначенням скороченого позначення одиниці фізичної величини (див. п. 6.1.7); допускається одиниці величини записувати у графі “Примітка”;

- у розділі “Документація” графу не заповнюють.

7. У графі “Примітка” вказують додаткові відомості.

Оформлений комплект специфікацій підшивають як додаток до РПЗ.

6.2.3. Комплекти технологічної документації

Комплекти технологічної документації оформлюють на усі технологічні процеси, які розробляють у кваліфікаційній роботі, за правилами та рекомендаціями, наведеними у розділі 5 “Розроблення технологічної документації”.

Оформлені комплекти технологічної документації підшивають як додатки до РПЗ.

6.2.4. Технологічні налагодження

Технологічне (інструментальне) налагодження (ТН) верстата – це встановлений і графічно зображений геометрично-кінематичний зв’язок окремих елементів системи ВПІД при виконанні заданої технологічної операції.

Правильно спроектоване ТН дає змогу раціонально розташувати в робочій зоні верстата оброблювану заготовку та комплект різальних і допоміжних інструментів, а також встановити координати і траєкторії руху вказаних інструментів відносно системи координат верстата. ТН дає змогу ще на стадії проєктування перевірити технологічні можливості прийнятої моделі верстата при виконанні розроблюваної операції. Крім цього, операційно-налагоджувальні схеми (ОНС), які графічно відображають ТН, істотно полегшують працю технолога з інструментального забезпечення технологічного процесу оброблення деталі. Це досягається за рахунок послідовно-паралельного оформлення комплекту технологічної документації та ОНС, що дає змогу сукупно відобразити всі елементи ТН операції та на етапі технологічного підготовки виробництва своєчасно замовити необхідні стандартні інструменти чи виготовити комплект спеціальних інструментів для оброблення заданої деталі.

Вихідними даними, відповідно до яких виконується проектування ТН, є:

- паспортні дані вибраної моделі верстата (потужність двигуна головного руху, частота обертання, швидкість подачі тощо) та розміри його робочої зони;
- робочі, габаритні та приєднувальні розміри вибраних основних і допоміжних інструментів;
- ескіз оброблюваної на операції деталі;
- тип виробництва;
- загальні технічні вимоги.

Під час проектування ТН обов'язковою вимогою є максимальне використання стандартних різальних та допоміжних інструментів; різальні інструменти необхідно систематизувати за видами оброблення, а допоміжні – за типами металорізальних верстатів.

Методика проектування технологічних налагоджень та виконання ОНС.

1. Виконати у вибраному масштабі креслення заготовки, що надходить на розроблювану операцію. Заготовку доцільно зобразити в перерізі площиною або в плані площини, в якій виконується переміщення інструментів (заготовки) у напрямку подачі.

2. На кресленні заготовки виділити (потовщеною лінією) поверхні, які безпосередньо підлягають обробленню на операції. Усі оброблювані поверхні необхідно повністю оброзмірити (номінальні розміри, витримувані допуски); крім цього, вказати отримувану шорсткість. Витримувані лінійні розміри проставляють від технологічних баз.

3. Вибраний різальний інструмент зобразити в кінці робочого ходу, тобто в крайньому положенні, що відповідає завершенню оброблення заданої поверхні чи сукупності поверхонь.

4. Викреслити допоміжні інструменти (центр, різцетримач, револьверна головка, люнет тощо). Зобразити елементи пристрою в якому закріплено оброблювану заготовку. Узгодити крайнє положення супорта (головок, бабок тощо), а також приєднувальних елементів верстата – як з виступаючими частинами пристрою, так і з його елементами, за допомогою яких затискається заготовка. Крім цього, узгодити положення та габарити пристрою з закріпленою заготовкою з розмірами робочої зони верстата в різних положеннях робочого ходу супорта (інструментальних бабок тощо). Якщо необхідно, накреслити інші проєкції зони оброблення разом з використовуваним оснащенням.

5. Інструменти зобразити спрощено, однак з обов'язковим дотриманням єдиного масштабу для всіх елементів ОНС. Довжину вильоту інструментів доцільно вказувати лише в тому випадку, коли передбачається їх настроювання поза верстатом (наприклад, верстати з ЧПК, агрегатні верстати тощо).

6. Накреслити циклограми руху інструментів (супортів, інструментальних блоків, бабок тощо), на яких вказати значення їх швидкого підведення (ШП), робочої подачі (РП) та швидкого відведення (ШВ).

7. Зображені різальні та допоміжні інструменти повинні супроводжуватися виносними лініями з поличками, на яких записується їх повне позначення (назва, код, позначення діючого стандарту). Наприклад, різальний інструмент *Свердло спіральне з конічним хвостовиком нормальної точності діаметром 18 мм* позначають як

Свердло 2301 - 3459

ГОСТ 12121 - 77

У вказаному кодовому позначенні перші чотири цифри відповідають виду різального інструмента, а останні чотири відображають його типорозмір. Коди виду різальних інструментів наведено в [38, 56], а також у додатку 179 (вибірково). Якщо код типорозміру інструмента невідомий, допускається замінювати його умовним позначенням ХХХХ:

Зенкер 1622 - ХХХХ

ГОСТ 3231 - 71

Інформацію (за її наявності) про матеріал різальної частини інструмента вказують після кодового позначення:

Різець 2130 - 1698 ВК6

ГОСТ 18868 - 73

Аналогічно до різального інструмента вказують інформацію про використовувані на технологічній операції допоміжні інструменти, наприклад, *Патрон для швидкозмінного інструменту*:

Патрон 6251 - 0181

ГОСТ 14077 - 83

та верстатні пристрої. В останньому випадку допускається вказувати лише назву пристрою. Якщо пристрій розроблено безпосередньо у кваліфікаційній роботі чи відомі його заводські атрибути, то в ОНС необхідно навести його повну назву та номер відповідно до оформленого на цей пристрій основного конструкторського документа. Коди деяких допоміжних інструментів наведені в [38], а також у додатку 180. Коди деяких верстатних пристроїв наведено у додатку 181.

За наявності на ОНС однакових різальних чи допоміжних інструментів повний запис відповідного інструмента виконується на поличці виносної лінії біля одного з зображень. Усім однаковим інструментам присвоюють відповідний номер, який записують на поличках виносних ліній, проведених до решти зображень інструментів. У разі використання спеціальних багатопристрейних налагоджень (багатошпindelних свердильних головок, оправок з

набором фрез тощо) кількість одиниць інструмента одного коду наводять у дужках після позначення:

Зенкер 1622 - XXXX (2)

ГОСТ 3231-71

8. Кожну ОНС супроводжують таблицею, в якій вказують назву операції, її зміст (переходи, позиції тощо), режими різання. Вид та розміри таблиці наведено на рис. 6.2. Заповнюють таблицю відповідно до вимог, які висуваються до технологічної документації (назва операції, назва та зміст переходів тощо). Виходячи з прийнятої в таблиці форми запису змісту переходів оброблення (повної чи скороченої), на ОНС необхідно відповідно пронумерувати отримувані розміри або оброблювані поверхні. Приклади заповнення таблиці наведено на рис. 6.3 і 6.4.

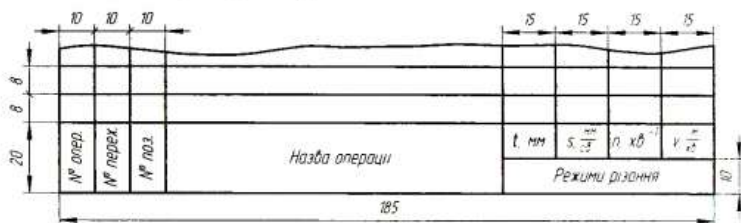


Рис. 6.2. Таблиця ОНС

9. У верхньому правому куті ОНС записати тип, модель та потужність двигуна основного руху використовуваного на технологічній операції основного технологічного устаткування (верстата).

Нижче наведено рекомендації щодо виконання ОНС на окремі операції механічного оброблення (див. також [59, т. 1]).

Токарно-револьверні операції. Проектування ТН та виконання ОНС починають з викреслювання револьверної головки або її розгортки (для верстатів з горизонтальною віссю головки), у гніздах якої розташовують різальні та допоміжні інструменти, зображаючи їх у кінцевому положенні оброблення і показуючи деталь у тому стані, якого вона набула після виконання вказаного переходу. Верстати з вертикальною віссю обертання револьверної головки характеризуються можливістю використання на одній позиції головки декількох інструментів, які закріплюють в інструментальних державках, отримуючи відповідні інструментальні блоки.

Усі проєктовані елементи ТН необхідно узгодити за розмірами присднувальних поверхонь. Патрон за зовнішнім діаметром повинен відповідати діаметру посадкового отвору головки. Цангу, яка підлягає

встановленню в патрон, слід підбирати за діаметром інструмента. Вибір різця визначається умовами процесу оброблення і розмірами різцетримача.

Найбільша та найменша віддаль між оброблюваною заготовкою та торцем револьверної головки повинні відповідати параметрам технічної характеристики верстата. Використовуючи на переході декілька інструментів, необхідно на підставі розрахунку режимів різання та узгодження їх з паспортними даними верстата переконатися в тому, що ці інструменти можуть працювати за однакових значень частоти обертання шпинделя та подачі револьверної голівки. Приклад виконання технологічного налагодження на токарно-револьверну операцію наведено на рис. 6.3.

Токарні багаторізові та гідрокопіювальні операції характеризуються використанням під час оброблення деталей повідкових патронів, упорних центрів, поперечних, поздовжніх і копіювальних супортів. Супорти виконують у вигляді площини з Т-подібними пазами. Використовують також супорти з допоміжними пазами для точного фіксування різцетримачів, що зручно, коли інструменти в різцетримачі налагоджуються на відповідний розмір поза верстатом. Якщо оброблювана заготовка вимагає використання значної кількості інструментів, які не можуть бути закріпленими у верстатному різцетримачі, тоді застосовують спеціальний різцетримач, що необхідно відобразити на виносній лінії ОНС.

Розробляючи ТН оброблення отворів на *вертикально-свердильних операціях*, необхідно передбачити можливість швидкої заміни інструментів для виконання окремих переходів. Для цього використовують спеціальні патрони, втулки (зазвичай оснащені хвостовиком з конусом Морзе) для закріплення інструмента в патроні, швидкозмінні кондукторні втулки тощо. Свердла з циліндричним хвостовиком у масовому та великосерійному виробництвах використовують разом з перехідними втулками. Машинно-ручні мітчики закріплюють за допомогою спеціальних запобіжних патронів, налагоджених на величину певного крутного моменту.

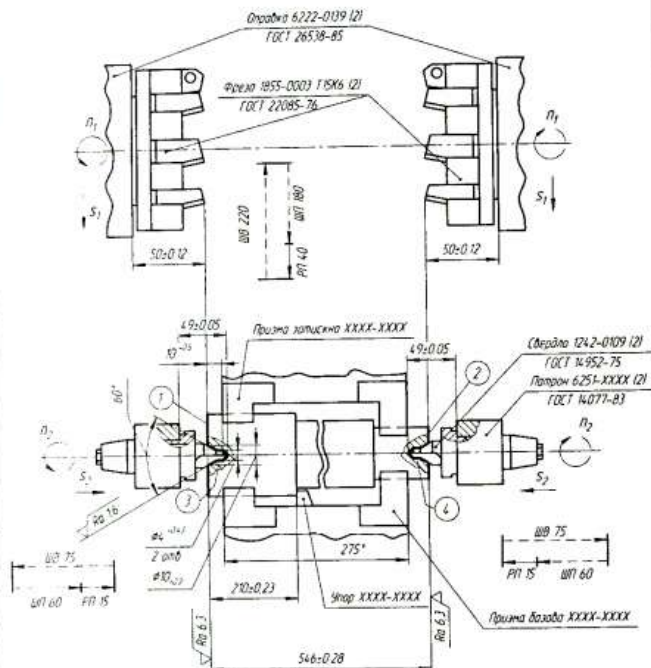
У разі послідовного оброблення отвору декількома інструментами на ОНС послідовно до виконання технологічних переходів показують використовувані інструменти (в комплекті з кондукторними втулками) в кінцевому положенні робочого ходу.

Якщо на одношпindelних верстатах використовують револьверні головки, ОНС зображають аналогічно до ОНС для револьверних верстатів (див. рис. 6.3).

Проектуючи ТН для *фрезерних операцій*, на розроблюваній ОНС вказують кодові позначення кріпильних оправок, патронів, проміжних кілець тощо. У разі налагодження інструментів поза верстатом вказують виліт фрези (рис. 6.4).

Фрезерно-центрувальний навідабтомат
мод. МР7М, N=13 кВт

МКР 020.100.005



005	2	Свердлита центри створи отвори 3, 4 в тарілки 1, 2	6,0	50	465	17,5
		одночасно				
	1	Фрезерувати таріки 1, 2 одночасно	2,6	200	360	14,1
№ створ	Фрезерно-центрувальна					
№ тарілки	Режимі різання					
			t мм	S м ²	n об ⁻¹	v м ²

МКР 020.100.005

№	Апр	№ докум	Підп	Дата	Налогодженія технологічне	Лист	Маса	Покриття
Розроб	XXXXXX	XXXX	XX				-	11
Перев	XXXXXX	XXXX	XX					
Головр	XXXXXX	XXXX	XX					
Начальн	XXXXXX	XXXX	XX			НЗ/ПТ	ШМТ	
Замов	XXXXXX	XXXX	XX			зр. ТМБМ-21		

Рис. 6.4. Приклад виконання ТН на фрезерно-центрувальну операцію

6.2.5. Графіки, діаграми, схеми та блок-схеми

Графік – це найпростіший спосіб передавання змісту матеріалу кваліфікаційної роботи, наприклад, порівняння частин цілого, показ характеру змін процесу, явища тощо.

Використовуючи графічне викладення результатів роботи, необхідно, щоб ілюстроване графіком явище було значним і цікавим. Графік повинен надавати достовірну інформацію, яка ґрунтується на певному експериментальному матеріалі чи розрахунках; відображати зміст з максимальною виразністю, точністю і повнотою; не містити жодних елементів, які утруднюють його інтерпретацію.

Графіки повинні мати координатну сітку, яка відповідає масштабності шкал (рівномірних чи логарифмічних) по осях абсцис і ординат. Викреслювання графіка починають з нанесення координатних осей. Вісь абсцис і вісь ординат викреслюють суцільними одинарними лініями. Віддаль між сусідніми лініями сітки повинна бути не меншою за 5 мм. Товщину цих ліній приймають такою, що дорівнює половині товщини ліній осей координат. Без сітки допускається виконання графіків, які не мають на осях координат числових значень, зокрема графіки, які пояснюють лише характер зміни функцій. У разі виконання графіка без сітки осі координат закінчують стрілкою.

Перед побудовою графіка необхідно вибрати доцільні масштаби по осях так, щоб точність вимірювання (зображення) відповідала точності відліку по графіку, і графік не був занадто розтягнений чи стиснений вздовж однієї з осей.

Для зручності сприйняття даних на графік наносять точки, які описують результати вимірювань. Для виокремлення різних результатів на одному графіку, їх наносять різними значками: кружками, трикутниками, хрестиками тощо. Після цього за допомогою лекал будують плавну криву так, щоб вона проходила якнайближче до всіх експериментальних точок, і приблизно однакова кількість точок розташовувалася обабіч кривої. Якщо одна чи декілька точок розташована далеко від кривої, то це свідчить про грубу помилку вимірювання чи обчислення.

Графік, побудований за результатами експериментів, повинен бути відповідно математично оброблений. Найпростіше обробляють дані, які дозволяють отримати лінійну залежність. У кваліфікаційній роботі таке перетворення кривої у пряму досягається використанням однієї з функціональних шкал чи сіток (логарифмічної чи напівлогарифмічної), особливо, якщо потрібно розтягнути чи стиснути ділянку кривої. Логарифмічний масштаб зручно використовувати для відображення величини, яка змінюється на декілька порядків у межах вимірювань.

Не слід наводити графіки з великими вільними ділянками сітки, які не зайняті кривими чи написами. Для видалення таких ділянок необхідно числові поділки на осях координат починати не з нуля, а з меж, які позначають початок описуваної функціональної залежності.

Якщо обидві осі графіка починають з нуля, то знак "нуль" вписують у графік одночасно для обох осей.

Написи на осях координат виконують, не виходячи за межі координатної рамки графіка. Написи повинні бути лаконічними і виконані стандартним креслярським шрифтом. Доцільно замінювати написи прийнятими у тексті умовними літерними позначеннями, без розшифрування. Якщо нема можливості словесні написи замінити літерними позначеннями, їх слід писати окремим рядком, посередині осей координат, за межами координатної рамки. Розмірності, які неможливо розмістити на лінії числових значень по осях координат, виносять в окремий рядок і відокремлюють від напису чи літерного позначення комою без використання дужок. Дробові значення масштабних поділок по осях координат доцільно замінювати добутком цілих чисел на постійний множник.

Якщо виникає необхідність пояснити позначення на кривих графіка, їх виносять у підпис під графіком чи на вільне поле графіка.

Для істотного спрощення процедури побудови різноманітних графіків рекомендується використання програмного додатка Microsoft Excel пакета Microsoft Office.

У кваліфікаційній роботі не допускається використання графіків, які не узгоджені з текстом, погано оформлені чи перевантажені написами і позначеннями.

Діаграма дає графічне порівняння статичних, розрахункових й облікових даних.

Одним з найрозповсюдженіших видів порівняння є діаграма у вигляді стовпців. Стовпцева діаграма з невеликою кількістю стовпців повинна мати висоту більшу за ширину. Для побудови стовпцевої діаграми рамки не потрібні. Стовпці на діаграмі слід показувати повністю. Вони повинні починатися з нульової лінії і бути неперервними. Для того, щоб зробити стовпцеву діаграму виразнішою за невеликої кількості стовпців, вони повинні бути вужчими, аніж простір між ними, у діаграмах з великою кількістю стовпців – навпаки.

Допускається побудова діаграм на радіальній сітці (т.зв. кругова діаграма), на якій числа виражаються секторами між двома радіусами. Порівнювані величини при цьому найчастіше відображаються у відсотковому співвідношенні.

Для автоматизації роботи зі створення діаграм рекомендується використання додатка Microsoft Excel.

Схема – це графічне зображення, на якому за допомогою загальноприйнятих спрощених символів і позначень показані складові частини виробу, об'єкта тощо. В Єдиній системі конструкторської документації загальні вимоги до виконання схем наведено в ГОСТ 2.701-84 і 2.703-68.

Блок-схеми алгоритмів і програм виконують відповідно до вимог стандартів Єдиної системи програмної документації (ЄСПД).

ДОДАТКИ

Додаток 1

Орієнтовна річна програма випуску деталей (шт.) за типами виробництва

Маса деталі, кг	Тип виробництва				
	одиничне	дрібно-серійне	середньо-серійне	велико-серійне	масове
до 1,0	< 10	10 – 2 000	1 500 – 100 000	100 000 – 200 000	понад 200 000
1,0 – 2,5	< 10	10 – 1 000	1 000 – 50 000	50 000 – 100 000	понад 100 000
2,5 – 5,0	< 10	10 – 500	500 – 35 000	35 000 – 75 000	понад 75 000
5,0 – 10,0	< 10	10 – 300	300 – 25 000	25 000 – 50 000	понад 50 000
понад 10,0	< 10	10 - 200	200 – 10 000	10 000 – 25 000	понад 25 000

Додаток 2

**Дійсний річний фонд часу роботи основного технологічного устаткування
(для двозмінного режиму роботи за нормальних умов праці)**

Вид основного технологічного устаткування	Величина дійсного річного фонду часу F_p , год.		
	одна зміна	дві зміни	три зміни
Металорізальні верстати: - масою до 10 тонн - масою від 10 до 100 тонн	2040 2000	4060 3985	6060 5945
Металорізальні верстати з ЧПК та багатощільові верстати: - масою до 10 тонн - масою від 10 до 100 тонн	--- ---	3890 3810	--- ---
Агрегатні верстати	---	4015	---
Автоматичні лінії	---	3725	---
Гнучкі виробничі модулі, - масою до 10 тонн - масою від 10 до 100 тонн	--- ---	5970 5710	--- ---
Роботизовані технологічні комплекси: - масою до 10 тонн - масою від 10 до 100 тонн	--- ---	7970 7620	--- ---
Робоче місце складальника	2070	4140	6210
Робоче місце складальника з механізованим и пристроями	2050	4080	6085
Складальне автоматичне та автоматизоване устаткування	2000	3975	5930
Автоматичні складальні лінії	---	3725	5465

Допуски, мкм, для номінальних розмірів (вибіркові)

Номінальний розмір, мм	Квалітет																
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17					
до 3	0,006	0,010	0,014	0,025	0,040	0,060	0,100	0,140	0,250	0,400	0,600	1,000					
понад 3 до 6	0,008	0,012	0,018	0,030	0,048	0,075	0,120	0,180	0,300	0,480	0,750	1,200					
понад 6 до 10	0,009	0,015	0,022	0,036	0,058	0,090	0,150	0,220	0,360	0,580	0,900	1,500					
понад 10 до 18	0,011	0,018	0,027	0,043	0,070	0,110	0,180	0,270	0,430	0,700	1,100	1,800					
понад 18 до 30	0,013	0,021	0,033	0,052	0,084	0,130	0,210	0,330	0,520	0,840	1,300	2,100					
понад 30 до 50	0,016	0,025	0,039	0,062	0,100	0,160	0,250	0,390	0,620	1,000	1,600	2,500					
понад 50 до 80	0,019	0,030	0,046	0,074	0,120	0,190	0,300	0,460	0,740	1,200	1,900	3,000					
понад 80 до 120	0,022	0,035	0,054	0,087	0,140	0,220	0,350	0,540	0,870	1,400	2,200	3,500					
понад 120 до 180	0,025	0,040	0,063	0,100	0,160	0,250	0,400	0,630	1,000	1,600	2,500	4,000					
понад 180 до 250	0,029	0,046	0,072	0,115	0,185	0,290	0,460	0,720	1,150	1,850	2,900	4,600					
понад 250 до 315	0,032	0,052	0,081	0,130	0,210	0,320	0,520	0,810	1,300	2,100	3,200	5,200					
понад 315 до 400	0,036	0,057	0,089	0,140	0,230	0,360	0,570	0,890	1,400	2,300	3,600	5,700					
понад 400 до 500	0,040	0,063	0,97	0,155	0,250	0,400	0,630	0,970	1,550	2,500	4,000	6,300					
понад 500 до 630	0,044	0,070	0,110	0,175	0,280	0,440	0,700	1,100	1,750	2,800	4,400	7,00					
понад 630 до 800	0,050	0,080	0,125	0,200	0,320	0,500	0,800	1,250	2,000	3,200	5,000	8,000					
понад 800 до 1 000	0,056	0,090	0,140	0,230	0,360	0,560	0,900	1,400	2,300	3,600	5,600	9,000					
понад 1 000 до 1 250	0,066	0,105	0,165	0,260	0,420	0,660	1,050	1,650	2,66	4,200	6,600	10,500					
понад 1 250 до 1 600	0,078	0,125	0,195	0,310	0,500	0,780	1,250	1,950	3,100	5,000	7,800	12,500					
понад 1 600 до 2 000	0,092	0,150	0,230	0,370	0,600	0,920	1,500	2,300	3,700	6,000	9,200	15,000					
понад 2 000 до 2 500	0,110	0,175	0,280	0,440	0,700	1,100	1,750	2,800	4,400	7,000	11,000	17,500					
понад 2 500 до 3 150	0,135	0,210	0,330	0,540	0,860	1,350	2,100	3,300	5,400	8,600	13,500	21,000					
понад 3 150 до 4 000	0,165	0,260	0,410	0,660	1,050	1,850	2,600	4,100	6,600	10,500	16,500	26,000					
понад 4 000 до 5 000	0,200	0,320	0,500	0,800	1,300	2,000	3,200	5,000	8,000	13,000	20,000	32,000					

Нормальні лінійні розміри, мм

Ряди				Додаткові розміри	Ряди				Додаткові розміри				
Ra 5	Ra 10	Ra 20	Ra 40		Ra 5	Ra 10	Ra 20	Ra 40					
1,0	1,0	1,0	1,0		1,6	1,6	1,6	1,6	1,55				
			1,05					1,7	1,65				
		1,1	1,1				1,8	1,8	1,75				
			1,15					1,9	1,85				
	1,2	1,2	1,2	1,25		2,0	2,0	2,0	1,95				
			1,3	1,35				2,1	2,05				
		1,4	1,4	1,45			2,2	2,2	2,15				
			1,5					2,4	2,30				
			2,5	2,5				2,5		4,0	4,0	4,0	4,1
								2,6	2,7			4,2	4,4
2,8	2,8	2,9			4,5	4,5	4,6						
	3,0	3,1				4,8	4,9						
3,2	3,2	3,2	3,3	5,0	5,0	5,0	5,2						
		3,4	3,5			5,3	5,5						
	3,6	3,6	3,7		5,6	5,6	5,8						
		3,8	3,9			6,0	6,2						
		6,3	6,3			6,3	6,3	6,5	10	10	10	10,2	
							6,7	7,0			10,5	10,8	
7,1	7,1			7,3	11	11	11,2						
	7,5			7,8		11,5	11,8						
8,0	8,0			8,0	8,2	12	12	12			12,5		
				8,5	8,8			13			13,5		
	9,0		9,0	9,2	14		14	14,5					
			9,5	9,8			15	15,5					

До розмірів, наведених у таблиці, допускається застосовувати кратність (від 10^{-3} до 10^3).

Під час вибору розмірів перевагу необхідно надавати рядам з більшою градацією (ряд Ra 5 має перевагу перед рядом Ra 10 і т.д.).

Додаткові розміри, наведені у таблиці, допускається застосовувати лише в окремих, технічно обгрунтованих випадках.

Нормальні кутові розміри

1-й ряд	2-й ряд	3- ряд	1-й ряд	2-й ряд	3- ряд	
0°	0°	0°	30°	30°	30°	
		0°15'			35°	
	0°30'	0°30'	45°	45°	40°	
		0°45'			45°	
	1°	1°	60°	60°	50°	
		1°30'			55°	
	2°	2°	90°	90°	60°	
		2°30'			65°	
	3°	3°	120°	120°	70°	
		4°			75°	
	5°	5°	5°	150°	150°	80°
			6°			85°
7°			90°			
8°		8°	180°	180°	100°	
		9°			110°	
10°		10°	270°	270°	120°	
	10°	135°				
	12°	150°				
15°	15°	15°	360°	360°	180°	
		18°			270°	
		20°			360°	
	20°	22°				
		25°				

Вибираючи розміри, перевагу необхідно надавати рядам з більшою градацією (перший ряд має перевагу перед другим рядом і т.д.).

Переважаючі значення середньоарифметичного відхилення R_n (мкм)

100	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05	0,025	0,0125
-----	----	----	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	-------	--------

**Середньоекономічна точність і шорсткість оброблення
зовнішніх циліндричних поверхонь**

<i>План оброблення</i>	<i>Квалітет IT</i>	<i>Шорсткість Ra, мкм</i>
Обточування одноразове	12	6,3
Обточування попереднє Обточування чистове	10 ... 11	3,2
Обточування одноразове Шліфування одноразове	8 ... 10	0,8 ... 1,6
Обточування попереднє Обточування чистове Шліфування одноразове	6 ... 8	0,8
Обточування попереднє Обточування чистове Обточування тонке	6 ... 7	0,4
Обточування одноразове Шліфування попереднє Шліфування чистове	6 ... 7	0,4
Обточування попереднє Обточування чистове Шліфування попереднє Шліфування чистове	6	0,4
Обточування попереднє Обточування чистове Шліфування попереднє Шліфування тонке	5 ... 6	0,2
Обточування попереднє Обточування чистове Шліфування попереднє Шліфування чистове Шліфування тонке	5	0,1 ... 0,2

**Середньоекономічна точність і шорсткість оброблення
внутрішніх циліндричних поверхонь**

<i>План оброблення</i>			<i>Квалітет IT</i>	<i>Шорсткість Ra, мкм</i>
<i>У суцільному металі</i>				
Свердління			12	12,5 ... 25
Свердління Зенкерування			11	3,2 ... 6,3
Свердління Розвертання			8 ... 9	1,6 ... 3,2
Свердління Протягування			8 ... 9	0,4 ... 1,6
Свердління Зенкерування Розвертання			8 ... 9	0,8 ... 1,6
Свердління Розвертання подвійне			7 ... 8	0,4 ... 1,6
Свердління Зенкерування Розвертання подвійне	Свердління Зенкерування Шліфування	Свердління Протягування Калібрування	7 ... 8	0,4 ... 0,8
<i>У заготовках з отвором</i>				
Зенкерування		Розточування одноразове	12	3,2 ... 6,3
Зенкерування дворазове		Розточування дворазове	11	6,3 ... 12,5
Зенкерування Розвертання		Розточування Розвертання	8 ... 9	1,6 ... 3,2
Зенкерування Розточування			8 ... 9	3,2 ... 6,3
Зенкерування дворазове Розвертання		Розточування дворазове Розвертання	8 ... 9	0,8 ... 1,6
Зенкерування Розвертання дворазове		Розточування Розвертання дворазове	7 ... 8	0,4 ... 0,8
Зенкерування Тонке розточування	Розточування дворазове Тонке розточування	Розточування дворазове Розвертання дворазове	7 ... 8	0,2 ... 0,8
Зенкерування Хонінгування		Розточування подвійне Хонінгування	7 ... 8	0,4 ... 0,8
Прогресивне протягування і шліфування			7 ... 8	0,04 ... 0,32
Зенкерування і розточування		Тонке розточування і хонінгування	7 ... 8	0,02 ... 0,16

**Середньоєкономічна точність і шорсткість
оброблення плоских поверхонь**

<i>План оброблення</i>	<i>Квалітет IT</i>	<i>Шорсткість Ra, мкм</i>
Фрезерування торцьовими, циліндричними фрезами, струтання:		
чорнове	11 ... 14	1,25 ... 20
напівчистове і одноразове	11 ... 12	1,25 ... 5
чистове	10	0,63 ... 2,5
тонке	7 ... 9	0,15 ... 2,5
Протягування:		
чорнове литих і штампованих поверхонь	10 ... 11	0,63 ... 5
чистове	7 ... 9	0,32 ... 2,5
Шліфування:		
одноразове	8 ... 9	0,15 ... 2,5
попереднє	9	0,32 ... 2,5
чистове	8	0,08 ... 0,63
тонке	7	0,04 ... 0,32

**Середньоєкономічна точність і шорсткість
оброблення різевих поверхонь**

<i>План оброблення</i>	<i>Допуск</i>	<i>Шорсткість Ra, мкм</i>
Нарізування різі круглими плашками	8g	6,3 ... 12,5
Нарізування різі мітчиками	6H	3,2 ... 6,3
Фрезерування різі:		
гребінчастими фрезами	6g	3,2 ... 6,3
дисковими фрезами	6g	1,6 ... 6,3
Точіння різі:		
різцями	4h	0,8 ... 3,2
гребінками	6g	0,8 ... 6,3

Залежності найімовірнішого машинного часу оброблення окремих поверхонь деталі за відповідними переходами [16, 65, 66]

Перехід	Квалітет ІТ	Шорсткість Ra, мкм	Розрахункова залежність для основного часу T_0 , хв
Розрізання металу			
Розрізання дисковою пилою	-	40...80	0,011·L
Відрізання різцем	-	10...40	0,000393·D ²
Підрізання торця (за один прохід)			
Чорнове підрізання торця, кільця	-	20 ... 4	0,0000224 (D ² - d ²)
Чистове підрізання суцільного торця	-	2,0 ... 2,5	0,000011·D ²
Оброблення зовнішніх тіл обертання			
<i>Обточування тіл обертання (D=20 – 100 мм одна ступінь за один прохід)</i>			
Точіння чорнове	14	40 ... 80	0,000075·D·L
Точіння чистове	11	10 ... 20	0,000175L
<i>Шліфування зовнішніх кругле з поздовжньою подачею</i>			
Шліфування попереднє	9 ... 11	2,5 ... 20	0,00012·D·L
Шліфування чистове	6	0,63 ... 1,25	0,000184·D·L
Шліфування тонке	6	0,16 ... 0,32	0,000327·D·L
<i>Шліфування зовнішнє безцентрове з поздовжньою подачею (D=20 – 60 мм)</i>			
Шліфування грубе	9...11	2,5 ... 20	0,00362·D
Шліфування попереднє	8	1,25 ... 2,5	0,00422·L
Шліфування чистове	6	0,32 ... 0,63	0,00693·L
<i>Шліфування зовнішнє кругле врізанням</i>			
Шліфування чистове	6	0,63 ... 1,25	0,0068·D
Шліфування тонке	5	0,16 ... 0,32	0,0079·D
<i>Оброблення зміцнювальним інструментом</i>			
Обточування кулькою, роликом після чистового точіння	8	0,32 ... 1,25	0,0001·D·L
Оброблення отворів			
Свердління отворів діаметром до 20 мм	14	10 ... 40	0,00056·D·L
Розсвердлювання отворів діаметром понад 20 до 70 мм	13	10 ... 20	0,000423·D·L
Зенкерування	11	10 ... 20	0,00021·D·L
Розвертання чорнове	10	2,0 ... 2,5	0,00436·D·L
Розвертання чистове	6	0,63 ... 1,25	0,000876·D·L
Розточування чорнове	12	20 ... 40	0,000134·D·L
Розточування чистове	10	2,5 ... 10	0,00018·D·L
Шліфування попереднє	11	1,25 ... 2,5	0,000146·D·L
Шліфування чистове	7	0,32 ... 0,63	0,000583·D·L
Протягування одноразове	9	2,5 ... 10	0,000286·L
Протягування чистове	7	1,0 ... 1,25	0,0005·L
Прошивання чистове	7	0,63 ... 1,25	0,00033·L
Прошивання тонке	6...7	0,16 ... 0,63	0,0005·L
Полірування	5...6	0,1 ... 0,25	0,00016·F _т
Хонінгування середнє	6...7	0,63 ... 1,25	0,126·h
Хонінгування тонке	5...6	0,16 ... 0,32	0,121·h

Оброблення плоских поверхнь			
<i>Фрезерування торцьовою фрезою</i>			
Фрезерування чорнове	12	20 ... 40	0,00591·L
Фрезерування чистове	10	10 ... 20	0,00482·L
Фрезерування тонке	8	1,25 ... 2,5	0,00286·L
<i>Фрезерування циліндричною фрезою</i>			
Фрезерування чорнове	12	20 ... 40	0,00666·L
Фрезерування чистове	10	10 ... 20	0,00352·L
Фрезерування тонке	8	1,25 ... 2,5	0,00166·L
Підрізування торців торцьовим зенкером або ножем	11	2,5 ... 10	0,0007·D·L
<i>Стругання або довбання</i>			
Стругання (довбання) чорнове	14	40 ... 80	0,0000434·B·L
Стругання (довбання) чистове	11	1,5 ... 10	0,0000034·B·L
<i>Шліфування площинне торцем круга (зворотно-поступальний рух столу)</i>			
Шліфування попереднє	9-11	2,5 ... 10	0,0015·L
Шліфування чистове	7	0,63 ... 2,5	0,0013·L
Шліфування тонке	6	0,16 ... 0,32	0,0015·L
<i>Протягування зовнішніх поверхнь</i>			
Протягування одноразове	9	2,5 ... 10	0,000286·L
Протягування чистове	7	0,63 ... 1,25	0,0005·L
Оброблення гвинтових поверхнь			
Нарізування різі мітчиком, плашкою	10	2,5 ... 10	0,000319·D·L
Фрезерування зовнішньої різі багатонитковою фрезою	10	2,5 ... 10	0,000112·D·L
Нарізування одноститкової різі різцем чорнове	10	2,5 ... 10	0,000091·D·L
Нарізування одноститкової різі різцем чистове	8...9	0,32 ... 0,63	0,0046·D·L
Оброблення евольвентних поверхнь			
<i>Оброблення зубців циліндричних зубчастих коліс ($m = 1 \dots 10$ мм), для ступенів точності</i>			
Довбання зубців чорнове за одне обкочування	8 ... 9	2,5 ... 10	$B \cdot m (0,0035 +$ $+ z \cdot 0,000713)$
Довбання зубців чистове за одне обкочування	7 ... 8	1,25 ... 2,5	$B \cdot m (0,00324 +$ $+ z \cdot 0,00084)$
Фрезерування чорнове (вертикальна подача)	8	10 ... 20	0,00488·B·z
Фрезерування чистове (вертикальна подача)	7	1,25 ... 2,5	0,00943·B·z
Шевінгування чистове	6	1,25 ... 1,63	0,001·B·z
Оброблення шліцевих поверхнь (вали $d = 25 \dots 60$ мм)			
Фрезерування чорнове		10 ... 20	0,0047·L·z
Фрезерування чистове		1,25 ... 2,5	0,0087·L·z
Шліфування дна западин		0,32 ... 0,63	0,00104·L·z

Умовні позначення

D, d – діаметри оброблюваних поверхнь, мм; L – довжина заготовки, ступеня, ходу протяжки, мм; B – ширина заготовки, мм; m – модуль зубчастого колеса, мм; z – кількість зубців зубчастого колеса, мм; F_{Σ} – площа оброблення ($F_{\Sigma} = \pi \cdot d \cdot L$), мм²; h – припуск на сторону, мм.

Коефіцієнт для визначення норми штучного часу ($T_{шт} = \phi_K \cdot T_0$) [16, 65, 66]

Тип верстатів	Коефіцієнт ϕ_K	
	Виробництво одичинне, дрібно- та середньосерійне	Виробництво великосерійне та масове
Токарні	2,14	1,36
Токарно-револьверні	1,98	1,35
Токарно-багаторізові	---	1,50
Вертикально-свердлильні	1,72	1,30
Радіально-свердлильні	1,75	1,41
Розточувальні	3,25	---
Кругло-шліфувальні	2,10	1,55
Фрезерні	1,84	1,51
Зуборізи	1,66	1,27
Площинно-шліфувальні	2,00	1,80

Кількість необхідних методів оброблення $m = \lg \varepsilon_r / 0,46$

Квалітет розміру заготовки	Квалітет розміру деталі									
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Кількість необхідних методів оброблення m (розрахунковий / прийнятний)									
16	4,36 4	3,92 4	3,48 3	3,05 3	2,61 3	2,18 2	1,74 1	1,31 1	0,87 1	0,44 1
15	3,92 4	3,48 4	3,05 3	2,61 3	2,18 2	1,74 2	1,31 1	0,87 1	0,44 1	---
14	3,48 4	3,05 3	2,61 3	2,18 2	1,74 2	1,31 1	0,87 1	0,44 1	---	---
13	3,05 3	2,61 3	2,18 2	1,74 2	1,31 1	0,87 1	0,44 1	---	---	---
12	2,61 3	2,18 2	1,74 2	1,31 1	0,87 1	0,44 1	---	---	---	---
11	2,18 2	1,74 2	1,31 1	0,87 1	0,44 1	---	---	---	---	---
10	1,74 2	1,31 2	0,87 1	0,44 1	---	---	---	---	---	---
9	1,31 2	0,87 1	0,44 1	---	---	---	---	---	---	---
8	0,87 1	0,44 1	---	---	---	---	---	---	---	---
7	0,44 1	---	---	---	---	---	---	---	---	---

**Підвищення точності отримання розміру на етапах механічного оброблення
(у квалітетах)**

Квалітет розміру заготовки	Етап оброблення	Квалітет розміру деталі									
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
16	1	4,0	3,6	4,0	3,50	4,0	3,33	4,0	3,0	2,0	1,0
	2	3,0	2,7	2,67	2,33	2,0	1,67	---	---	---	---
	3	2,0	1,8	1,33	1,17	---	---	---	---	---	---
	4	1,0	0,9	---	---	---	---	---	---	---	---
	Всього:	10,0	9,0	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0
15	1	3,6	4,0	3,5	4,0	3,33	4,0	3,0	2,0	1,0	---
	2	2,7	2,67	2,33	2,0	1,67	---	---	---	---	---
	3	1,8	1,33	1,17	---	---	---	---	---	---	---
	4	0,9	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Всього:	9,0	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0	---
14	1	4,0	3,5	4,0	3,33	4,0	3,0	2,0	1,0	---	---
	2	2,67	2,33	2,0	1,67	---	---	---	---	---	---
	3	1,33	1,17	---	---	---	---	---	---	---	---
	Всього:	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0	---	---
13	1	3,5	3,0	3,33	2,67	3,0	2,0	1,0	---	---	---
	2	2,33	2,0	1,67	1,33	---	---	---	---	---	---
	3	1,17	1,0	---	---	---	---	---	---	---	---
	Всього:	7,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0	---	---	---
12	1	3,0	3,33	2,67	3,0	2,0	1,0	---	---	---	---
	2	2,0	1,67	1,33	---	---	---	---	---	---	---
	3	1,0	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Всього:	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0	---	---	---	---
11	1	2,5	2,67	3,0	2,0	1,0	---	---	---	---	---
	2	1,67	1,33	---	---	---	---	---	---	---	---
	3	0,83	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Всього:	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0	---	---	---	---	---
10	1	2,67	2,0	2,0	1,0	---	---	---	---	---	---
	2	1,33	1,0	---	---	---	---	---	---	---	---
	Всього:	4,0	3,0	2,0	1,0	---	---	---	---	---	---
9	1	2,0	2,0	1,0	---	---	---	---	---	---	---
	2	1,0	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Всього:	3,0	2,0	1,0	---	---	---	---	---	---	---
8	1	2,0	1,0	---	---	---	---	---	---	---	---
	Всього:	2,0	1,0	---	---	---	---	---	---	---	---
7	1	1,0	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Всього:	1,0	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Граничні значення уточнення на етапах механічного оброблення

Квалітет розміру заготовки	Етап оброблення	Квалітет розміру деталі										
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
16	1	6,33	5,26	6,33	5,03	6,33	4,65	6,33	3,99	2,52	1,59	
	2	3,99	3,48	3,42	2,93	2,52	2,16	---	---	---	---	
	3	2,52	2,29	1,85	1,71	---	---	---	---	---	---	
	4	1,59	1,51	---	---	---	---	---	---	---	---	
15	1	5,26	6,33	5,03	6,33	4,65	6,33	3,99	2,52	1,59	---	
	2	3,48	3,42	2,93	2,52	2,16	---	---	---	---	---	
	3	2,29	1,85	1,71	---	---	---	---	---	---	---	
	4	1,51	1,0	---	---	---	---	---	---	---	---	
14	1	6,33	5,03	6,33	4,65	6,33	3,99	2,52	1,59	---	---	
	2	3,42	2,93	2,52	2,16	---	---	---	---	---	---	
	3	1,85	1,71	---	---	---	---	---	---	---	---	
13	1	5,03	3,99	4,65	3,42	3,99	2,52	1,59	---	---	---	
	2	2,93	2,52	2,16	1,85	---	---	---	---	---	---	
	3	1,71	1,59	---	---	---	---	---	---	---	---	
12	1	3,99	4,65	3,42	3,99	2,52	1,59	---	---	---	---	
	2	2,52	2,16	1,85	---	---	---	---	---	---	---	
	3	1,59	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
11	1	3,17	3,42	3,99	2,52	1,59	---	---	---	---	---	
	2	2,16	1,85	---	---	---	---	---	---	---	---	
	3	1,47	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
10	1	3,42	2,52	2,52	1,59	---	---	---	---	---	---	
	2	1,85	1,59	---	---	---	---	---	---	---	---	
9	1	2,52	2,52	1,59	---	---	---	---	---	---	---	
	2	1,59	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
8	1	2,52	1,59	---	---	---	---	---	---	---	---	
7	1	1,59	---	---	---	---	---	---	---	---	---	

Оптові ціни на сортовий прокат (вибірково)

<i>Вид матеріалу</i>	<i>Марка матеріалу</i>	<i>Базова вартість, грн./т</i>
Сталь вуглецева	Ст0, Ст3, Ст4	5 600 ... 6 200
Сталь вуглецева якісна	10, 20, 30, 40, 45, 50, 55, 60	5 840 ... 6 200
Сталь високовуглецева якісна	У7, У8, У9, У10, У11, У12, У13	7 900 ... 8 200
Сталь автоматна	А12, А20, А30, А40Г	6 000 ... 6 600
Сталь легувана	15Х, 15ХА, 20Х, 30Х, 35Х, 40Х, 45Х	6 600 ... 7 200
	18ХГТ, 20ХГР, 30ХГТ	7 500 ... 7 700
	15ХГС, 30ХГС	7 600 ... 7 800
	12ХНЗА, 30ХНЗА	13 000 ... 13 200
	15Г, 25Г, 30Г, 45Г, 50Г, 30Г2, 50Г2	6 000 ... 6 600
	33ХС, 38ХС	7 400 ... 7 700
	20ХН, 40ХН, 45ХН, 50ХН	7 600 ... 8 200
	30ХН2ВА, 38ХН2ВА, 40ХН2ВА	11 400 ... 11 600
Сталь високовуглецева легувана	ХВГ	24 200 ... 26 500
Латунь	ЛС59-1, Л-62, ЛСЖ48-1-1	25 000 ... 27 000
Алюміній	АМГ-3	26 000 ... 28 000
Бронза	БрБ2, БрОФ	68 000 ... 72 000
Труби (ціна за 1 п.м.)	15 ... 25, ШХ15	830 ... 3 800

Більші значення необхідно приймати для менших розмірів сортаменту і для марок, які мають більший вміст легуючих елементів.

Базова вартість штучних заготовок

<i>Спосіб отримання</i>	<i>Базова вартість, грн./т</i>
<i>Виливки</i>	
Виливки у земляні і напівпостійні форми	21 600
Виливки за виплавлюваними моделями	119 000
Виливки в оболонковій формі	64 400
Виливки у кокіль	39 000
Виливки, отримані відцентровим литтям	57 000
Виливки, отримані литтям під тиском	75 800
<i>Штамповані та ковани заготовки</i>	
Штамповані заготовки, отримані на молотах, пресах, ГKM та електровисаджуванням	22 400
Поковки	24 800

Заготівельні ціни на відходи чорних і кольорових металів

<i>Матеріал відходів</i>	<i>Базова вартість, грн./т</i>
Чавун	400
Сталь вуглецева	1 360 ... 1 680
Сталь легована	1 440 ... 2 300
Латунь	14 800 ... 15 800
Алюміній	18 400 ... 19 600
Бронза	29 800 ... 31 200

Більші значення необхідно приймати для менших розмірів сортаменту і для марок, які мають більший вміст легуючих елементів.

Орієнтовні класи точності розмірів і мас та ряди припусків на механічне оброблення виливків для окремих способів лиття (за даними ГОСТ 26645-85)

Спосіб лиття	Найбільший габаритний розмір виливка, мм	Тип металу (сплаву)		
		сталь; кувальний, високоміцний та легований чавун	сірий чавун; кольорові метали та сплави з температурою плавлення понад 700 °С	кольорові метали та сплави з температурою плавлення нижче 700 °С
		Орієнтовні класи точності розмірів і мас. Орієнтовні ряди припусків		
Лиття під тиском у металеві форми	до 100	$\frac{4-7T}{1}$	$\frac{3-6}{1}$	$\frac{3T-5}{1}$
	понад 100	$\frac{5T-7}{1}$	$\frac{4-7T}{1}$	$\frac{3-6}{1}$
Лиття у керамічні форми; лиття по виплавлених моделях	до 100	$\frac{5T-7}{1-2}$	$\frac{4-7T}{1-2}$	$\frac{3-6}{1}$
	понад 100	$\frac{5-8}{1-2}$	$\frac{5T-7}{1-2}$	$\frac{4-7T}{1-2}$
Лиття у кокіль і лиття у металеві форми під низьким тиском без та з піщаними стрижнями; лиття у піщані форми, які тверднуть у контакт з оснащенням	до 100	$\frac{5-11T}{1-3}$	$\frac{5T-10}{1-3}$	$\frac{4-9}{1-2}$
	понад 100 до 630	$\frac{6-11}{2-4}$	$\frac{5-11T}{1-3}$	$\frac{5T-10}{1-3}$
	понад 630	$\frac{7T-12}{2-5}$	$\frac{6-11}{2-4}$	$\frac{5-11T}{1-3}$
Лиття у піщані форми, які тверднуть поза контактом з оснащенням; відцентрове лиття; лиття у сирі та сухі піщано-глиняні форми	до 630	$\frac{7-13T}{2-5}$	$\frac{7T-12}{2-4}$	$\frac{6-11}{2-5}$
	понад 630 до 4 000	$\frac{9T-13}{3-6}$	$\frac{8-13T}{3-5}$	$\frac{7-14}{2-4}$
	понад 4 000	$\frac{3-6}{4-6}$	$\frac{9T-15}{3-6}$	$\frac{8-16}{3-5}$

У чисельнику вказано орієнтовні класи точності розмірів і мас, у знаменнику – орієнтовні ряди припусків. Менші значення належать до простих виливків й умов масового автоматизованого виробництва; більші значення – до складних виливків дрібносерійного й індивідуального виробництва.

Визначення основних параметрів штампованих та кованих заготовок (ГОСТ 7505-89)

1. Група матеріалу

<i>Хімічний склад сталі</i>		<i>Група матеріалу</i>
<i>вміст вуглецю, %</i>	<i>вміст легуючих елементів, %</i>	
до 0,35	до 2,0	М1
понад 0,35 до 0,65	понад 2,0 до 5,0	М2
понад 0,65	понад 5,0	М3

2. Ступінь складності.

Ступінь складності $C1, C2, C3, C4$ визначається за величиною співвідношення $C = Q_{zw} / Q_{фг}$, де Q_{zw} – маса (об'єм) заготовки; $Q_{фг}$ – маса (об'єм) геометричної фігури мінімального об'єму, в яку може бути вписана заготовка:

<i>Співвідношення $C = Q_{zw} / Q_{фг}$</i>	<i>Ступінь складності</i>
понад 0,63 до 1,00	C1
понад 0,32 до 0,63	C2
понад 0,16 до 0,32	C3
до 0,16	C4

Для заготовок, отриманих на горизонтально-кувальних машинах, допускається визначати ступінь складності форми залежно від кількості переходів: $C1$ – не більше, як за два переходи; $C2$ – за три переходи; $C3$ – за чотири переходи; $C4$ – більше, як за чотири переходи або при виготовленні на двох кувальних машинах.

3. Клас точності.

<i>Основне устаткування технологічний процес</i>	<i>Класи точності заготовки</i>				
	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>	<i>T5</i>
Кривошипні гарячештампувальні преси:					
відкрите (облойне) штампування				X	X
закрите штампування		X	X		
витискування			X	X	
Горизонтально-кувальні машини				X	X
Преси гвинтові гідравлічні				X	X
Гарячештампувальні автомати		X	X		
Штампувальні молоти				X	X
Калібрування об'ємне (гаряче і холодне)	X	X			
Прецизійне штампування	X				

Значення коефіцієнта $K_{вт}$, який враховує клас точності виливка

Клас точності розмірів і мас виливка	1-3	4-6	7Т-9Т	9-11	12-14	15-16
$K_{вт}$	1,88	1,64	1,32	1,00	0,68	0,44

Класи точності розмірів і мас виливка наведені у додатку 19.

Групи серійності виготовлення виливків

Маса виливка, кг		Групи серійності виливків для річної програми виготовлення (від – до)							
понад	до	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,25	500 000	200 000	100 000	35 000	15 000	2 500	500	до
		1 000 000	500 000	200 000	100 000	35 000	15 000	2 500	500
0,25	0,63	400 000	150 000	70 000	30 000	12 000	2 000	400	до
		700 000	400 000	150 000	70 000	30 000	12 000	2 000	400
0,63	1,0	300 000	100 000	40 000	20 000	8 000	1 500	300	до
		500 000	300 000	100 000	40 000	20 000	8 000	1 500	300
1,0	2,5	200 000	75 000	20 000	12 000	4 000	1 000	200	до
		350 000	200 000	75 000	20 000	12 000	4 000	1 000	200
2,5	10	100 000	30 000	12 000	6 000	2 000	500	120	до
		200 000	100 000	30 000	12 000	6 000	2 000	500	120
10	25	50 000	15 000	8 000	3 000	1 000	300	70	до 70
		100 000	50 000	15 000	8 000	3 000	1 000	300	
25	63	30 000	10 000	6 000	2 500	800	200	55	до 55
		60 000	30 000	10 000	6 000	2 500	800	200	
63	160	20 000	7 500	4 000	1 500	600	100	45	до 45
		40 000	20 000	7 500	4 000	1 500	600	100	

Значення коефіцієнта $K_{вп}$, який враховує річну програму випуску (групи серійності виливків). Для маси виливка до 160 кг

Група серійності виливка	3	4	5	6	7	8	9	10
$K_{вп}$	0,88	0,94	1,00	1,06	1,13	1,18	1,30	1,40

Групи серійності виливків наведені у додатку 22.

Значення коефіцієнта $K_{вмс}$, який враховує масу виливка

Маса виливка, кг	Матеріал виливка			
	Чавун	Сталь	Алюмінієві сплави	Мідні сплави
до 1	1,10	1,07	1,05	1,02
понад 1 ... до 3	1,00	1,00	1,00	1,00
понад 3 ... до 10	0,91	0,93	0,96	0,98
понад 10 ... до 20	0,84	0,87	0,92	0,96
понад 20 ... до 50	0,80	0,82	0,89	0,94
понад 50 ... до 200	0,74	0,78	0,85	0,92
понад 200 ... до 500	0,67	0,74	0,82	0,89
понад 500	0,58	0,62	0,67	0,85

Значення коефіцієнта $K_{вс}$, який враховує складність форми виливка

Група складності	Характеристика деталі	Матеріал виливка			
		Чавун	Сталь	Алюмінієві сплави	Мідні сплави
1	Прості, подовжені	0,70	0,86	0,82	0,97
2	Тіла обертання, диски	0,83	0,93	0,89	0,98
3	Прості коробчасті	1,00	1,00	1,00	1,00
4	Закриті корпусні	1,20	1,12	1,10	1,02
5	Великі, складні корпусні	1,45	1,26	1,22	1,04

Значення коефіцієнта $K_{вмт}$, який враховує матеріал виливка

Матеріал виливка	Спосіб отримання виливка		
	у земляні форми	за виплавлюваними моделями	під тиском
Чавун сірий	1,04	–	–
Чавун високоміцний	1,19	–	–
Чавун кувальний	1,12	–	–
Сталь вуглецева	1,22	1,00	–
Сталь низьколегована	1,26	1,08	–
Сталь легована	1,93	1,10	–
Алюмінієві сплави	5,94	–	1,00
Мідні сплави	6,72	2,30	1,11

Значення коефіцієнта $K_{шт}$, який враховує клас точності виготовлення штампованих і кованих заготовок

Клас точності	T1	T2	T3	T4	T5
$K_{шт}$	1,47	1,39	1,31	1,23	1,15

Класи точності виготовлення штампованих і кованих заготовок наведені у додатку 20.

Групи серійності виготовлення штампованих і кованих заготовок

Маса заготовки, кг		Групи серійності заготовок (від – до)				
понад	до	1	2	3	4	5
0	0,25	понад 500 000	150 000 500 000	60 000 150 000	4 000 60 000	до 4 000
0,25	0,63	понад 300 000	80 000 300 000	30 000 80 000	2 000 30 000	до 2 000
0,63	1,6	понад 150 000	50 000 150 000	15 000 50 000	800 15 000	до 800
1,6	2,5	понад 120 000	45 000 120 000	14 000 45 000	700 14 000	до 700
2,5	4,0	понад 100 000	40 000 100 000	18 500 40 000	650 12 500	до 650
4,0	10	понад 75 000	35 000 75 000	10 000 35 000	500 10 000	до 500
10	25	понад 50 000	30 000 50 000	7 500 30 000	400 7 500	до 400
25	63	понад 30 000	20 000 30 000	5 000 20 000	350 5 000	до 350

Значення коефіцієнта $K_{шп}$, який враховує річну програму випуску (групу серійності) штампованих і кованих заготовок

Група серійності	Штампована заготовка					Кована заготовка			
	1	2	3	4	5	1	2	3	4
$K_{шп}$	1,09	1,15	1,21	1,27	1,33	1,00	1,10	1,20	1,30

Групи серійності штампованих і кованих заготовок наведені у додатку 28.

Значення коефіцієнта $K_{шмс}$, який враховує масу штампованих і кованих заготовок

Маса заготовки, кг	Штампована заготовка	Кована заготовка
понад 0,5 до 1,0	1,59	1,38
понад 1,0 до 1,8	1,45	1,23
понад 1,8 до 3,2	1,15	1,00
понад 3,2 до 5,6	1,04	0,90
понад 5,6 до 10	0,93	0,81
понад 10 до 20	0,87	0,75
понад 20 до 50	0,83	0,72

Значення коефіцієнта $K_{ШС}$, який враховує конструктивно-технологічну складність штампованих і кованих заготовок

Ступінь складності	Штампована заготовка				Кована заготовка			
	$C1$	$C2$	$C3$	$C4$	$C1$	$C2$	$C3$	$C4$
$K_{ШС}$	1,00	1,14	1,27	1,44	0,87	0,99	1,11	1,24

Ступені складності поковок наведені у додатку 20.

Значення коефіцієнта $K_{ШМТ}$, який враховує марку матеріалу штампованих і кованих заготовок

Вид матеріалу	$K_{ШМТ}$	Вид матеріалу	$K_{ШМТ}$
Сталь конструкційна	1,00	Сталь низьколегована	1,14
Сталь низьковуглецева	0,89	Сталь середньолегована	1,23
Сталь високовуглецева	1,08	Сталь високолегована	1,6 ... 2,25
Сталь інструментальна	1,35	Алюмінієві сплави	0,86
Сталь підшипникова	1,41	Мідні сплави	0,92

Якість поверхні (R_z, h) сортового прокату, мкм

Діаметр прокату, мм	Точність прокатування					
	висока		підвищена		звичайна	
	R_z	h	R_z	h	R_z	h
до 30	63	50	80	100	125	150
понад 30 до 80	100	75	125	150	160	250
понад 80 до 180	125	100	160	200	200	300
понад 180 до 250	200	200	250	300	320	400

Якість поверхні ($R_z + h$) виливків за різних способів формування, мкм

Виливок		Найбільший розмір вилівка, мм				
Матеріал	Клас точності	до 500	понад 500 до 1 250	понад 1 250 до 3 150	понад 3 150 до 6 300	понад 6 300 до 10 000
Чавун	I	400	600	800	---	---
	II	500	700	900	---	---
	III	600	800	1 000	1 500	2 000
Сталь	I	300	500	700	---	---
	II	400	600	800	---	---
	III	500	700	900	1 300	1 700
Кольорові метали і сплави	I	200	400	---	---	---
	II	300	500	---	---	---
	III	400	600	800	1 100	---

Класи точності виливків досягаються: I – литтям у форми машинного формування по металевих моделях; II – литтям у форми машинного формування по дерев'яних моделях; III – литтям у форми ручного формування по дерев'яних моделях.

Якість поверхні ($R_z + h$) виливків за різних способів спеціального лиття, мкм

Спосіб лиття	Квалітет	R_z	h для заготовки			
			з чавуну	зі сталі	з кольорових металів і сплавів	
У кокіль	14 ... 15	200	300	200	100	
Відцентрове	14 ... 15	200	300	200	100	
В оболонкові форми для елементів, які отримуються	в одній напівформі	11 ... 12	40	260	160	100
	в обох напівформах	14	40	260	160	100
	під тиском	11 ... 12	50	---	---	100
По виплавлюваних моделях	11 ... 12	32	170	100	63	

Якість поверхні ($R_z + h$) штампованих і кованих заготовок, мкм

Найбільший розмір заготовки, мм	Прес		Молот	Підкладні штампи
	Точність заготівельної операції			
	підвищена	нормальна	нормальна	нормальна
понад 50 до 180	800	1 000	1 000	750
понад 180 до 500	1 000	1 500	1 500	1 250
понад 500 до 1 250	1 500	2 000	2 000	1 500
понад 1 250 до 3 150	2 000	2 500	2 500	---
понад 3 150 до 6 300	2 500	3 000	3 000	---
понад 6 300 до 10 000	---	3 500	3 500	---

Якість поверхні (R_z, h) штампованих і кованих заготовок, мкм

Маса заготовки, кг	R_z	h
до 0,25	80	150
понад 0,25 до 4	160	200
понад 4 до 25	200	250
понад 25 до 40	250	300
понад 40 до 100	320	350
понад 100 до 200	400	400

Точність і якість поверхні ($R_z + h$) після відрізування сортового прокату, мкм

Спосіб відрізування	Квалітет	$R_z + h$
На ножицях	17	300
Привідними ножівками, дисковими фрезами на фрезерних верстатах	14	200
Відрізними різцями на токарних верстатах	13	200
Відрубання на пресах	17	$R_z = 150 \dots 300$ $h = 1\,000 \dots 1\,600$

При відрізуванні на ножицях та відрубванні на пресах отримується вм'ятина у напрямі, перпендикулярному до поверхні зрізу, яка досягає $0,2 D$, і скіс по торцю до 3° , які необхідно враховувати при подальшому обробленні заготовок як по торцю, та і по діаметру.

Точність і якість поверхні ($R_z + h$) заготовки з сортового прокату після механічного оброблення, мкм

Спосіб оброблення	Вид оброблення	Квалітет	R_z	h
Оброблення зовнішніх поверхонь				
Обточування різцями	Обдирне	14	125	120
	Чорнове	12	63	60
	Чистове й одноразове	10 ... 11	32 ... 20	30
	Тонке	7 ... 9	6,3 ... 3,2	---
Шліфування у центрах	Чорнове	8 ... 9	10	20
	Чистове й одноразове	7 ... 8	6,3	12
Безцентрове шліфування	Тонке	5 ... 6	3,2 ... 0,8	6 ... 2
Оброблення торцевих поверхонь				
Торцювання різцем на токарних верстатах	Чорнове	12	50	50
	Чистове	11	32	30
Шліфування на кругло- і торцешліфувальних верстатах	Одноразове	6	5 ... 10	---

Точність і якість поверхні (R_z, h) поковок після їх механічного оброблення, мкм

Спосіб оброблення	Вид оброблення	Квалітет	R_z	h
Точіння різцями. Фрезерування	Обдирне	17	1 250	350
	Чорнове	15 ... 16	250	240
	Напівчистове	12 ... 14	125	120
	Чистове	10 ... 11	40	40
	Тонке	6 ... 7	5	5
Шліфування	Чорнове	14 ... 15	20	20
	Напівчистове	10	15	15
	Чистове	6 ... 7	5	5
	Тонке	5 ... 6	2,5	5

**Точність і якість поверхні (R_z , h) штампованих заготовок
після їх механічного оброблення, мкм**

<i>Спосіб оброблення</i>	<i>Вид оброблення</i>	<i>Квалітет</i>	R_z	h
Вали ступінчасті				
Обточування зовнішніх поверхонь	Одноразове	11 ... 12	32	30
	Чорнове	12	50	50
	Чистове	11	25	25
	Тонке	7 ... 9	5	5
Оброблення торцевих поверхонь	Чорнове	12	50	50
	Чистове	11	32	30
Фрезерування	Одноразове	14	100	100
Шліфування	Одноразове	7 ... 9	5	10
	Чорнове	8 ... 9	10	20
	Чистове	6 ... 7	5	15
	Тонке	5 ... 6	2,5	5
Диски				
Обточування зовнішніх поверхонь	Одноразове	10 ... 12	32	30
	Чорнове	14	100	100
	Напівчистове	12	50	50
	Чистове	10 ... 11	25	25
Оброблення торцевих поверхонь	Одноразове	10 ... 12	32	30
	Чорнове	14	100	100
	Напівчистове	12	50	50
	Чистове	10 ... 11	25	25
Шліфування	Одноразове	7 ... 9	5	10
	Чорнове	8 ... 9	10	20
	Чистове	6 ... 7	5	15
	Тонке	5 ... 6	2,5	5
Важелі (площини, паралельні осі деталі, і площини роз'єму головок)				
Фрезерування	Чорнове	12	32	50
	Чистове	11	10	15
Протягування	Одноразове	10	5	10
Обточування стрижня	Чорнове	12	50	50
	Чистове	11	25	25
Шліфування	Одноразове	7 ... 9	5	10
	Чорнове	8 ... 9	10	20
	Чистове	6 ... 7	5	15
	Тонке	5 ... 6	2,5	5

Точність і якість поверхні (R_z , h) виливків після їх механічного оброблення, мкм

Спосіб оброблення	Вид оброблення	Квалітет	R_z	h
Точіння, фрезерування, стругання	Лиття у пішані форми			
	<i>Виливки класів точності розмірів і мас 1 ... 5 включно</i>			
	Одноразове	11 ... 12	32	32
	Чорнове	12	50	50
	<i>Виливки класів точності розмірів і мас 6 ... 10 включно</i>			
	Чорнове	14	100	100
	Напівчистове	12	50	50
	<i>Виливки класів точності розмірів і мас 11Т ... 16 включно</i>			
	Обдирне	16 ... 17	320	320
	Чорнове	14 ... 15	250	240
	Напівчистове	11 ... 12	100	100
	<i>Виливки усіх класів точності розмірів і мас</i>			
	Чистове	10 ... 11	25	25
	Тонке	7 ... 9	5	5
	Лиття у кокіль. Відцентрове лиття			
	Одноразове	11	25	25
	Чорнове	12	50	50
	Чистове	10	20	20
	Тонке	7 ... 9	5	5
	Лиття в оболонкові форми			
	Одноразове	10 ... 11	25	25
	Чорнове	11	20	20
	Чистове	10	10	10
Тонке	7 ... 9	5	5	
Лиття по виплавлюваних моделях				
Одноразове	10	15	20	
Тонке	7 ... 9	2,5	5	
Шліфування	Усі способи лиття			
	Одноразове	7	5	10
	Чорнове	8 ... 9	10	20
	Чистове	6 ... 8	5	15
	Тонке	5 ... 6	0,63	---

Точність і якість поверхонь (R_z , h) отворів після їх механічного оброблення, мкм


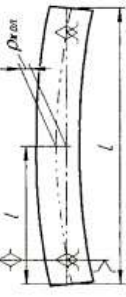
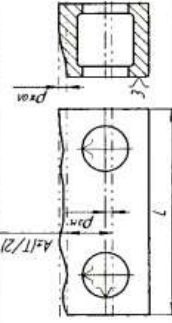

Спосіб оброблення		Діаметр отвору, мм	Квалітет	R_z	h
Свердління спіральною свердлами		понад 3 до 6	12	20	40
		понад 6 до 10		32	50
		понад 10 до 18		40	60
		понад 18 до 50		50	70
		понад 50 до 80		63	80
Глибоке свердління спеціальними свердлами		понад 3 до 10	12	16	25
		понад 10 до 18		20	30
		понад 18 до 30		32	40
		понад 30 до 50		50	50
Зенкерування	одноразове	до 80	10	32	40
	чорнове	понад 18 до 30	11	40	40
		понад 30 до 80		50	50
	чистове	до 30	10	32	30
понад 30 до 80		40		40	
Розвертання	чорнове	понад 50 до 260	12	40	50
	чистове		10	20	20
	нормальне	понад 6 до 30	10	10	20
	точне		8	5	10
	тонке		7	3,2	5
Викінчуване оброблення	шліфування	до 80	7 ... 9	5	10
	протягування	понад 10 до 80	8	4	6
	калібрування кулькою	понад 6 до 80	7	0,63	---
	хонінгування	до 80	6 ... 7	0,16	---

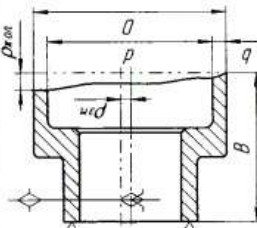
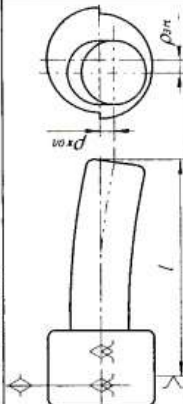
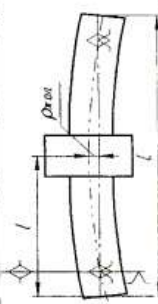
Додаток 44

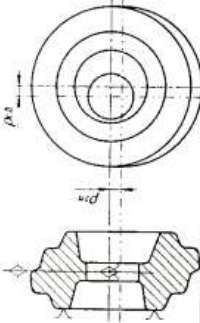
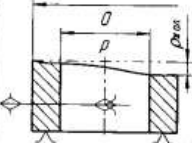
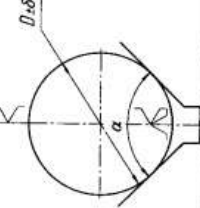
Значення коефіцієнта уточнення форми k_f ,
залежно від виду заготовки і методу її оброблення

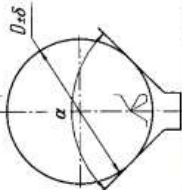
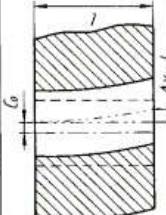
Вид заготовки і метод її оброблення	Значення коефіцієнта уточнення форми k_f
Одноразове і чорнове точіння поковок і заготовок з гарячекатаного прокату Попереднє шліфування прокату 10 ... 11 квалітетів точності.	0,06
Напівчистове оброблення заготовок з прокату, поковок. Розсвердлювання отворів, зміщення осі після чорнового оброблення	0,05
Чистове точіння заготовок з сортового прокату звичайної якості та поковок. Другий технологічний перехід оброблення литих заготовок. Другий технологічний перехід після попереднього шліфування прокату 10 ... 11 квалітетів точності.	0,04
Дворазове обточування каліброваного прокату. Дворазове шліфування після токарного оброблення.	0,02
Напівчистове оброблення отворів (зенкерування, чорнове розвертання).	0,005
Чистове оброблення отворів (чистове розвертання).	0,002

Сумарні значення просторових відхилень для різних видів заготовок

Тип деталі і метод її базування	Ескіз	Розрахункова формула
<i>Заготовки з сортового прокату</i>		
При консольному закріпленні у самоцентрівних патронах.		$\rho = \rho_{жоз} = \Delta_{сп} \cdot l$
При обробленні у центрах.		$\rho = \sqrt{\rho_{жоз}^2 + \rho_{ш}^2}$ $\rho_{жоз} = \Delta_{сп} \cdot l$ <p style="text-align: center;">при $l \leq \frac{L}{2}$</p>
<i>Литі заготовки</i>		
Заготовки корпусних деталей. Базування по отворах з паралельними осями і перпендикулярній до них площині.		$\rho = \sqrt{\rho_{жоз}^2 + \rho_{ш}^2}$ $\rho_{жоз} = \Delta_{сп} \cdot L$ $\rho_{ш} = T$
Те ж, по площині, протилежній до обробленої.		$\rho = \rho_{жоз} = \Delta_{сп} \cdot L$

Тип деталі і метод її базування	Ескіз	Розрахункова формула
Заготовки деталей – тіл обертання. Базування у самоцентрирних патронах по зовнішньому діаметру та торцевій поверхні.		$\rho_D = \rho_{жоб} = \Delta_{сп} \cdot D$ $\rho_d = \sqrt{\rho_{жоб}^2 + \rho_{зм}^2}$ $\rho_b = \rho_{жоб} = \Delta_{сп} \cdot B$ $\rho_{зм} = T_B$
Заготовки стрижневих деталей (ступінчасті вали, важелі тощо). Базування по крайньому ступені.		$\rho = \sqrt{\rho_{жоб}^2 + \rho_{сб}^2}$ $\rho_{жоб} = \Delta_{сп} \cdot l$
Заготовки стрижневих деталей під час оброблення у центрах.		$\rho = \sqrt{\rho_{жоб}^2 + \rho_{св}^2 + \rho_{н}^2}$ $\rho_{жоб} = \Delta_{сп} \cdot l$ <p style="text-align: center;">при $l \leq \frac{L}{2}$</p>

Тип деталі і метод її базування	Ескіз	Розрахункова формула
<p>Заготовки деталей типу дисків з проширтим центральним отвором. Базування по зовнішньому діаметру і торцю.</p>		$\rho = \sqrt{\rho_{\text{вн}}^2 + \rho_{\text{ср}}^2}$
<p>Те саме під час оброблення торцевих поверхонь.</p>		$\rho = \rho_{\text{жот}} = \Delta_{\text{сп}} \cdot D$
Центрування заготовок		
<p>У разі встановлення у самоцентрівні затиски пристрої.</p>		$\rho_{\text{в}} = 0,25 \text{ мм}$

Тип деталі і метод її базування	Ескіз	Розрахункова формула
<p>У разі встановлення на призмах з одностороннім затиском.</p>		$\rho_s = \sqrt{\frac{T_D^2}{2} + 0,25^2}$ <p>при $\alpha = 90^\circ$</p> $\rho_s = \sqrt{\frac{T_D^2}{3} + 0,25^2}$ <p>при $\alpha = 120^\circ$</p>
<p>Заготовки деталей усіх типів, під час оброблення отвору у нерухомій заготовці.</p>	<p style="text-align: center;">Свердління отворі</p> 	$\rho = \sqrt{C_o^2 + (\Delta_y \cdot l)^2}$

Умовні позначення, прийняті у додатку: ρ – сумарне значення просторових відхилень; ρ_D , ρ_d , ρ_B – значення елементарних просторових відхилень на оброблення відповідних розмірів; $\rho_{\text{зовн}}$ – величина жолоблення заготовки; $\rho_{\text{вн}}$ – величина зміщення обробленої ділянки заготовки відносно базової; $\rho_{\text{вн ш}}$ – величина зміщення по поверхні роз'єму штампла (див. додаток 47); $\rho_{\text{кр}}$ – просторове відхилення, зумовлене похибкою зацентровування; $\rho_{\text{кр}}$ – величина відхилення від співвісності (див. додаток 48); $\Delta_{\text{кр}}$ – питома кривизна заготовки (див. додаток 46); Δ_y – питома увід осі свердла (див. додаток 49); C_o – зміщення осі свердла (див. додаток 49); L , D – габаритні розміри заготовки; l – довжина оброблення; T – допуск на розмір заготовки від обробленої до базової поверхні; T_B , T_D – допуски на відповідні розміри.

Питома кривизна заготовок $\Delta_{кр}$ (мкм) на 1 мм довжини заготовки

Матеріал і його стан	Максимальний габаритний розмір заготовки, мм					
	5 ... 25	25 ... 50	50 ... 75	75 ... 120	120 ... 150	понад 150
<i>Прокат калібрований</i>						
6-й квалітет	0,50	0,50			---	
9-й квалітет	1,0	0,75	0,5			---
10 ... 11-й квалітет	2,0	1,0	1,0			---
12-й квалітет	3,0	2,0	1,0			---
після термічного оброблення	2,0	1,3	0,6			---
<i>Виливки</i>						
плити	2,0 ... 3,0					
корпуси	0,7 ... 1,0					
<i>Прокат гарячекатаний</i>						
після правлення на пресі	0,15	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05
після термічного оброблення	2,0	1,3		0,6		0,3
<i>Поковки</i>						
після правлення	2,0	1,5		1,0		---
після термічного оброблення	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	---

Допустима величина зміщення $r_{\text{зм. шт}}$ по поверхні роз'єму штамп (ГОСТ 7505-89)

Маса поковки, кг	Пласка поверхня роз'єму штамп									
	T1	T2	T3	T4	T5					
	Симетрично вигнута поверхня роз'єму штамп									
	T1	T2	T3	T4	T5					
	Несиметрично вигнута поверхня роз'єму штамп									
	T1	T2	T3	T4	T5					
до 0,5	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6			
понад 0,5 до 1,0	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7			
понад 1,0 до 1,8	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8			
понад 1,8 до 3,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0			
понад 3,2 до 5,6	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2			
понад 5,6 до 10,0	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4			
понад 10,0 до 20,0	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8			
понад 20,0 до 50,0	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5			
понад 50,0 до 125,0	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5	3,2			
понад 125,0 до 250,0	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5	3,2	4,0			

**Величина відхилення від співвісності ρ_{sv} елементів
штампованих і кованих заготовок, мм**

Маса заготовки, кг		Кування		Штампування	
		підвищена точність	нормальна точність	підвищена точність	нормальна точність
до	0,25	0,30	0,4	0,20	0,3
понад	0,25 до 0,63	0,35	0,5	0,25	0,4
понад	0,63 до 1,60	0,40	0,6	0,30	0,5
понад	1,60 до 2,50	0,45	0,8	0,35	0,6
понад	2,50 до 4,00	0,50	1,0	0,40	0,7
понад	4,00 до 6,30	0,63	1,1	0,45	0,8
понад	6,30 до 10	0,70	1,2	0,50	0,9
понад	10 до 16	0,80	1,3	0,60	1,0
понад	16 до 25	0,90	1,4	0,70	1,1
понад	25 до 40	1,00	1,6	0,80	1,2
понад	40 до 63	1,20	1,8	---	---
понад	63 до 100	1,40	2,2	---	---
понад	100 до 125	1,60	2,4	---	---
понад	125 до 160	1,80	2,7	---	---
понад	160 до 200	2,20	3,2	---	---

**Питомий увід Δ_y і зміщення S_o осі отвору
під час свердління**

Діаметр отвору, мм	Свердління спіральними свердлами, мм		Глибоке свердління, мм	
	Δ_y , мкм/мм	S_o , мкм	Δ_y , мкм/мм	S_o , мкм
3 ... 6	2,1	10	1,6	10
6 ... 10	1,7	15	1,3	15
10 ... 18	1,3	20	1,0	20
18 ... 30	0,9	25	0,7	25
30 ... 50	0,7	30	---	---

Похибка закріплення заготовки ε, при встановленні у радіальному напрямі, мкм

Характеристика базової поверхні	Попередні розміри заготовки, мм (від ... до)									
	6...10	10...18	18...30	30...50	50...80	80...120	120...180	180...260	260...360	360...500
Встановлення у затисковий гільзі (цанзі)										
Холодотягнена калібрована	40	50	60	70	80	---	---	---	---	---
Попередньо оброблена	40	50	60	70	80	---	---	---	---	---
Чисто оброблена	20	25	30	35	40	---	---	---	---	---
Встановлення у трикутничковому патроні										
Лиття:										
У піщані форми машинного формування по металевій моделі	220	270	320	370	420	500	600	700	800	900
У постійні форми по виплавлених моделях	150	175	200	250	300	350	400	450	550	650
під тиском	50	60	70	80	100	120	140	160	---	---
Гаряче штампування	25	30	35	40	50	60	70	80	---	---
Гарячекатана	220	270	320	370	420	500	600	700	800	---
Попередньо оброблена	220	270	320	370	420	500	600	---	---	---
Чисто оброблена	50	60	70	80	100	120	140	160	180	200
Лиття:	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100
Встановлення у пневматичному патроні										
У піщані форми машинного формування по металевій моделі	180	220	260	320	380	440	500	580	660	760
У постійні форми по виплавлених моделях	120	140	170	200	240	280	320	380	440	500
під тиском	40	50	60	70	80	90	100	120	---	---
Гаряче штампування	20	25	30	35	40	45	50	60	---	---
Гарячекатана	180	220	260	320	380	440	500	580	660	---
Попередньо оброблена	180	220	260	320	380	440	500	---	---	---
Чисто оброблена	40	50	60	70	80	90	100	120	140	160
Лиття:	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80

1. При встановленні на оправку необхідно враховувати похибку базування і приймати похибку закріплення залежно від кріплення оправки у гільзі, патроні чи затисковому пристрої.

2. Встановлення у жорсткі закріплення у радіальному напрямі. Похибка закріплення при встановленні у плаваючий передній і обертовий задній центр не враховується, оскільки перекривається відхиленням заготовки під дією сили різання.

Похибка закріплення заготовки ϵ , при встановленні в осьовому напрямі, мкм

Характеристика базової поверхні	Попередні розміри заготовки, мм (від ... до)									
	6...10	10...18	18...30	30...50	50...80	80...120	120...180	180...260	260...360	360...500
Встановлення у затисковий гільзі (цанзі) до упору										
Холоднотягнена калібрована	40	50	60	70	80	---	---	---	---	---
Попередньо оброблена	40	50	60	70	80	---	---	---	---	---
Чисто оброблена	20	25	30	35	40	---	---	---	---	---
Встановлення у трикутчастому самоцентрувальному патроні										
Лиття:										
у піщані форми машинного формування по металевій моделі	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
у постійні форми по виплавлюваних моделях	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
під тиском	50	60	70	80	90	100	110	120	---	---
Гаряче штампування	30	40	50	60	70	80	90	100	---	---
Гарячекатана	70	80	90	100	110	120	130	140	150	---
Попередньо оброблена	70	80	90	100	110	120	130	---	---	---
Чисто оброблена	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Лиття:	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Встановлення у пневматичному патроні										
Лиття:										
у піщані форми машинного формування по металевій моделі	55	60	70	80	90	100	110	120	130	140
у постійні форми по виплавлюваних моделях	55	60	65	75	80	90	100	110	120	130
під тиском	45	50	55	65	75	80	85	90	---	---
Гаряче штампування	25	35	45	50	55	65	70	80	---	---
Гарячекатана	55	60	70	80	90	100	110	120	130	---
Попередньо оброблена	55	60	70	80	90	100	110	---	---	---
Чисто оброблена	40	50	60	70	80	90	90	100	110	120
Чисто оброблена	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100

1. При встановленні на оправку необхідно враховувати похибку базування і приймати похибку закріплення залежно від кріплення оправки у гільзі, патроні чи затисковому пристрої.

2. Встановлення у центрах не дає похибки закріплення, але дає похибку базування в осьовому напрямі.

Похибка закріплення заготовки ε, при встановленні на опорні штифти верстатних пристроїв, мкм

Характеристика базової поверхні	Поперечні розміри заготовки, мм (від ... до)									
	6...10	10...18	18...30	30...50	50...80	80...120	120...180	180...260	260...360	360...500
Встановлення у затискний пристрій з гвинтовим чи ексцентриковим затискачем										
Лиття:										
у літтані форми машинного формування по металевій моделі	---	100	125	150	175	200	225	250	300	350
у постійній формі	---	100	110	120	130	140	150	160	180	200
по виплавлених моделях	80	90	100	110	120	130	140	150	---	---
під тиском	70	80	90	100	110	120	130	140	---	---
Гаряче штампування	---	100	125	150	175	200	225	250	300	---
Гарячекатана	90	100	125	150	175	200	225	---	---	---
Попередньо оброблена	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
Чисто оброблена	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
Шліфувана	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Встановлення у затискний пристрій з пневматичним затиском										
Лиття:										
у літтані форми машинного формування по металевій моделі	---	90	100	120	140	160	180	200	240	280
у постійній формі	---	80	90	100	110	120	130	140	160	180
по виплавлених моделях	65	70	75	80	90	100	110	120	---	---
під тиском	40	45	50	60	70	80	90	100	---	---
Гаряче штампування	---	90	100	120	140	160	180	200	240	---
Гарячекатана	70	80	100	120	140	160	180	---	---	---
Попередньо оброблена	65	70	75	80	90	100	110	120	130	140
Чисто оброблена	50	60	70	80	90	90	100	110	120	130
Шліфувана	40	50	60	70	80	80	90	100	110	120

1. Встановлення на магнітній плиті не дає похибки закріплення.
2. Поперечний розмір заготовки приймати найбільшим у перерізі по нормалі до оброблюваної поверхні.
3. Похибка закріплення дана по нормалі до оброблюваної поверхні.

Похибка закріплення заготовки є, при встановленні на опорні пластини верстатних пристроїв, мкм

Характеристика базової поверхні	Попередні розміри заготовки, мм (від ... до)									
	6...10	10...18	18...30	30...50	50...80	80...120	120...180	180...260	260...360	360...500
Встановлення у затискний пристрій з гвинтовим чи ексцентриковим затискачем										
Лиття:										
У піщані форми машинного формування по металевій моделі	---	100	110	120	135	150	175	200	240	280
У постійні форми по виплавляваних моделях під тиском	55	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Гаряче штампування	40	50	60	70	80	90	100	110	---	---
Гаряче штампування	30	40	50	60	70	80	90	100	---	---
Гарячекатана	---	100	110	120	135	150	175	200	240	---
Попередньо оброблена	90	100	110	120	135	150	175	---	---	---
Чисто оброблена	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Шліфувана	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Встановлення у затискний пристрій з пневматичним затиском										
Лиття:										
У піщані форми машинного формування по металевій моделі	---	80	90	100	110	120	140	160	190	220
У постійні форми по виплавляваних моделях під тиском	50	55	60	65	70	80	90	100	110	120
Гаряче штампування	35	40	50	55	60	70	80	90	---	---
Гарячекатана	25	30	35	40	50	60	70	80	---	---
Попередньо оброблена	---	80	90	100	110	120	140	160	190	---
Чисто оброблена	70	80	90	100	110	120	140	---	---	---
Шліфувана	35	40	50	55	60	70	80	90	100	110
	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100
	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90

1. Встановлення на магнітній плиті не дає похибки закріплення.
2. Попередній розмір заготовки приймати найбільшим у перерізі по нормалі до оброблюваної поверхні.
3. Похибка закріплення дана по нормалі до оброблюваної поверхні.

Вибір діаметра заготовки для деталей,
виготовлюваних з круглого сортового прокату (ГОСТ 2590-71*)

Номинальний діаметр деталі, мм	Діаметр заготовки D залежно від її довжини L				Номинальний діаметр деталі, мм	Діаметр заготовки D залежно від її довжини L			
	$L/D \leq 4$	$L/D \leq 8$	$L/D \leq 12$	$L/D \leq 20$		$L/D \leq 4$	$L/D \leq 8$	$L/D \leq 12$	$L/D \leq 20$
5	7	7	7	8	46	50	50	52	52
6	8	8	8	8	48	52	52	54	54
7	9	9	9	9	50	54	54	55	55
8	10	10	10	11	52	55	55	56	56
9	11	11	11	12	54	58	60	60	62
10	12	12	13	13	55	60	60	62	65
11	13	13	13	13	58	62	62	65	68
12	14	14	15	15	60	65	65	68	70
13	15	15	16	16	62	68	68	70	72
14	16	16	17	17	65	70	70	72	75
15	17	17	18	18	68	72	72	72	78
16	18	18	18	19	70	75	75	78	80
17	19	19	20	20	72	78	78	80	85
18	20	20	21	21	75	80	80	80	90
19	21	21	22	22	78	85	85	90	90
20	22	22	23	24	80	85	90	95	95
21	24	24	24	25	82	90	95	95	95
23	26	26	26	27	85	90	95	95	100
24	27	27	27	28	88	95	100	100	105
25	28	28	28	30	90	95	100	105	105
26	30	30	30	30	92	100	100	105	110
27	30	30	32	32	95	100	105	110	110
28	32	32	32	32	98	105	110	110	115
30	33	33	34	34	100	105	110	115	115
32	35	35	36	36	105	110	115	120	120
34	38	38	38	38	110	115	120	120	125
35	38	38	39	39	115	120	125	130	130
36	39	40	40	40	120	125	130	130	135
38	42	42	42	43	125	130	130	135	140
40	43	45	45	48	130	135	140	140	150
42	45	45	48	48	135	140	140	150	150
44	48	48	50	50	140	150	150	160	160
45	48	48	50	50					

Допуски лінійних розмірів виливків, мм (ГОСТ 26645-85)

Інтервали номінальних розмірів, мм	Допуски розмірів виливків (не більше), мм																					
	Класи точності розмірів виливків (див. додаток 19)																					
	1	2	3T	3	4	5T	5	6	7T	7	8	9T	9	10	11T	11	12	13T	13	14	15	16
до 4	0,06	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	---	---	---	---	---	---
4 ... 6	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	---	---	---	---	---
6 ... 10	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	---	---	---
10 ... 16	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7	---	---
16 ... 25	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8	10	12
25 ... 40	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9	11	14
40 ... 63	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10	12	16
63 ... 100	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11	14	18
100 ... 160	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12	16	20
160 ... 250	---	---	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14	18	22
250 ... 400	---	---	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16	20	24
400 ... 630	---	---	---	---	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,20	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18	22	28
630 ... 1000	---	---	---	---	---	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20	24	32
1000 ... 1600	---	---	---	---	---	---	1,40	1,80	2,20	2,80	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22	28	36	40
1600 ... 2500	---	---	---	---	---	---	---	---	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24	32	40
2500 ... 4000	---	---	---	---	---	---	---	---	---	3,2	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22,0	28	36	44
4000 ... 6300	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32	40	50
6300 ... 10000	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	40	50	64
понад 10000	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	40,0	50	64	80

Допуски розмірів від попередньо обробленої поверхні, яка використовується як база, до литої поверхні необхідно встановлювати на 2 класи точнішими.

Допускається встановлювати симетричні та несиметричні граничні відхилення; переважальним є таке розташування поля допуску:

- несиметричні односторонні "у тіло" – для розмірів елементів виливка (крім товщин стінок), які розташовані в одній частині форми і не оброблюються; при цьому для охолоплювальних елементів (отвір) поле допуску розташовується "у плюс", а для охолоплювальних елементів (вал) – "у мінус";

- симетричні – для розмірів усіх інших елементів виливків як оброблених, так і необроблених.

Загальні припуски на механічне оброблення виливків (ГОСТ 26645-85)

Допуск розмірів виливків, мм (додаток 55)	Загальний припуск на сторону для рядів (див. додаток 19), мм, не більше					
	1	2	3	4	5	6
до 0,12	0,2; 0,4	---	---	---	---	---
0,12 ... 0,16	0,3; 0,5	0,6; 0,8	---	---	---	---
0,16 ... 0,20	0,4; 0,6	0,7; 1,0	1,0; 1,4	---	---	---
0,20 ... 0,24	0,5; 0,7	0,8; 1,1	1,1; 1,5	---	---	---
0,24 ... 0,30	0,6; 0,8	0,9; 1,2	1,2; 1,6	1,8; 2,2	2,6; 3,0	---
0,30 ... 0,40	0,7; 0,9	1,0; 1,3	1,4; 1,8	1,9; 2,4	2,8; 3,2	---
0,40 ... 0,50	0,8; 1,0	1,1; 1,4	1,5; 2,0	2,0; 2,6	3,0; 3,4	---
0,50 ... 0,60	0,9; 1,2	1,2; 1,6	1,6; 2,2	2,2; 2,8	3,2; 3,6	---
0,60 ... 0,80	1,0; 1,4	1,3; 1,8	1,8; 2,0	2,4; 3,0	3,4; 3,8	4,4; 5,0
0,80 ... 1,00	1,1; 1,6	1,4; 2,0	2,0; 2,8	2,6; 3,2	3,6; 4,0	4,6; 5,5
1,0 ... 1,2	1,2; 2,0	1,6; 2,4	2,2; 3,0	2,8; 3,4	3,8; 4,2	4,4; 6,0
1,2 ... 1,6	1,6; 2,4	2,0; 2,8	2,4; 3,2	3,0; 3,8	4,0; 4,6	5,0; 6,5
1,6 ... 2,0	2,0; 2,8	2,4; 3,2	2,8; 3,6	3,4; 4,2	4,2; 5,0	5,5; 7,0
2,0 ... 2,4	2,4; 3,2	2,8; 3,6	3,2; 4,0	3,8; 4,6	4,6; 5,5	6,0; 7,5
2,4 ... 3,0	2,8; 3,6	3,2; 4,0	3,6; 4,5	4,2; 5,0	5,0; 6,5	6,5; 8,0
3,0 ... 4,0	3,4; 4,5	3,8; 5,0	4,2; 5,5	5,0; 6,5	5,5; 7,0	7,0; 9,0
4,0 ... 5,0	4,0; 5,5	4,4; 6,0	5,0; 6,5	5,5; 7,5	6,0; 8,0	8,0; 10,0
5,0 ... 6,0	5,0; 7,0	5,5; 7,5	6,0; 8,0	6,5; 8,5	7,0; 9,5	9,0; 11,0
6,0 ... 8,0	---	6,5; 9,5	7,0; 10,0	7,5; 11,0	8,5; 12,0	10,0; 13,0
8,0 ... 10,0	---	---	9,0; 12,0	10,0; 13,0	11,0; 14,0	12,0; 15,0
10,0 ... 12,0	---	---	10,0; 13,0	11,0; 14,0	12,0; 15,0	13,0; 16,0
12,0 ... 16,0	---	---	13,0; 15,0	14,0; 16,0	15,0; 17,0	16,0; 19,0
16,0 ... 20,0	---	---	---	17,0; 20,0	18,0; 21,0	19,0; 22,0
20,0 ... 24,0	---	---	---	20,0; 23,0	21,0; 24,0	22,0; 25,0
24,0 ... 30,0	---	---	---	---	26,0; 29,0	27,0; 30,0
30,0 ... 40,0	---	---	---	---	---	34,0; 37,0
40,0 ... 50,0	---	---	---	---	---	42,0
50,0 ... 60,0	---	---	---	---	---	50,0

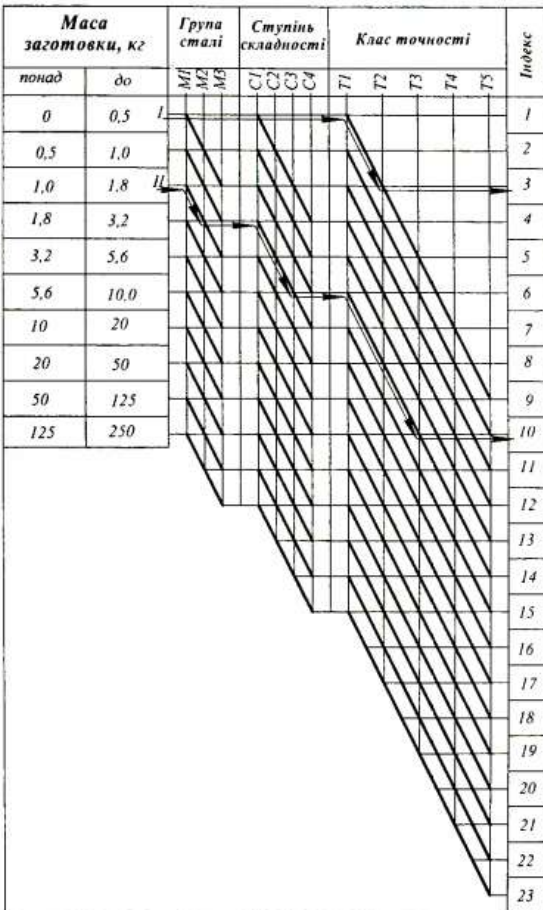
1. Для кожного інтервалу значень допусків розміру вилітка у кожному ряді припусків передбачено два значення основного припуску.

2. Менші значення припуску встановлюють для грубіших квалітетів точності оброблення деталей; більші значення припуску встановлюють у разі точніших квалітетів відповідно до наведених даних:

Клас точності розмірів виливків	1 ... 3т	3 ... 5т	5 ... 7	7 ... 9т	9 ... 16
Квалітет точності розмірів деталей, отримуваних механічним обробленням	IT9 і грубіше	IT10 і грубіше	IT11 і грубіше	IT12 і грубіше	IT13 і грубіше
	IT8 і точніше	IT8-IT9	IT9-IT10	IT9-IT11	IT10-IT12

3. За вищих вимог до точності розмірів оброблюваних деталей допускається збільшення основного припуску до найближчого більшого значення з того самого ряду.

**Номограма для визначення відправного індексу штампованих
і кованих заготовок (ГОСТ 7505-89)**



Стрілками на номограмі показано процедуру вибору індексу для заготовки з такими параметрами: *I* – *M1*, *C1*, *T2* для заготовки масою до 0,5 кг; *II* – *M2*, *C3*, *T3* для заготовки масою понад 1, 0 до 1,8 кг. Параметри заготовки вибирати за додатком 20.

Основні припуски на механічне оброблення штампованих і кованих заготовок (на сторону), мм (ГОСТ 7505-89)

Індекс (за додатком 57)	Максимальна товщина заготовки															
	до 25				25 ... 40				40 ... 60				63 ... 100			
	Довжина, ширина, діаметр, глибина і висоти заготовки															
Індекс	Шорсткість обробленої поверхні за параметром Ra, мкм															
	до 40			40 ... 100			100 ... 160			160 ... 250						
	10- 12,5	10- 1,6	100- 12,5	10- 1,6	1,25	100- 12,5	10- 1,6	1,25	100- 12,5	10- 1,6	1,25	100- 12,5	10- 1,6	1,25		
1	0,4	0,6	0,7	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9		
2	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,8	0,9		
3	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	1,0		
4	0,6	0,7	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	0,8	1,0	1,1		
5	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	0,9	1,1	1,2		
6	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,2	1,0	1,3	1,4		
7	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,1	1,4	1,5		
8	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,2	1,5	1,6		
9	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,3	1,6	1,8		
10	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,4	1,7	1,9		
11	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	1,5	1,8	2,0		
12	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	1,7	2,0	2,2		
13	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,2	1,9	2,3	2,5		
14	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,0	2,5	2,7		
15	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	2,2	2,7	3,0		
16	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	2,4	3,0	3,3		
17	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	2,6	3,2	3,5		
18	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	2,8	3,5	3,8		
19	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	3,0	3,8	4,1		
20	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,1	3,4	4,3	4,7		
21	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	3,7	4,7	5,1		
22	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	4,1	5,1	5,6		
23	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,6	4,5	5,7	6,2		

Індекс (за додатком 57)		Максимальна товщина заготовки																		
		100 ... 160				160 ... 250				понад 250										
		Довжина, ширина, діаметр, глибина і висоти заготовки																		
		250 ... 400			400 ... 630			630 ... 1 000			1 000 ... 1 600			1 600 ... 2 500						
		Шорсткість оброблюваної поверхні за параметром Ra, мкм																		
		100- 12,5	10- 1,6	1,25	10- 1,6	100- 12,5	1,6	1,25	10- 1,6	100- 12,5	1,6	1,25	10- 1,6	100- 12,5	1,6	1,25	10- 1,6	100- 12,5	1,6	1,25
1	0,6	0,8	0,9	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
3	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,1	1,3	1,4	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
4	0,9	1,1	1,2	1,1	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
5	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,9	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0
6	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,5	3,8
7	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,5	3,8	4,1
8	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,5	3,8	4,1	4,4
9	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,7	3,0	3,3	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7
10	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,3	2,5	2,7	3,0	3,3	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7
11	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	3,3	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7	5,1	5,6
12	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,3	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7	5,1	5,6	6,2
13	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7	5,1	5,6	6,2	6,8
14	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,4	3,7	4,1	4,4	4,7	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5
15	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	4,4	4,7	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,1
16	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,1	8,7	10,0
17	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,1	8,7	9,1	10,0
18	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,1	8,7	9,1	9,1	10,0
19	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	6,8	7,5	8,1	8,7	9,1	9,1	9,1	10,0
20	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	7,5	8,1	8,7	9,1	9,1	9,1	9,1	10,0
21	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	8,1	8,7	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	10,0
22	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	8,1	8,7	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	10,0
23	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	8,2	6,2	7,9	8,7	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	10,0

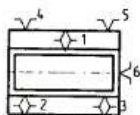
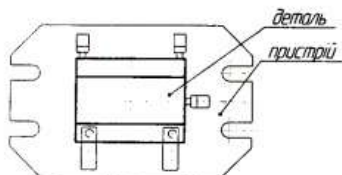
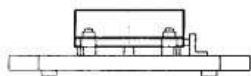
Допуски і допустимі відхилення лінійних розмірів штампованих і кованих заготовок (ГОСТ 7505-89), мм

Вихідний індекс (див. додаток 57)		Максимальна товщина заготовки																	
		до 40						понад 250											
		Довжина, ширина, діаметр, глибина і висоти заготовки																	
		40 ... 63		63 ... 100		100 ... 160		160 ... 250		250 ... 400		400 ... 630		630 ... 1000		1000 ... 1600		1600 ... 2500	
1	0,3	+0,2	-0,1	0,4	+0,3	0,5	+0,3	0,6	+0,4	0,4	+0,5	---	---	---	---	---	---	---	---
2	0,4	+0,3	-0,1	0,5	+0,3	0,5	+0,4	0,7	+0,5	0,8	+0,5	0,9	+0,6	---	---	---	---	---	---
3	0,5	+0,3	-0,2	0,6	+0,4	0,7	+0,5	0,8	+0,5	0,9	+0,6	1,0	+0,7	1,2	+0,8	1,2	+0,4	---	---
4	0,6	+0,4	-0,2	0,7	+0,5	0,8	+0,5	0,9	+0,6	1,0	+0,7	1,2	+0,8	1,4	+0,9	---	---	---	---
5	0,7	+0,5	-0,2	0,8	+0,5	0,9	+0,6	1,0	+0,7	1,2	+0,8	1,4	+0,9	1,6	+1,1	2,0	+1,3	---	---
6	0,8	+0,5	-0,3	0,9	+0,6	1,0	+0,7	1,2	+0,8	1,4	+0,9	1,6	+1,1	2,0	+1,3	2,2	+1,4	2,5	+1,8
7	0,9	+0,6	-0,3	1,0	+0,7	1,2	+0,8	1,4	+0,9	1,6	+1,1	2,0	+1,3	2,2	+1,4	2,5	+1,6	2,8	+1,8
8	1,0	+0,7	-0,4	1,2	+0,8	1,4	+0,9	1,6	+1,1	2,0	+1,3	2,2	+1,4	2,5	+1,6	2,8	+1,8	3,2	+2,1
9	1,2	+0,8	-0,4	1,4	+0,9	1,6	+1,1	2,0	+1,3	2,2	+1,4	2,5	+1,6	2,8	+1,8	3,2	+2,1	3,6	+2,4
10	1,4	+0,9	-0,5	1,6	+1,1	2,0	+1,3	2,2	+1,4	2,5	+1,6	2,8	+1,8	3,2	+2,1	3,6	+2,4	4,0	+2,7
11	1,6	+1,1	-0,5	2,0	+1,3	2,2	+0,8	2,5	+1,6	2,8	+1,8	3,2	+2,1	3,6	+2,4	4,0	+2,7	4,5	+3,0
12	2,0	+1,3	-0,7	2,2	+1,4	2,5	+0,8	2,8	+1,8	3,2	+2,1	3,6	+2,4	4,0	+2,7	4,5	+3,0	5,0	+3,3
		-0,7	-0,8	2,5	+1,6	2,8	+0,9	3,2	+2,1	3,6	+1,1	4,0	+1,2	4,5	+1,3	5,0	+1,5	5,7	+1,7

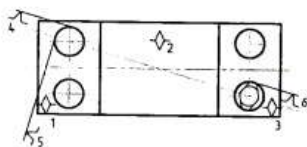
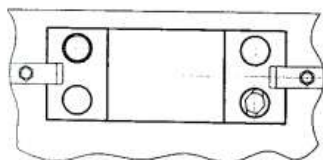
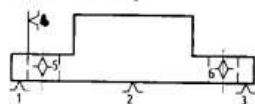
Вихідний індекс (див. додаток 57)		Максимальна товщина заготовки																
		до 40		40 ... 63		63 ... 100		100 ... 160		160 ... 250		160 ... 250		понад 250				
		Довжина, ширина, діаметр, глибина і висоти заготовки																
		до 40		40 ... 100		100 ... 160		160 ... 250		250 ... 400		400 ... 630		630 ... 1000		1000 ... 1600		1600 ... 2500
13	2,2	+1,4	2,5	+1,6	2,8	+1,8	3,2	+2,1	3,6	+2,4	4,0	+2,7	4,5	+3,0	5,0	+3,3	5,6	+3,7
		-0,8		-0,9	-1,0	-1,0		-1,1		-1,2		-1,3		-1,5		-1,7		-1,9
14	2,5	+1,6	2,8	+1,8	3,2	+2,1	3,6	+2,4	4,0	+3,0	4,5	+3,0	5,0	+3,3	5,6	+3,7	6,3	+4,2
		-0,9		-1,0	-1,1	-1,1		-1,2		-1,3		-1,5		-1,7		-1,9		-2,1
15	2,8	+1,8	3,2	+2,1	3,6	+2,4	4,0	+2,7	4,5	+3,0	5,0	+3,3	5,6	+3,7	6,3	+4,2	7,1	+5,3
		-1,0		-1,1	-1,2	-1,2		-1,3		-1,5		-1,7		-1,9		-2,1		-2,4
16	3,2	+2,1	3,6	+2,4	4,0	+2,7	4,5	+3,0	5,0	+3,3	5,6	+3,7	6,3	+4,2	7,1	+5,3	8,0	+6,7
		-1,1		-1,2	-1,3	-1,3		-1,5		-1,7		-1,9		-2,1		-2,4		-2,7
17	3,6	+2,4	4,0	+2,7	4,5	+3,0	5,0	+3,3	5,6	+3,7	6,3	+4,2	7,1	+5,3	8,0	+6,7	9,0	+8,0
		-1,2		-1,3	-1,5	-1,5		-1,7		-1,9		-2,1		-2,4		-2,7		-3,0
18	4,0	+2,7	4,5	+3,0	5,0	+3,3	5,6	+3,7	6,3	+4,2	7,1	+5,3	8,0	+6,7	9,0	+8,0	10,0	+10,0
		-1,3		-1,5	-1,7	-1,7		-1,9		-2,1		-2,4		-2,7		-3,0		-3,3
19	4,5	+3,0	5,0	+3,3	5,6	+3,7	6,3	+4,2	7,1	+5,3	8,0	+6,7	9,0	+8,0	10,0	+10,0	11,0	+11,0
		-1,5		-1,7	-1,9	-1,9		-2,1		-2,4		-2,7		-3,0		-3,3		-3,6
20	5,0	+3,3	5,6	+3,7	6,3	+4,2	7,1	+5,3	8,0	+6,7	9,0	+8,0	10,0	+10,0	11,0	+11,0	12,0	+12,0
		-1,7		-1,9	-2,1	-2,1		-2,4		-2,7		-3,0		-3,3		-3,6		-4,0
21	5,6	+3,7	6,3	+4,2	7,1	+5,3	8,0	+6,7	9,0	+8,0	10,0	+10,0	11,0	+11,0	12,0	+12,0	13,0	+13,0
		-1,9		-2,1	-2,4	-2,4		-2,7		-3,0		-3,3		-3,6		-4,0		-4,4
22	6,3	+4,2	7,1	+4,7	8,0	+5,3	9,0	+6,7	10,0	+8,0	11,0	+9,0	12,0	+10,0	13,0	+11,0	14,0	+12,0
		-2,1		-2,4	-2,7	-2,7		-3,0		-3,3		-3,6		-4,0		-4,4		-4,8
23	7,1	+4,7	8,0	+5,3	9,0	+6,7	10,0	+8,0	11,0	+9,0	12,0	+10,0	13,0	+11,0	14,0	+12,0	16,0	+14,0
		-2,4		-2,7	-3,0	-3,0		-3,3		-3,6		-4,0		-4,4		-4,8		-6,0

Приклади схем базування заготовок при їх механічному обробленні

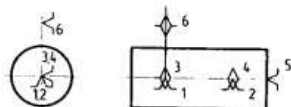
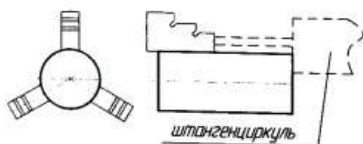
1. Базування корпусної деталі по площині основи і двох бокових поверхнях



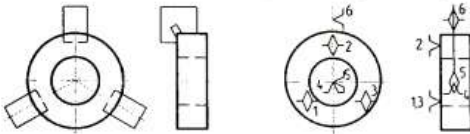
2. Базування корпусної деталі по площині і двох отворах



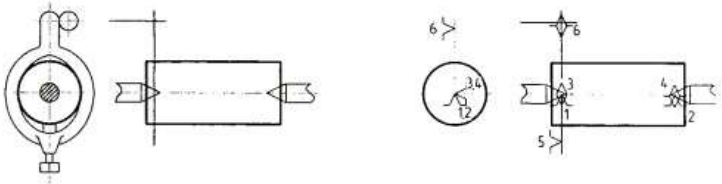
3. Базування вала у трикутному самоцентрувальному патроні



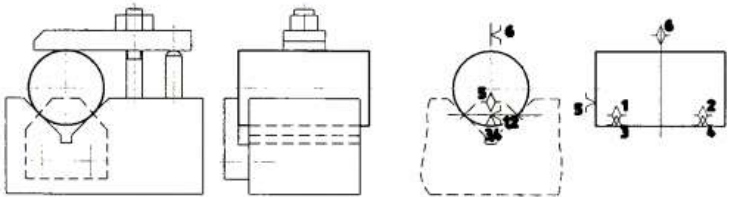
4. Базування диска у трикуладковому самоцентрувальному патроні



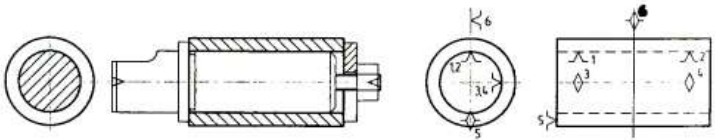
5. Базування вала у центрах



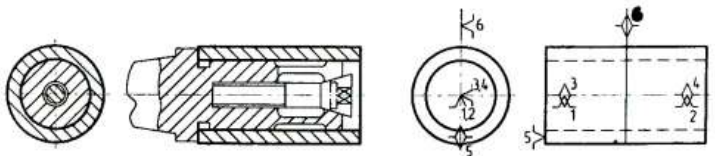
6. Базування вала на призмі



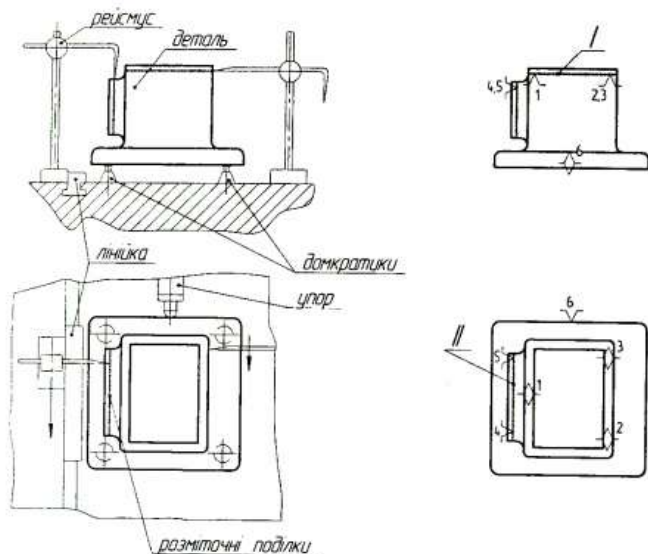
7. Базування втулки на циліндричній оправці з зазором



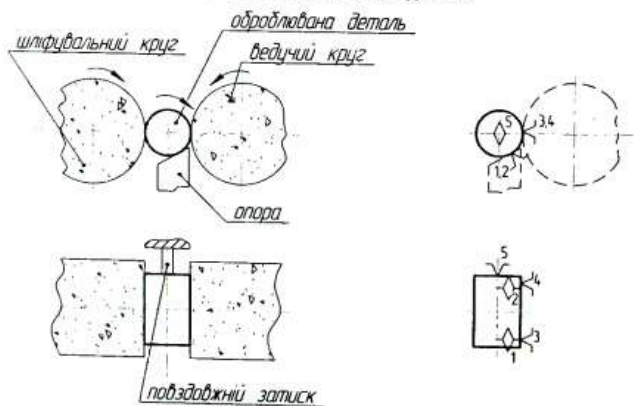
8. Базування втулки на розтискній оправці



9. Базування корпусної з вивірянням її положення по розмічувальних рисках



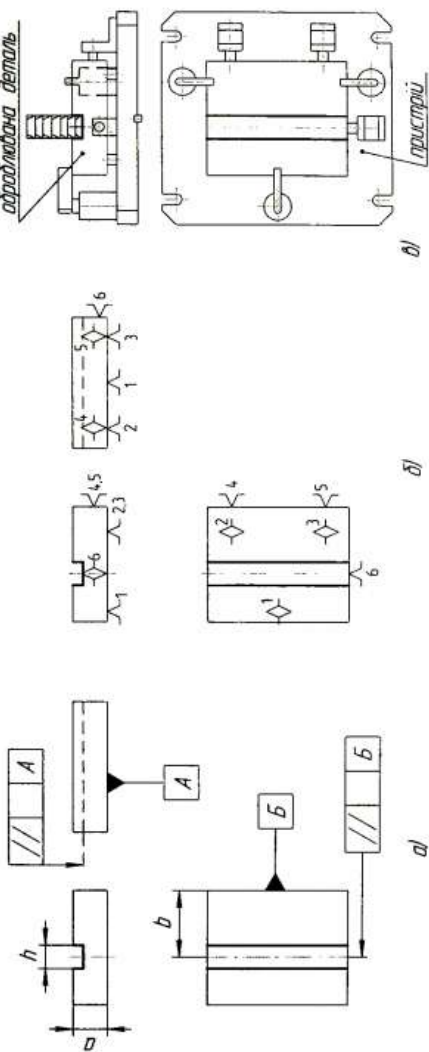
10. Базування вала по обробленій поверхні у разі безцентрового візінного шліфування



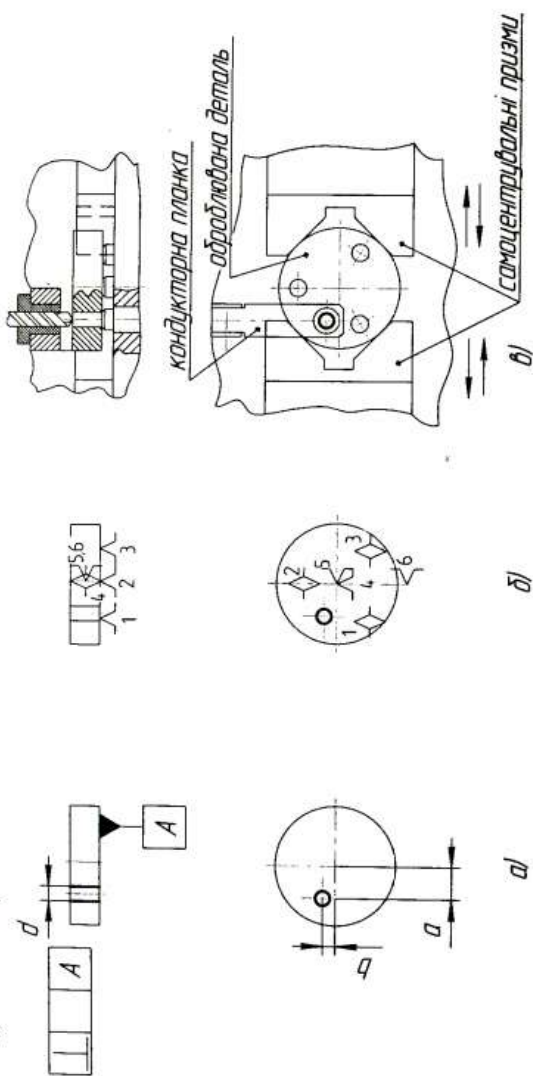
Приклади розроблення та реалізації схем базування:

а) ескіз деталі; б) теоретична схема базування; в) приклад реалізації теоретичної схеми базування

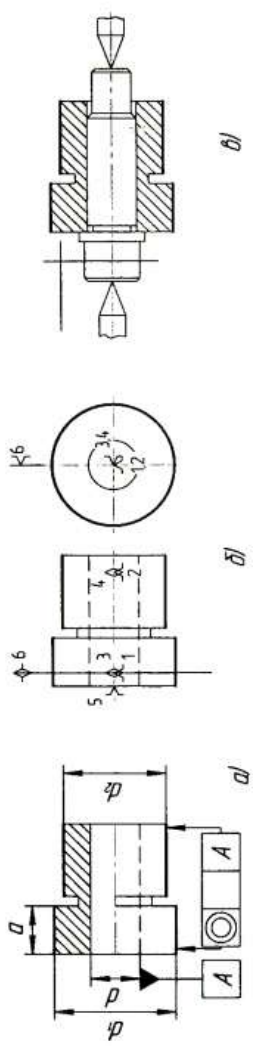
Задача 1. Фрезеруючи паз шириною h , необхідно витримати розміри a і b та забезпечити паралельність осі паза відносно поверхні B і паралельність дна паза відносно поверхні A



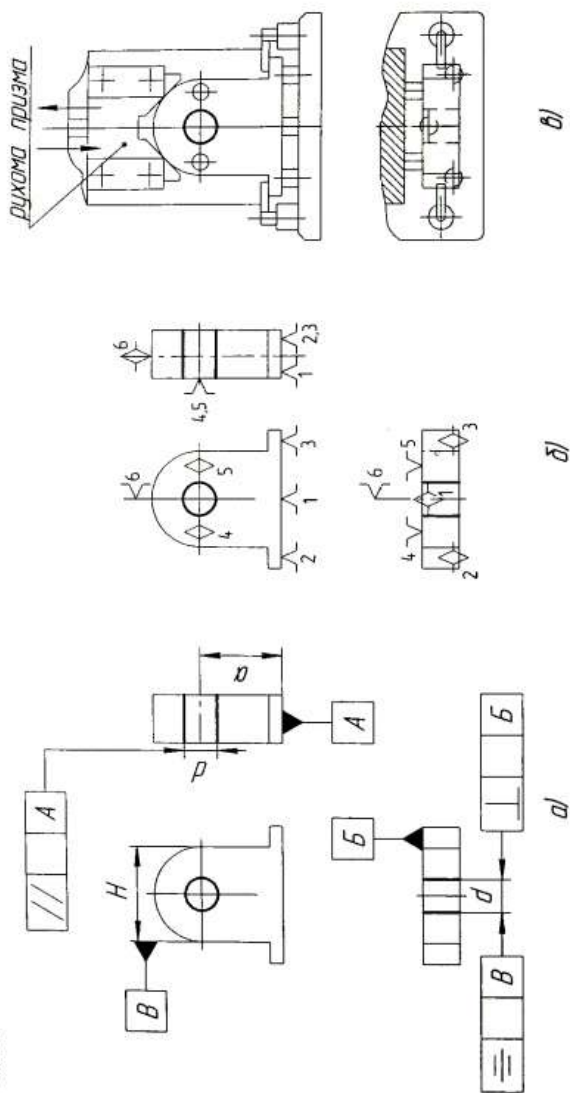
Задача 2. Оброблюючи отвір у диску в, розмір d , необхідно витримати розміри a і b та забезпечити перпендикулярність осі отвору відносно поверхні A



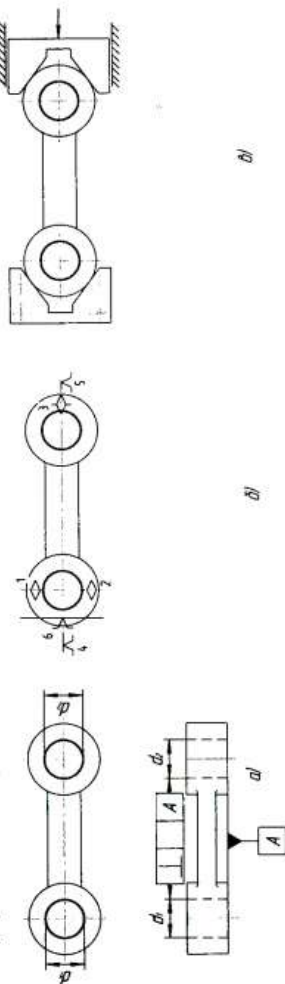
Задача 3. Обробляючи циліндричні поверхні у розмір d_1 і d_2 , необхідно забезпечити їх співвісність з отвором d та витримати розмір a



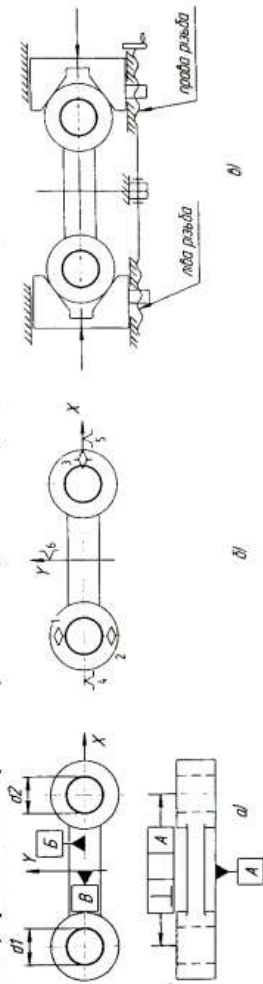
Задача 4. Розточуючи отвір у розмір d , необхідно витримати розмір a та забезпечити паралельність осі отвору до поверхні A , перпендикулярність осі отвору до площини B у перетині I-I, симетричність отвору щодо зовнішнього контуру деталі



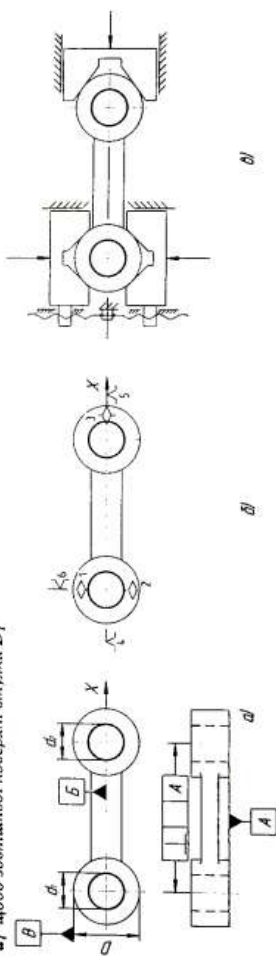
Задача 5. Обробляючи (з використанням кондуктора) отвори у розміри d_1 і d_2 у втулках важеля, необхідно забезпечити перпендикулярність осей отворів до поверхні A і симетричність отворів щодо загальної площини симетрії втулок важеля



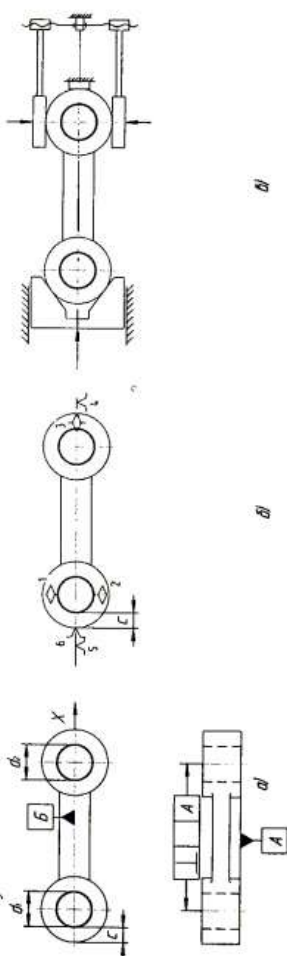
Задача 6. Обробляючи (з використанням кондуктора) отвори у розміри d_1 і d_2 у втулках важеля, необхідно забезпечити перпендикулярність осей отворів до поверхні A і симетричність отворів щодо площини симетрії втулок X і Y



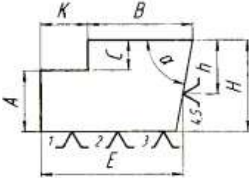
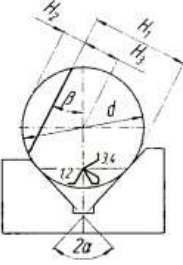
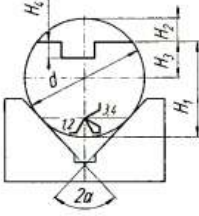
Задача 7. Обробляючи (з використанням кондуктора) отвори у розміри d_1 і d_2 у втулках важеля, необхідно забезпечити перпендикулярність осей отворів до поверхні А, симетричність отворів щодо площини симетрії втулок X і Y, співвісність отвору d_1 щодо зовнішньої поверхні втулки D_1 .



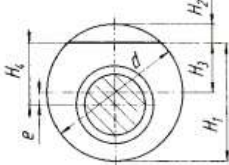
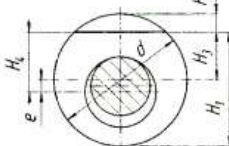
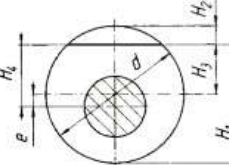
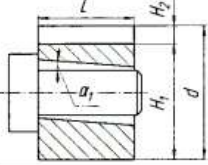
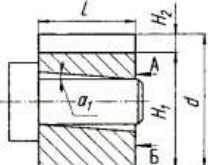
Задача 8. Обробляючи (з використанням кондуктора) отвори у розміри d_1 і d_2 у втулках важеля, необхідно забезпечити перпендикулярність осей отворів до поверхні А, симетричність отворів щодо площини симетрії X і постійність товщини С стінки лівої втулки

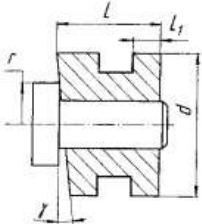
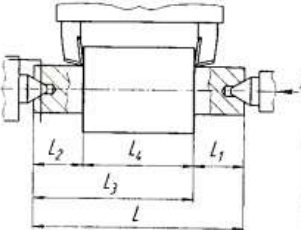
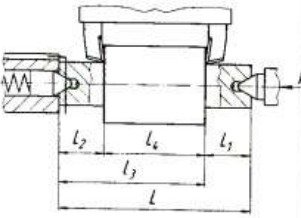


Залежності для визначення похибки базування заготовок
під час їх механічного оброблення (вибірково)

Базування, оброблювані поверхні	Схема встановлення	Розмір	Похибка базування ε_6
<p>1. На дві площинні поверхні.</p> <p>Оброблення уступу</p>		A	0
		B	$Th \cdot \operatorname{tg} \alpha$ при $\alpha \neq 90^\circ$
			0 при $\alpha = 90^\circ$
		C	TH
K	TE		
<p>2. На зовнішню циліндричну поверхню у призмі.</p> <p>Оброблення площинної поверхні, паза.</p>		H ₁	$0,5 Td \cdot \left(1 - \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}\right)$ при $\beta = 0 - \alpha$
			$0,5 Td \cdot \left(\frac{\sin \beta}{\sin \alpha} - 1\right)$ при $\beta = \alpha - 90^\circ$
		H ₂	$0,5 Td \cdot \left(\frac{\sin \beta}{\sin \alpha} + 1\right)$
		H ₃	$0,5 Td \cdot \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$
<p>3. На зовнішню циліндричну поверхню у призмі.</p> <p>Оброблення площинної поверхні, паза.</p>		H ₁	$0,5 Td \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1\right)$
		H ₂	$0,5 Td \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha} + 1\right)$
		H ₃	$0,5 Td \cdot \frac{1}{\sin \alpha}$
		H ₄	0

Базування, оброблені поверхні	Схема встановлення	Розмір	Похибка базування ϵ_a
<p>4. На зовнішню циліндричну поверхню у призмі.</p> <p>Оброблення площинної поверхні, паза</p>		H_1	$0,5 \cdot Td$
		H_2	$0,5 \cdot Td$
		H_3	0
		H_4	0
<p>5. На зовнішню циліндричну поверхню у призмі.</p> <p>Оброблення паза</p>		H_1	0
		H_2	0
		L	$0,5 Td$
		B	0
<p>6. Затиск призмою.</p> <p>Оброблення площинної поверхні, паза, отвору.</p>		H_1	0
		H_2	Td
		H_3	$0,5 Td$
		H_4	$0,5 Td$
<p>7. На зовнішню циліндричну поверхню у призмі.</p> <p>Оброблення отвора з кондуктором.</p>		H_1	$0,5 Td \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right)$, при $H_1 > 0,5 d$
			$0,5 Td \cdot \frac{1}{\sin \alpha}$, при $H_1 = 0,5 d$
			$0,5 Td \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right)$, при $H_1 < 0,5 d$

Базування, оброблені поверхні	Схема встановлення	Розмір	Похибка базування $\epsilon_{\dot{a}}$
<p>8. Отвором на палець з зазором.</p> <p>Оброблення площинної поверхні, паза.</p>		<p>H₁ H₂</p> <p>H₃</p> <p>H₄</p>	<p>$0,5Td + 2e + Td_3 +$ $+ TD_3 + 2S_{3min}$</p> <p>$2e + Td_3 + TD_3 +$ $+ 2S_{3min}$</p> <p>$Td_3 + TD_3 + 2S_{3min}$</p>
<p>9. Отвором на палець з однією притискуванням.</p> <p>Оброблення площинної поверхні, паза.</p>		<p>H₁ H₂</p> <p>H₃</p> <p>H₄</p>	<p>$0,5Td + 2e + 0,5Td_3$</p> <p>$2e + 0,5Td_3 + 0,5TD_3$</p> <p>$0,5Td_3 + 0,5TD_3$</p>
<p>10. Отвором на палець з натягом.</p> <p>Оброблення площинної поверхні, паза.</p>		<p>H₁ H₂</p> <p>H₃</p> <p>H₄</p>	<p>$0,5Td + 2e$</p> <p>$2e$</p> <p>0</p>
<p>11. Отвором на палець з зазором; торець не перпендикулярний до осі отвору.</p> <p>Оброблення паза.</p>		<p>H₁ H₂</p>	<p>$0,5Td + 2e + Td_3 +$ $+ TD_3 + 2S_{3min} -$ $- 2L \cdot \operatorname{tg} \alpha$</p>
<p>12. Отвором на палець з зазором; торець не перпендикулярний до осі отвору.</p> <p>Оброблення паза.</p>		<p>H₁ H₂</p>	<p>$0,5Td + 2e + 0,5Td_3 +$ $+ L \cdot \operatorname{tg} \alpha$</p>

Базування, оброблювані поверхні	Схема встановлення	Розмір	Похибка базування ε_d
<p>13. Отвором на палець без зазора, торець не перпендикулярний до осі отвору.</p> <p>Оброблення канавки.</p>		L_1	$TL + 2r \cdot \operatorname{tg} \gamma$
<p>14. На центрові отвори; передній центр нерухомий.</p> <p>Оброблення торців.</p>		L_1 L_2 L_3	$TL + TL_5$ $TL_5 = \frac{Td_5}{\operatorname{tg} \alpha_5}$
<p>15. На центрові отвори; передній центр плаваючий.</p> <p>Оброблення торців.</p>		L_1 L_2 L_3 L_4	TL 0

Базування, оброблені поверхні	Схема встановлення	Розмір	Похибка базування ϵ_d
<p>16. На два отвори (по циліндричному і зрізаному пальцях).</p> <p>Оброблення отвора, площинних поверхонь</p>		H ₁	$\frac{L_1 \cdot (S_{1max} + S_{2max})}{2 \cdot L_0}$
		H ₂	$0,5 \cdot (S_{1max} + S_{2max})$
		H ₃	S_{1max}
		H ₄	S_{1max}
		H ₅	$S_{1max} + TL_0$

Примітки:

1. На схемах 1 - 13: T_h , T_H , T_L – допуски на відповідні розміри; T_d – допуск зовнішнього діаметра заготовки; T_{d_3} – допуск діаметра пальця (оправки); T_{D_3} – допуск діаметра отвору; α – половина кута призми; S_{jmin} – мінімальний зазор між отвором і циліндричним пальцем (оправкою) ($S_{jmin} = D_{jmin} - d_{jmax}$); e – ексцентриситет зовнішньої циліндричної поверхні відносно отвору; H_3 – розмір від поверхні, що обробляється, до осі зовнішньої поверхні; H_4 – розмір від оброблюваної поверхні до осі отвору.

2. На схемах 14 - 15: T_{d_5} – допуск діаметра конічного центрового отвору; TL – допуск загальної довжини вала; TL_0 – допуск віддалі між осями отворів; TL_5 – допуск довжини конічного центрового отвору; α_5 – половина кута конічного центрового отвору; S_{1max} – найбільший зазор між отвором і циліндричним пальцем ($S_{1max} = D_{1max} - d_{1min}$); S_{2max} – найбільший зазор між отвором і зрізаним пальцем ($S_{2max} = D_{2max} - d_{2min}$).

3. Похибка базування на схемах 8 – 13 містить похибку пристрою.

4. При значенні кута конуса центрового отвору: $2\alpha_5 = 60^\circ$, величину допуску TL_5 приймати рівною:

Найбільший діаметр центрового отвору, мм	1; 2; 2,5	4; 5; 6	7,5; 10	12,5; 15
TL_5 , мм	0,11	0,14	0,18	0,21

Поправковий коефіцієнт K_{mv} , який враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання (чорні метали та сплави)

Оброблюваний матеріал	Розрахункова формула
Сталь	$K_{mv} = K_f \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{nv}$
Чавун	$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{nv}$

Значення коефіцієнта K , і показники степеня n , у формулі для розрахунку коефіцієнта оброблюваності (див. додаток 63)

Оброблюваний матеріал	Коефіцієнт K , для матеріалу інструменту		Показники степеня n , при обробленні						
			різцями		свердлами, зенкерами, розвертками		фрезами		
	з швидкорізальної сталі	з твердого сплаву	з швидкорізальної сталі	з твердого сплаву	з швидкорізальної сталі	з твердого сплаву	з швидкорізальної сталі	з твердого сплаву	
Сталь вуглецева $C \leq 0,6\%$, при σ_B , МПа: < 450 450 – 550 > 550	1,0	1,0	-1,0	1,0	-0,9	1,0	-0,9	1,0	
	1,0	1,0	1,75		-0,9		0,9		1,45
	1,0	1,0	1,75		0,9		0,9		1,0
вуглецева $C > 0,6\%$,	0,8	0,9	1,5	1,25	0,9	1,3	1,45	1,25	
легована	0,8	0,85	1,35				1,0		
Чавун	—	—	1,7	1,25	1,3	1,3	0,9	1,25	

Поправковий коефіцієнт K_{mv} , який враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання (кольорові сплави)

Мідні сплави	2,1
Алюмінієві сплави	1,0

Поправковий коефіцієнт K_{pv} , який враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання

<i>Стан поверхні заготовки</i>					
без кірки	з кіркою				
	прокат	штампована заготовка	сталеві і чавунні виливки з кіркою		мідні та алюмінієві сплави
			нормальною	сильно забрудненою	
1,0	0,9	0,8	0,8–0,85	0,5–0,6	0,9

Поправковий коефіцієнт K_{iv} , який враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання

<i>Оброблюваний матеріал</i>	<i>Поправковий коефіцієнт K_{iv}</i>					
Сталі конструкційні	T5K12B 0,35	T5K10 0,65	T14K8 0,80	T15K6 1,00	T30K4 1,40	BK8 0,40
Сталі леговані	BK8 1,0	T5K10 1,4	T15K6 1,9	P18 0,3	—	—
Чавуни	BK8 0,83	BK6 1,0	BK4 1,1	BK3 1,15	—	—
Кольорові сплави	P6M5 1,0	BK4 2,5	BK6 2,7	9XC 0,6	XBG 0,6	Y12A 0,5

Поправковий коефіцієнт K_{sp} , який враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на силові залежності (кольорові сплави)

Мідні сплави	1,4
Алюмінієві сплави	1,65

**Поправковий коефіцієнт K_{np} , який враховує вплив
фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу
на силові залежності (чорні метали та сплави)**

Оброблюваний матеріал	Розрахункова формула	Показник ступеня n при визначенні:		
		складової сили різання P_c при обробленні різцями	крутного моменту $M_{кр}$ та осьової сили P_o при свердлінні, розсвердлованні, тонкешуванні	колової сили різання P_c при фрезеруванні
Конструкційна вуглецева та легувана сталь при σ_B , МПа:				
≤ 600	$K_{np} = \left(\frac{\sigma_s}{750}\right)^n$	0,75/0,35	0,75/0,75	0,3/0,3
> 600		0,75/0,75	0,75/0,75	0,3/0,3
Чавун	$K_{np} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n$	0,4/0,55	0,6/0,6	1,0/0,55
Примітка. У чисельнику наведено значення показника ступеня n для твердого сплаву, в знаменнику – для швидкорізальної сталі.				

Умовно-економічна стійкість T_m різців у технологічному налагодженні
за умови їх рівномірного завантаження, хв.

Група технологічного налагодження	Характеристика роботи налагодження	Значення T_m при кількості різців у налагодженні						
		3	5	8	10	15	20	понад 20
I. Технологічні налагодження з рівномірним завантаженням інструментів	Діаметри оброблюваних поверхонь відрізняються не більш, як в 1,2 раза; кількість фаскових і підрізних різців не більша за 20% від загальної кількості різців у налагодженні.	150	200	300	350	400	---	---
III. Технологічні налагодження з великою різницею у завантаженні інструментів	Діаметри оброблюваних поверхонь відрізняються більш, як в 1,2 раза; кількість фаскових та інших малонавантажених інструментів більша за 20% від загальної кількості різців у налагодженні.	70	90	110	130	150	170	180
II. Середні технологічні налагодження за рівномірністю завантаження інструментів	Усі технологічні налагодження, які не належать до I та III груп	100	140	200	230	260	300	350

**Подачі для чорнового точіння різцями з пластинами
з твердого сплаву та швидкорізальної сталі**

Діаметр деталі, мм	Оброблюваний матеріал							
	Сталь конструкційна вуглецева та легована				Чавун та кольорові сплави			
	Подача s_m , мм/об, при глибині різання t , мм							
	до 3	3 ... 5	5 ... 8	> 8	до 3	3 ... 5	5 ... 8	> 8
до 20	0,3–0,4	—	—	—	—	—	—	—
від 20 до 40	0,4–0,5	0,3–0,4	—	—	0,4–0,5	—	—	—
від 40 до 60	0,5–0,9	0,4–0,8	0,3–0,7	—	0,6–0,9	0,5–0,8	0,4–0,7	—
від 60 до 100	0,6–1,2	0,5–1,1	0,5–0,9	0,4–0,8	0,8–1,4	0,7–1,2	0,6–1,0	0,5–0,9
від 100 до 400	0,8–1,3	0,7–1,2	0,6–1,0	0,5–0,9	1,0–1,5	0,8–1,9	0,8–1,1	0,6–0,9
понад 400	1,2–1,5	1,0–1,4	0,8–1,3	0,6–1,3	1,5–1,8	1,2–1,6	1,0–1,4	0,9–1,2

Примітки.
 1. Нижні значення подач відповідають міцнішим оброблюваним матеріалам.
 2. При обробленні переривчастих поверхонь і при роботі з ударами табличні значення подач зменшувати на коефіцієнт 0,75 ... 0,85.
 3. У разі оброблення гартованих сталей табличні значення подачі зменшувати на коефіцієнт 0,8 для сталей з HRC 44–56 і на 0,5 – для сталей з HRC 57–62.

**Подачі для чорнового розточування різцями з пластинами
з твердого сплаву та швидкорізальної сталі**

Діаметр круглого перерізу різця або розміри прямокутного перерізу, мм	Оброблюваний матеріал							
	Сталь конструкційна вуглецева та легована				Чавун та кольорові сплави			
	Подача s_m , мм/об, при глибині різання t , мм							
	до 2	2 ... 5	5 ... 8	> 8	до 2	2 ... 5	5 ... 8	> 8
10	0,08	—	—	—	0,1–0,2	—	—	—
12	0,10	0,08	—		0,2–0,3	0,1–0,2	—	
16	0,1–0,2	0,15	0,1		0,3–0,4	0,2–0,3	0,1–0,2	
25	0,3–0,5	0,2–0,4	0,1–0,2		0,4–0,6	0,3–0,5	0,3–0,4	
30	0,4–0,7	0,2–0,5	0,1–0,3		0,5–0,8	0,4–0,6	0,3–0,5	
40	—	0,3–0,6	0,2–0,4		0,6–0,8	0,3–0,8	—	
40 x 40		0,6–1,0	0,5–0,7		0,7–1,2	0,5–0,9	0,4–0,5	
60 x 60		0,9–1,2	0,8–1,0		0,6–0,8	1,0–1,5	0,8–1,2	
75 x 75		0,9–1,3	0,8–1,1	0,7–0,9	1,1–1,6	0,9–1,3	0,7–1,0	

Примітка. Див. примітки до додатка 71.

**Подачі, мм/об., допустимі міцністю пластини з твердого сплаву,
для точіння конструкційної сталі**

Товщина пластини, мм	Глибина різання t , мм, до			
	4	7	13	22
4	1,3	1,1	0,9	0,8
6	2,6	2,2	1,8	1,5
8	4,2	3,6	3,2	2,5
10	6,1	5,1	4,2	3,6

Примітки.

1. Залежно від механічних властивостей сталі на табличні значення подачі вводити поправковий коефіцієнт 1,2 при $\sigma_s = 480 \dots 640$ МПа; 1,0 при $\sigma_s = 650 \dots 870$ МПа; і 0,85 при $\sigma_s > 870$ МПа.
2. Для оброблення чавуну табличне значення подачі множити на коефіцієнт 1,6.
3. Для оброблення з ударами подачу зменшувати на 20%.

Подачі для чистового точіння, мм/об.

Параметр шорсткості, поверхні, мкм		Радіус при вершині різця, мм					
R_a	R_z	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
0,63	—	0,07	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17
1,25		0,10	0,13	0,165	0,19	0,21	0,23
2,50		0,144	0,20	0,246	0,29	0,32	0,35
—	20	0,25	0,33	0,42	0,49	0,55	0,60
	40	0,35	0,51	0,63	0,72	0,80	0,87
	80	0,47	0,66	0,81	0,94	1,04	1,14

- Примітка. 1. Подачі подані для оброблення сталей з $\sigma_s = 700 \dots 900$ МПа і чавунів; для сталей з $\sigma_s = 500 \dots 700$ МПа значення подачі множити на коефіцієнт 0,45; для сталей з $\sigma_s = 900 \dots 1100$ МПа значення подачі множити на коефіцієнт 1,25.

**Значення коефіцієнта C_v і показників степенів у формулах
для розрахунку швидкості різання для точіння**

Вид оброблення	Матеріал різальної частини різця	Характе- ристика подачі	Коефіцієнт C_v і показники степенів			
			C_v	x	y	z
<i>Оброблення конструкційної вуглецевої сталі</i>						
Зовнішнє поздовжнє точіння прохідними різцями	T15K6*	$s \leq 0,3$	420	0,15	0,20	0,20
		$0,3 < s \leq 0,7$	350		0,35	
		$s > 0,7$	340		0,45	
Відрізання	T5K10*	—	47	—	0,80	0,200,
	P18**	—	23,7	—	0,66	25
Фасонне точіння	P18**	—	22,7	—	0,50	0,30
	T15K6*	—	244	0,23	0,30	0,20
Нарізування різі	P6M5	чорнові ходи	14,83	0,70	0,30	0,11
		$P \leq 2\text{мм}$				
		$P > 2\text{мм}$	0	0,60	0,25	0,08
		чистові ходи	41,8	0,45	0,30	0,13
<i>Оброблення чавуну</i>						
Зовнішнє поздовжнє точіння прохідними різцями	BK6*	$s \leq 0,4$	292	0,15	0,20	0,20
		$s > 0,4$	243		0,40	
Відрізання	BK6*	$s \geq t$	324	0,40	0,20	0,28
		$s < t$			0,20	
Нарізування різі	BK6*	—	83	0,45	—	0,33
<i>Оброблення мідних сплавів</i>						
Зовнішнє поздовжнє точіння прохідними різцями	P18*	$s \leq 0,2$	270	0,12	0,25	0,23
		$s > 0,2$	182		0,30	
<i>Оброблення алюмінієвих сплавів</i>						
Зовнішнє поздовжнє точіння прохідними різцями	P18*	$s \leq 0,2$	485	0,12	0,25	0,28
		$s > 0,2$	328		0,30	
<p>* Без охолодження. ** З охолодженням.</p> <p>Примітки.</p> <ol style="list-style-type: none"> Для внутрішнього оброблення приймати швидкість різання, яка дорівнює швидкості різання для зовнішнього оброблення з введенням поправкового коефіцієнта 0,9. Для фасонного точіння глибокого і складного профілю на швидкість різання вводити поправковий коефіцієнт 0,85. Подача в мм/об. 						

Значення коефіцієнта C_p і показників степенів у формулах для розрахунку сили різання під час точіння

Вид оброблення	Матеріал різальної частини різця	Коефіцієнт C_p і показники степенів у формулах для складових											
		тангенційної P_t				радіальної P_r				осьової P_x			
		C_p	x	y	n	C_p	x	y	n	C_p	x	y	n
Сталь конструкційна													
Зовнішнє поздовжнє і поперечне точіння і розточування	твердий сплав	300	1,0	0,8	-0,15	243	0,9	0,6	-0,3	339	1,0	0,5	-0,4
Відрізання і прорізування		408	0,7	0,8	0	173	0,8	0,7	0	—	—	—	—
Нарізування різі		148	—	1,7	0,7	—	—	—	—	—	—	—	—
Зовнішнє поздовжнє і поперечне точіння і розточування	швидкокорізнальна сталь	200	1,0	0,8	0	125	0,9	0,8	0	67	1,2	0,7	0
Сталь легована													
Зовнішнє поздовжнє і поперечне точіння і розточування	твердий сплав	204	1,0	0,8	0	—	—	—	—	—	—	—	—

Вид оброблення	Матеріал різальної частини різця	Коефіцієнт C_v і показники степеня у формулах для складових											
		тангенціальної P_t				радіальної P_r				осьової P_x			
		C_v	x	y	n	C_v	x	y	n	C_v	x	y	n
Чавун													
Зовнішнє поздовжнє і поперечне точіння і розточування	твердий сплав	92	1,0	0,8	0	54	0,9	0,8	0	46	1,0	0,4	0
Нарузування різи		103	—	1,8	0,8	—	—	—	—	—	—	—	—
Мідні сплави													
Зовнішнє поздовжнє і поперечне точіння і розточування	швидкохідна сталь	55	1,0	0,7	0	—	—	—	—	—	—	—	—
Відрізання і прорізання		75	1,0	1,0	0	—	—	—	—	—	—	—	—
Алюмінієві сплави													
Зовнішнє поздовжнє і поперечне точіння і розточування	швидкохідна сталь	40	1,0	0,8	0	—	—	—	—	—	—	—	—
Відрізання і прорізання		50	1,0	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—

**Поправкові коефіцієнти, які враховують вплив геометричних параметрів
різальної частини інструмента на складові сили різання
для оброблення сталі і чавуну**

Параметри		Матеріал різальної частини	Поправкові коефіцієнти			
			Позначення	Величина коефіцієнта для складових		
Назва	Величина				тангенці- альної P_z	радіальної P_y
Головний кут в плані φ°	30	Твердий сплав	$K_{\varphi p}$	1,08	1,30	0,78
	45			1,0	1,0	1,0
	60			0,94	0,77	1,11
	90			0,89	0,50	1,17
	30	Швидкорізальна сталь		1,08	1,63	0,70
	45			1,0	1,0	1,0
	60			0,98	0,71	1,27
	90		1,08	0,44	1,82	
Передній кут γ°	-15	Твердий сплав	$K_{\gamma p}$	1,25	2,0	2,0
	0			1,1	1,4	1,4
	10			1,0	1,0	1,0
	15	Швидкорізальна сталь		1,15	1,6	1,7
	25			1,0	1,0	1,0
Кут нахилу головного леза λ°	-5	Твердий сплав	$K_{\lambda p}$	1,0	0,75	1,07
	0				1,0	1,0
	5				1,25	0,85
	15				1,7	0,65
Радіус при вершині r , мм	0,5	Швидкорізальна сталь	K_{rp}	0,87	0,66	1,0
	1,0			0,93	0,82	
	2,0			1,0	1,0	
	3,0			1,04	1,14	
	4,0			1,10	1,33	

**Подачі, мм/об, для свердління сталі, чавуну, кольорових сплавів
свердлами з швидкорізальної сталі**

Діаметр свердла, мм	Сталь				Чавун, кольорові сплави	
	HB < 160	HB 160 – 240	HB 240 – 300	HB > 300	HB ≤ 170	HB > 170
2-4	0,09–0,13	0,08–0,10	0,06–0,07	0,04–0,06	0,12–0,18	0,09–0,12
4-6	0,13–0,19	0,10–0,15	0,07–0,11	0,06–0,09	0,18–0,27	0,12–0,18
6-8	0,19–0,26	0,15–0,20	0,11–0,14	0,09–0,12	0,27–0,36	0,18–0,24
8-10	0,26–0,32	0,20–0,25	0,14–0,17	0,12–0,15	0,36–0,45	0,24–0,31
10-12	0,32–0,36	0,25–0,28	0,17–0,20	0,15–0,17	0,45–0,55	0,31–0,35
12-16	0,36–0,43	0,28–0,33	0,20–0,23	0,17–0,20	0,55–0,66	0,35–0,41
16-20	0,43–0,49	0,33–0,38	0,23–0,27	0,20–0,23	0,66–0,76	0,41–0,47
20-25	0,49–0,58	0,38–0,43	0,27-0,32	0,23–0,26	0,76–0,89	0,47–0,54
25-30	0,58–0,62	0,43–0,48	0,32–0,35	0,26–0,29	0,89–0,96	0,54–0,60
30-40	0,62–0,78	0,48–0,58	0,35–0,42	0,29–0,35	0,96–1,19	0,60–0,71
40-50	0,78–0,89	0,58–0,66	0,42–0,48	0,35–0,40	1,19–1,36	0,71–0,81

Примітка. Наведені подачі застосовувати при свердлінні отворів глибиною $l \leq 3D$ з точністю не вище 12-го квалітету точності в умовах жорсткої технологічної системи. В іншому випадку вводити поправкові коефіцієнти:

- 1) на глибину отвору – $K_{l_1} = 0,9$ при $l \leq 5D$; $K_{l_1} = 0,8$ при $l \leq 7D$; $K_{l_1} = 0,75$ при $l \leq 10D$;
- 2) на досягнення вищої якості отвору (під розвертання і нарізування різі) – $K_{\alpha} = 0,8$;
- 3) на інструментальний матеріал – $K_{\alpha} = 0,6$ – для свердла з твердосплавною різальною частиною.

**Подачі, мм/об, для зенкерування зенкерами
з швидкорізальної сталі та твердого сплаву**

Оброблюваний матеріал	Діаметр зенкера, мм						
	до 15	15–20	20–25	25–30	30–40	40–50	50–80
Сталь	0,5–0,6	0,6–0,7	0,7–0,9	0,8–1,0	0,9–1,2	1,0–1,3	1,1–1,5
Чавун (HB ≤ 200), кольорові сплави	0,7–0,9	0,9–1,1	1,0–1,2	1,1–1,3	1,2–1,7	1,6–2,0	1,8–2,4
Чавун (HB > 200)	0,5–0,6	0,6–0,7	0,7–0,8	0,8–0,9	0,9–1,2	1,2–1,4	1,3–1,5

Примітки.

1. Наведені подачі застосовувати при зенкеруванні з допуском не вищим за 12 квалітет точності. Для досягнення допусків за 9–11 квалітетами точності, (в т.ч. – під розвертання і нарізування різі) вводити поправковий коефіцієнт $K_{\alpha} = 0,7$;
2. При зенкеруванні глухих отворів подача не повинна перевищувати 0,3–0,6 мм/об.

Подачі, мм/об, для розвертання розвертками з швидкорізальної сталі

Оброблюваний матеріал	Діаметр розвертки, мм								
	до 10	10–15	15–20	20–25	25–30	30–35	35–40	40–50	50–80
Сталь	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,9
Чавун (HB≤200), кольорові сплави	2,2	2,4	2,6	2,7	3,1	3,2	3,4	3,8	4,6
Чавун (HB>200)	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,7	3,1	3,6

Примітки.

1. Подачу необхідно зменшити при: а) чистовому розвертанні за один прохід (IT 9–11, $R_a = 3,2–6,3$) або при розвертанні під полірування і хонінгування – на коефіцієнт $K_{от} = 0,8$; б) чистовому розвертанні після чорного (IT 7, $R_a = 0,4–0,8$) – на коефіцієнт $K_{от} = 0,7$; в) твердосплавній робочій частині – на коефіцієнт $K_{от} = 0,7$;
2. При розвертанні глухих отворів подача не повинна перевищувати 0,2–0,5 мм/об.

Значення коефіцієнта C, і показників степенів у формулі швидкості різання для свердління

Оброблюваний матеріал	Матеріал різальної частини	Подача $s_{пр}$ мм/об	Коефіцієнт C, і показники степенів			
			C _v	q	у	т
Сталь вуглецева	P6M5	≤ 0,2	7,0	0,40	0,70	0,20
		> 0,2	9,8		0,50	
Сталь легована		—	3,5	0,50	0,45	0,12
Чавун		≤ 0,3	14,7	0,25	0,55	0,125
		> 0,3	17,1		0,40	
		BK8	—	34,2	0,45	0,30
Кольорові сплави	P6M5	≤ 0,3	32,1	0,25	0,55	0,125
		> 0,3	36,5		0,40	

Примітка. Для свердел з швидкорізальної сталі розраховані за наведеними даними швидкості різання дійсні при подвійному загостренні і підгостренній перемичці. При одинарному загостренні свердел з швидкорізальної сталі розраховану швидкість різання необхідно зменшити на коефіцієнт $K_{sv} = 0,75$.

Значення коефіцієнта C_v і показників степенів у формулі швидкості різання для розсвердлювання, зенкерування, розвертання

Вид оброблення	Матеріал різальної частини	Коефіцієнт C_v і показники степенів				
		C_v	q	x	y	t
Сталь конструкційна вуглецева						
Розсвердлювання	P6M5	16,2	0,4	0,2	0,5	0,2
	BK8	10,8	0,6		0,3	0,25
Зенкерування	P6M5	16,3	0,3		0,5	0,3
	T15K6	18,0	0,6		0,3	0,25
Розвертання	P6M5	10,5	0,3	0,2	0,65	0,4
	T15K6	100,6	0,3	0	0,65	
Чавун сірий, HB 190						
Розсвердлювання	P6M5	23,4	0,25	0,1	0,4	0,125
	BK8	56,9	0,5	0,15	0,45	0,4
Зенкерування	P6M5	18,8	0,2	0,1	0,4	0,125
	BK8	105,0	0,4	0,15	0,45	0,4
Розвертання	P6M5	15,6	0,2	0,1	0,5	0,3
	BK8	109,0	0,2	0	0,5	0,45
Чавун кувальний, HB 150						
Розсвердлювання	P6M5	34,7	0,25	0,1	0,4	0,125
	BK8	77,4	0,5	0,15	0,45	0,4
Зенкерування	P6M5	27,9	0,2	0,1	0,4	0,125
	BK8	143,0	0,4	0,15	0,45	0,4
Розвертання	P6M5	23,2	0,2	0,1	0,5	0,3
	BK8	148,0	0,2	0	0,5	0,45

**Середні значення періоду стійкості свердел, зенкерів і розверток
для одноінструментного оброблення**

Оброблюваний матеріал	Матеріал різальної частини	Стійкість T_1 , хв. при діаметрі інструменту, мм							
		до 5	6-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-80
Свердла (свердління і розсвердлювання)									
Сталь конструкційна вуглецева, легована	Швидкорізальна сталь	15	25	45	50	70	90	100	—
	Твердий сплав	8	15	20	25	35	45	—	—
Чавун, мідні й алюмінієві сплави	Швидкорізальна сталь	20	35	60	75	105	140	170	—
	Твердий сплав	15	25	45	50	70	90	—	—
Зенкери (зенкерування)									
Сталь конструкційна вуглецева і легована, чавун	Швидкорізальна сталь і твердий сплав	—	—	30	40	50	60	80	100
Розвертки (розвертання)									
Сталь конструкційна вуглецева, легована	Швидкорізальна сталь	—	25	40	80	80	120		
	Твердий сплав	—	20	30	50	70	90	110	140
Чавун	Швидкорізальна сталь	—	—	60	120		180		
	Твердий сплав	—	—	45	75	105	135	165	210
<p>Примітка. При багатоінструментному обробленні враховувати коефіцієнт зміни стійкості K_{Ti} залежно від кількості одночасно працюючих інструментів при середньому навантаженні (додаток 84): $T_i = K_{Ti} \cdot T_j$</p>									

Додаток 84

**Коефіцієнт зміни стійкості K_{Ti} залежно від кількості
одночасно працюючих інструментів при середньому навантаженні**

Кількість одночасно працюючих інструментів	3	5	8	10	15 і більше
K_{Ti}	2,5	1,6	1,3	1,2	1,1

Додаток 85

**Поправковий коефіцієнт K_{iv} на швидкість різання для свердління,
який враховує глибину оброблюваного отвору**

Параметр	Свердління					Розсвердлювання, зенкерування, розвертання
	3D	4D	5D	6D	8D	
Глибина оброблюваного отвору	3D	4D	5D	6D	8D	—
Коефіцієнт K_{iv}	1,0	0,85	0,75	0,7	0,6	1,0

**Значення коефіцієнтів і показників степенів у формулах крутного моменту
і осьової сили для свердління, розсвердлювання, зенкерування**

Вид оброблення	Матеріал різальної частини	Коефіцієнт C_p і показники степенів у формулах							
		крутного моменту				осьової сили			
		C_M	q	x	y	C_p	q	x	y
Сталь конструкційна вуглецева									
Свердління	Шв/різ сталь	0,0345	2,0	—	0,8	68	1,0	—	0,7
Розсвердлювання зенкерування		0,09	1,0	0,9	0,8	67	—	1,2	0,65
Сталь легована									
Свердління	Шв/різ сталь	0,041	2,0	—	0,7	143	1,0	—	0,7
Розсвердлювання зенкерування		0,106	1,0	0,9	0,8	140	—	1,2	0,65
Чавун									
Свердління	Шв/різ сталь	0,021	2,0	—	0,8	42,7	1,0	—	0,8
Розсвердлювання зенкерування		0,085	—	0,75	0,8	23,5	—	1,2	0,4
Свердління	Твердий сплав	0,012	2,2	—	0,8	42	1,2	—	0,75
Розсвердлювання зенкерування		0,196	0,85	0,8	0,7	46	—	1,0	0,4
Мідні сплави									
Свердління	Шв/різ сталь	0,012	2,0	—	0,8	31,5	1,0	—	0,8
Розсвердлювання зенкерування		0,031	0,85	—	0,8	17,2	—	1,0	0,4
Алюмінієві сплави									
Свердління	Шв/різ сталь	0,005	2,0	—	0,8	9,8	1,0	—	0,7

**Подачі для чорнового фрезерування торцьовими, циліндричними
і дисковими фрезами з твердосплавними пластинами**

Потужність верстата, кВт	Сталь		Чавун і мідні сплави	
	Подача на зубець фрези s_z , мм, для марки твердого сплаву			
	T15K6	T5K10	BK6	BK8
5 – 10	0,09 – 0,18	0,12 – 0,18	0,14 – 0,24	0,20 – 0,29
понад 10	0,12 – 0,18	0,16 – 0,24	0,18 – 0,28	0,25 – 0,38

Примітки.

1. Наведені значення подач для циліндричних фрез дійсні при ширині фрезерування $B \leq 30$ мм; при $B > 30$ мм табличні значення подач зменшити на 30%.
2. Наведені значення подач для дискових фрез дійсні при фрезеруванні площин і уступів; при фрезеруванні пазів табличні значення подач зменшити у 2 рази.
3. При фрезеруванні з наведеними у таблиці подачами досягається параметр шорсткості поверхні $R_a = 0,8 \dots 1,6$ мкм

**Подачі для чорнового фрезерування торцьовими, циліндричними
і дисковими фрезами з швидкорізальної сталі**

Потужність верстата, кВт	Фрези			
	торцеві і дискові		циліндричні	
	Подача на зубець фрези s_z , мм, при обробленні			
	конструкційної сталі	чавуну і мідних сплавів	конструкційної сталі	чавуну і мідних сплавів
Фрези з великими зубцями і фрези з вставними ножами				
до 5	0,06 – 0,07	0,15 – 0,30	0,08 – 0,12	0,10 – 0,18
5 – 10	0,08 – 0,15	0,20 – 0,40	0,12 – 0,20	0,20 – 0,30
понад 10	0,15 – 0,25	0,30 – 0,50	0,30 – 0,40	0,40 – 0,60
Фрези з дрібними зубцями				
до 5	0,04 – 0,06	0,12 – 0,20	0,05 – 0,08	0,06 – 0,12
5 – 10	0,06 – 0,10	0,15 – 0,30	0,06 – 0,10	0,10 – 0,15

Примітка. Більші значення подач брати для меншої глибини і ширини фрезерування, менші – для більших значень глибини і ширини.

Подачі для фрезерування сталевих заготовок фрезами з швидкорізальної сталі

Діаметр фрези, мм	Фрези	Подача на зубець фрези s_z , мм, при глибині фрезерування t , мм			
		до 3	до 5	до 8	до 10
16	Кінцеві	0,08–0,05	0,06–0,05	—	—
20		0,10–0,06	0,07–0,04		
25		0,12–0,07	0,09–0,05	0,08–0,04	
35		0,16–0,10	0,12–0,07	0,10–0,05	
	Кутові і фасонні	0,08–0,04	0,07–0,05	0,06–0,04	
40	Кінцеві	0,20–0,12	0,14–0,08	0,12–0,07	0,08–0,05
	Кутові і фасонні	0,09–0,05	0,07–0,05	0,06–0,03	0,06–0,03
	Прорізнi	0,009–0,005	0,007–0,003	0,01–0,007	—
50	Кінцеві	0,25–0,15	0,15–0,10	0,13–0,08	0,10–0,07
	Кутові і фасонні	0,10–0,06	0,08–0,05	0,07–0,04	0,06–0,03
	Прорізнi	0,10–0,006	0,008–0,004	0,012–0,008	0,012–0,008
60	Відрізнi	—	—	0,025–0,015	0,022–0,012
	Кутові і фасонні	0,10–0,06	0,08–0,05	0,07–0,04	0,06–0,04
	Прорізнi	0,013–0,008	0,10–0,005	0,015–0,01	0,015–0,01
75	Відрізнi	—	—	0,03–0,015	0,027–0,012
	Прорізнi		0,015–0,005	0,025–0,01	0,022–0,01
	Кутові і фасонні	0,12–0,08	0,10–0,06	0,09–0,05	0,07–0,05
90	Кутові і фасонні	0,12–0,08	0,12–0,05	0,11–0,05	0,10–0,05
	Відрізнi	—	—	0,03–0,02	0,028–0,016
110	Відрізнi			0,03–0,025	0,03–0,02

Діаметр фрези, мм	Фрези	Подача на зубець фрези s_z , мм, при глибині фрезерування t , мм			
		до 12	до 15	до 20	30 і більше
75	Відрізнi	0,022–0,01	0,02–0,01	—	—
	Прорізнi	0,017–0,008	0,015–0,007		
	Кутові і фасонні	0,06–0,03	—		
90	Кутові і фасонні	0,08–0,04	0,07–0,03	0,05–0,03	—
	Відрізнi	0,023–0,015	0,022–0,012	0,023–0,013	
110	Відрізнi	0,025–0,02	0,025–0,02	0,025–0,015	—
150–200		—	0,03–0,02	0,028–0,016	

Примітки.

1. При фрезеруванні чавуну, мідних і алюмінієвих сплавів подачі можуть бути збільшені на 30–40 %.
2. Подачі для прорізнних і відрізнних фрез з дрібними зубцями встановлені при глибині різання до 5 мм з великими зубцями – при глибині понад 5 мм.

Подачі для фрезерування твердосплавними кінцевими фрезами площин і уступів сталевих заготовок

Чорнове фрезерування							
Діаметр фрези, мм	Подача на один зубець фрези s_z, мм, при глибині фрезерування t, мм						
	1-2	5	6	12	20	30	40
10-12	0,01-0,03	—	—	—	—	—	—
14-16	0,02-0,06	0,02-0,04	—	—	—	—	—
18-22	0,04-0,07	0,03-0,05	0,02-0,04	—	—	—	—
20	0,06-0,10	0,05-0,08	0,03-0,05	—	—	—	—
25	0,08-0,12	0,06-0,10	0,05-0,10	0,05-0,08	—	—	—
30	0,10-0,15	0,08-0,12	0,06-0,10	0,05-0,09	—	—	—
40	0,10-0,18	0,08-0,13	0,06-0,11	0,05-0,10	0,04-0,07	—	—
50	0,10-0,20	0,10-0,15	0,08-0,12	0,06-0,10	0,05-0,09	0,05-0,08	0,05-0,06
60	0,12-0,20	0,10-0,16	0,10-0,12	0,08-0,12	0,06-0,10	0,06-0,10	0,06-0,08
Чистове фрезерування							
Діаметр фрези, мм		10-16		20-22		40-60	
Подача, мм/об.		0,02-0,06		0,06-0,12		0,30-0,60	
<p>Примітки. 1. При чорновому фрезеруванні чавуну подачі, наведені для чорнового фрезерування сталі, збільшити на 30-40%; при чистовому фрезеруванні чавуну величина подачі, яка рекомендована для чистового фрезерування сталі, зберігається.</p> <p>2. При роботі з подачами для чистового фрезерування досягається параметр шорсткості $R_a = 0,8 - 1,6$ мкм</p>							

Подачі, мм/об., для чистового фрезерування площин і уступів торцевими, дисковими і циліндричними фрезами

Параметр шорсткості поверхні R_a, мкм	Торцеві і дискові фрези		Циліндричні фрези (швидкорізна сталь)					
	твердий сплав	швидко-різна сталь	конструкційна вуглецева і легована сталь			чавун, мідні й алюмінієві сплави		
			40-75	90-130	150-200	40-75	90-130	150-200
6,3	—	1,2-2,7	—					
3,2	0,5-1,0	0,5-1,2	1,0-2,7	1,7-3,8	2,3-5,0	1,0-2,3	1,4-3,0	1,9-3,7
1,6	0,4-0,6	0,2-0,5	0,6-1,5	1,0-2,1	1,3-2,8	0,6-1,3	0,8-1,7	1,1-2,1
0,8	0,2-0,3	—	—					
0,4	0,15	—	—					

**Подачі для фрезерування сталевих заготовок
шпонковими фрезами з швидкорізальної сталі**

Діаметр фрези, мм	Фрезерування на шпонково-фрезерних верстатах, на один подвійний хід		Фрезерування на вертикально- фрезерних верстатах за один прохід	
			осьове врізання на глибину шпонкового пазу	поздовжній рух при фрезеруванні шпонкового пазу
	Глибина фрезерування, мм	Подача на один зубець s_z , мм		
6	0,3	0,10	0,006	0,020
8		0,12	0,007	0,022
10		0,16	0,008	0,024
12		0,18	0,009	0,026
16	0,4	0,25	0,010	0,028
18		0,28	0,011	0,030
20		0,31	0,011	0,032
24		0,38	0,012	0,036
28	0,5	0,45	0,014	0,037
32		0,50	0,015	0,037
36		0,55	0,016	0,038
40		0,65	0,016	0,038

Примітка. Подачі наведені для конструкційної сталі з $\sigma_s \leq 750\text{МПа}$; при обробленні сталей з вищою міцністю подачу знизити на 20 – 40%.

Значення коефіцієнта C_v і показників степенів у формулі швидкості різання для фрезерування

Фрези	Матеріал різальної частини	Параметри зрізуючого шару, мм			Коефіцієнт C_v і показники степенів у формулі швидкості різання						
		B	f	s_f	C_v	q	x	y	u	p	m
Торцьові	Т15K6 ^{*1} P6M5 ^{*2}	—	—	—	332	0,2	0,1	0,4	0,2	0	0,2
					64,7	0,25	0,1	0,2	0,15	0	0,2
Циліндричні	Т15K6 ^{*1}	≤ 35	≤ 2	—	41	0,17	0,19	0,28	-0,05	0,1	0,33
					390						
					443						
					616						
					700						
					> 2						
Дискові збірні	P6M5 ^{*2}	—	—	≤ 0,1	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33	
				> 0,1	35,4	0,4	0,4	0,1	0,33		
Дискові сушільні	Т15K6 ^{*1} P6M5 ^{*2}	—	—	< 0,12	0,2	0,4	0,12	0	0	0,35	
				≥ 0,12							740
				≤ 0,1							75,5
				> 0,1							48,5
Кінцеві сушільні	Т15K6 ^{*1} P6M5 ^{*2}	—	—	68,5	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	
				161	0,44	0,24	0,26	0,1	0,13	0,37	
				46,7	0,45	0,5	0,5	0,1	0,1	0,33	
				53	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	
				49	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33	
				12	0,3	0,3	0,25	0	0	0,26	
Торцьові	BK8 ^{*1} P6M5 ^{*2}	—	—	108	0,2	0,06	0,3	0,2	0	0,32	
				49,6	0,15	0,2	0,3	0,2	0,1	0,14	
				44	0,29	0,3	0,34	0,1	0,1	0,24	
				22,5	0,35	0,21	0,48	0,03	0,1	0,27	
Циліндричні	P6M5 ^{*2}	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
											—
Кінцеві	P6M5 ^{*2}	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
											—

Сталь легрована

Фрези	Матеріал різальної частини	Параметри зрізаного шару, мм				Коефіцієнт C_r і показники степеня у формулі швидкості різання						
		В	l	s _r	C _r	q	x	y	и	р	т	
												Чавун сірий НВ 190
Торцьові	ВК6 ^{*1}	—	—	—	445	0,2	0,15	0,35	0,2	0	0,32	
	Р6М5 ^{*1}	—	—	—	42	0,2	0,1	0,4	0,1	0,1	0,15	
Циліндричні	ВК6 ^{*1}	—	<3	≤ 0,2	923	0,37	0,19	0,23	0,23	0,14	0,42	
				> 0,2	588		0,47					
				≤ 0,2	1180		0,19					
				> 0,2	750		0,47					
Дискові збірні	Р6М5 ^{*1}	—	—	≤ 0,15	57,6	0,7	0,5	0,2	0,3	0,3	0,25	
				> 0,15	27	0,5	0,6	0,1	0,1	0,15		
Дискові суцільні	Р6М5 ^{*1}	—	—	—	85	0,2	0,5	0,4	0,1	0,1	0,15	
Кінцеві	Р6М5 ^{*1}	—	—	—	72	0,2	0,5	0,4	0,1	0,1	0,15	
Прорізні і відрізні	Р6М5 ^{*1}	—	—	—	72	0,7	0,5	0,2	0,3	0,3	0,25	
				—	30	0,2	0,5	0,4	0,2	0,1	0,15	
Чавун кувальний НВ 150												
Торцьові	ВК6 ^{*1}	—	—	≤ 0,18	994	0,22	0,17	0,1	0,22	0	0,33	
				> 0,18	695							0,32
Циліндричні	Р6М5 ^{*2}	—	—	≤ 0,1	90,5	0,25	0,1	0,4	0,15	0,1	0,2	
				> 0,1	57,4							0,4
Дискові збірні	Р6М5 ^{*2}	—	—	≤ 0,1	77	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33	
				> 0,1	49,5							0,4
Дискові суцільні	Р6М5 ^{*2}	—	—	≤ 0,1	106	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	
				> 0,1	68							0,4
Кінцеві	Р6М5 ^{*2}	—	—	—	95,8	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	
				—	68,5							0,2
Прорізні і відрізні	Р6М5 ^{*1}	—	—	—	74	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	

Фрези	Матеріал рідної частини	Параметри з'руваного шару, мм			Коефіцієнт C_v і показники степенів у формулі швидкості різання						
		B	l	s_z	C_v	q	x	y	u	p	m
Мідні сплави середньої твердості HB 100 ... 140											
Торцюві	Р6М5*1	—	—	≤ 0,1	136	0,25	0,1	0,2	0,15	0,1	0,2
				> 0,1	86,2			0,4			
Циліндричні	Р6М5*1	—	—	≤ 0,1	116	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
				> 0,1	74,3			0,4			
Дискові збірні	Р6М5*1	—	—	≤ 0,1	159	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
				> 0,1	102			0,4			
Дискові суцільні	Р6М5*1	—	—	—	144	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
Кінцеві	Р6М5*1	—	—	—	103	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
Прорізані і відрізані	Р6М5*1	—	—	—	111	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2
Алюмінієві сплави HB 65 ... 100											
Торцюві	Р6М5*1	—	—	≤ 0,1	245	0,25	0,1	0,2	0,15	0,1	0,2
				> 0,1	155			0,4			
Циліндричні	Р6М5*1	—	—	≤ 0,1	208	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
				> 0,1	134			0,4			
Дискові збірні	Р6М5*1	—	—	≤ 0,1	285	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
				> 0,1	183			0,4			
Дискові суцільні	Р6М5*1	—	—	—	259	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
Кінцеві	Р6М5*1	—	—	—	186	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
Прорізані і відрізані	Р6М5*1	—	—	—	200	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2

Примітка. *1 – Без охолодження; *2 – з охолодженням.

**Середні значення періоду стійкості T_1 фрез
для одноінструментного оброблення, хв.**

Матеріал різальної частини фрези	Тип фрези	Стійкість T , хв., при діаметрі фрези d_0 , мм								
		20	50	750	100	150	200	300	400	500
Швидкокорозійна сталь	Торцюва і дискова	---	100	120	130	170	250	300	400	500
	Прорізна	---	80	90	100	110	120	---		
	Циліндрична	---	100	170	280	400	---			
	Двокутова	---	100	150	170	---				
	Радіусна	---	60	80	100	---				
	Кінцева	60	80	---						
	Пазова (під сегментні шпонки)	60	---							
Твердий сплав	Торцюва і дискова двостороння	---	90	120	200	300	500	600	800	
	Дискова тристороння	---	130	160	200	300	---			

Примітка.
 1. При багатоінструментному обробленні враховувати коефіцієнт зміни стійкості K_T залежно від кількості одночасно працюючих інструментів при середньому навантаженні (додаток 95):
 $T_1 = K_T \cdot T_1$.
 2. Для верстатів з крутлим столом довжина різання l для кожної фрези є сумарною довжиною різання усіх заготовок, які встановлені на столі й оброблюються цією фрезою. Довжиною робочого ходу L робочого органу верстата слід приймати довжину кола $\pi d_{розт}$, по якому ведеться оброблення ($d_{розт}$ – середній діаметр розташування поверхонь, які оброблюються фрезою).

**Коефіцієнт зміни стійкості K_T залежно від кількості
одночасно працюючих інструментів**

Кількість одночасно працюючих інструментів	2	4	6 і більше
K_T	0,85	0,70	0,60

Примітка. При роботі однаковими й однаково навантаженими фрезами $K_T = 1$ незалежно від кількості фрез в інструментальному налагодженні.

**Значення коефіцієнта C_p і показників степенів у формулі
колової швидкості P_c для фрезерування**

Фрези	Матеріал різальної частини	Коефіцієнт C_p і показники степенів					
		C_p	x	y	u	q	w
Сталь конструкційна вуглецева							
Торцеві	твердий сплав	825	1,0	0,75	1,1	1,3	0,2
	шв/різ сталь	82,5	0,95	0,8	1,1	1,1	0
Циліндричні	твердий сплав	101	0,88	0,75	1,0	0,87	0
	шв/різ сталь	68,2	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Дискові, прорізнi, відрізнi	твердий сплав	261	0,9	0,8	1,1	1,1	0,1
	шв/різ сталь	68,2	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Кінцеві	твердий сплав	12,5	0,85	0,75	1,0	0,73	-0,13
	шв/різ сталь	68,2	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Фасонні, кутові	шв/різ сталь	47	0,86	0,72	0,1	0,86	0
Сталь легована							
Торцеві	твердий сплав	54,5	0,9	0,74	1,0	1,0	0
	шв/різ сталь	50	0,9	0,72	1,14	1,14	0
Циліндричні	твердий сплав	58	0,9	0,8	1,0	0,9	0
	шв/різ сталь	30	0,83	0,65	1,0	0,83	0
Дискові, прорізнi, відрізнi	шв/різ сталь	30	0,83	0,65	1,0	0,83	0
Чавун							
Торцеві	твердий сплав	491	1,0	0,75	1,1	1,3	0,2
	шв/різ сталь	50	0,95	0,8	1,1	1,1	0
Циліндричні, дискові, кінцеві, прорізнi, відрізнi	шв/різ сталь	30	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Мідні сплави							
Циліндричні, дискові, кінцеві, прорізнi, відрізнi	шв/різ сталь	22,6	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Примітка. Колову швидкість при фрезеруванні алюмінієвих сплавів розраховувати як для сталі, з введенням коефіцієнта 0,25.							

Формули для розрахунку основного часу $T_{осн}$, хв., на окремі види технологічних операцій механічного оброблення

1. Заготівельні роботи.

Основні позначення:

L – довжина ходу інструменту, мм;

l – довжина оброблення, мм;

l_1 – врізання інструмента, мм;

l_2 – перебіг інструмента, мм;

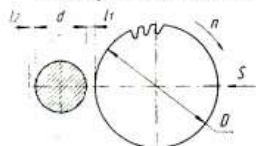
$s_{об}$ – подача інструменту на один оберт шпинделя, мм/об;

$s_{вх}$ – хвилинна подача інструменту, мм/хв;

$s_{озв}$ – швидкість зворотнього ходу інструменту, мм/хв;

n – частота обертання шпинделя, хв⁻¹.

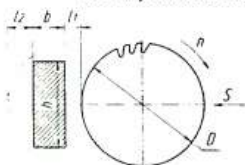
1.1. Розрізання дисковою пилою матеріалу круглого перерізу по одному прутку.



$$T_{осн} = \frac{d + l_1 + l_2}{s_{вх}} + \frac{d + l_1 + l_2}{s_{озв}}$$

де d – діаметр розрізуваного матеріалу, мм.
Значення l_1 і l_2 приймати за додатком 98.

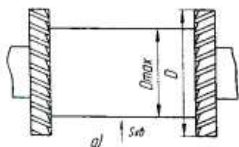
1.2. Розрізання дисковою пилою матеріалу прямокутного перерізу.



$$T_{осн} = \frac{b_{розр} + l_1 + l_2}{s_{вх}} + \frac{b_{розр} + l_1 + l_2}{s_{озв}}$$

де $d_{розр}$ – товщина розрізуваного матеріалу, мм.
Значення l_1 і l_2 приймати за додатком 55.

1.3. Фрезерування торців (а) і центрування (б) заготовки на двосторонніх фрезерно-центрувальних напівавтоматах.



а) при фрезеруванні торців:

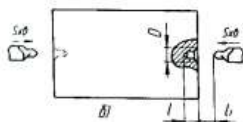
$$T_{осн} = \frac{l + l_1 + l_2}{s_{вх}}$$

де довжина оброблення l :

$$l = D_{max};$$

D_{max} – максимальний діаметр одного з торців заготовки, мм;

Значення l_1 і l_2 приймати за додатком 109.



б) при центруванні торців:

$$T_{осн} = \frac{l + l_1}{n \cdot s_{вх}}$$

Довжину (глибину) центрових отворів L та їх діаметр D (див. рис.) приймати за рекомендаціями [38, 59 (т. 2) тощо]. Значення l_1 приймати за додатком 102.

2. Токарні та розточувальні роботи

$$T_{\text{осн}} = \frac{L}{s_o \cdot n} \cdot i,$$

Основні позначення:

D – діаметр заготовки, мм;

d – діаметр деталі, мм;

L – довжина ходу різця, мм;

l – довжина (глибина) оброблення, мм;

l_1 – врізання інструменту, мм (див додаток 99);

l_2 – перебіг інструменту, мм (див додаток 99);

l_3 – додаткова довжина на взяття пробних стружок (використовується в умовах одиничного та дрібносерійного виробництва), мм (див додаток 101);

b – ширина різця, мм;

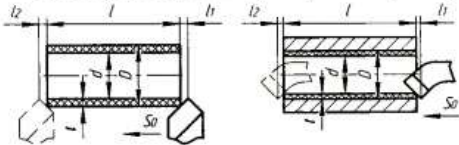
t – глибина різання, мм;

s_o – подача на один оберт шпинделя верстата, мм/об.;

n – частота обертання шпинделя верстата, хв^{-1} ;

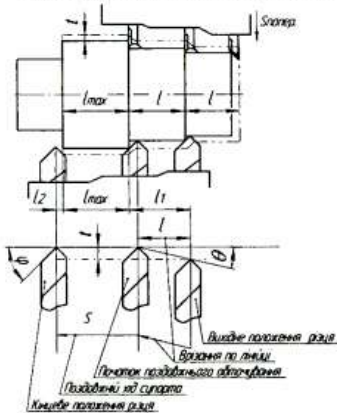
i – кількість проходів.

2.1. Однорізневе оброблення (обточування та розточування) циліндричної поверхні.



$$L = l + l_1 + l_2$$

2.2. Багаторізневе токарне оброблення (оброблення кожної ступені окремим різцем).



$$L = l_{\text{max}} + l_1 + l_2,$$

де l_{max} – найбільша довжина оброблюваної ступені;

величина врізання:

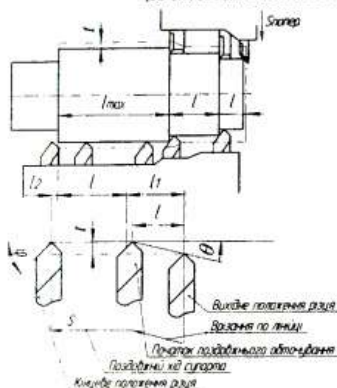
$$l_1 = \left[\frac{t}{\text{tg } \theta} + (2 \dots 3) \right] + \left[\frac{t}{\text{tg } \varphi} + (1 \dots 2) \right];$$

за можливості здійснення врізання поперечним переміщенням супорта:

$$l_1 = \left[t + (1 \dots 2) \right] + \left[\frac{t}{\text{tg } \varphi} + (1 \dots 2) \right];$$

$$l_2 = 1 \dots 3 \text{ мм.}$$

2.3. Багаторізне токарне оброблення (за способом ділення довжини максимального ступеня)

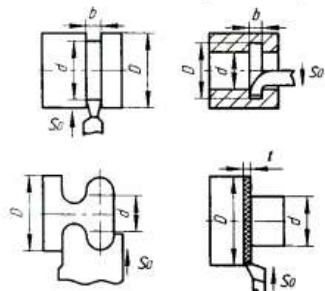


$$L = \frac{l_{max}}{m} + l_1 + l_2,$$

де m – кількість різців, встановлених на ступінь найбільшої довжини;

l_{max}, l_1, l_2 – див. пояснення до п. 2.2.

2.4. Фасонне оброблення, оброблення канавок та торцевих поверхонь

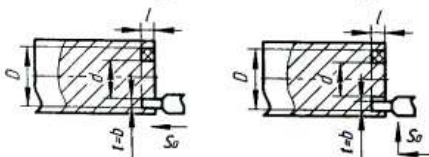


$$L = \frac{D-d}{2} + l_1,$$

де d – для фасонного оброблення: найменший діаметр після оброблення, мм;

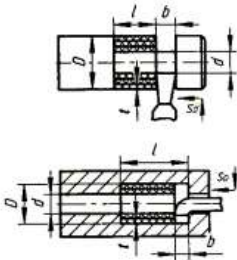
l_1 – для фасонного оброблення: глибина різання, яка приймається рівною довжині розгорнутого профілю різця, мм.

2.5. Точіння торцевих канавок з осью (а) і з осью і радіальною (б) подачами



$$L = l + l_1$$

2.6. Оброблення зовнішніх виточок поперечною і поздовжньою подачею ("у розгін")



$$T_{осч} = \left(\frac{L_{поп}}{n \cdot s_{поп}} + \frac{L_{позд}}{n \cdot s_{позд}} \right) \cdot i,$$

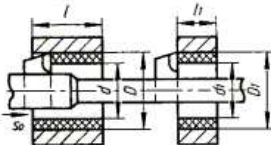
де $L_{поп}$ – максимальний поперечний хід різця, мм;

$L_{позд}$ – максимальний поздовжній хід різця, мм;

$s_{поп}$ – поперечна подача, мм/об.;

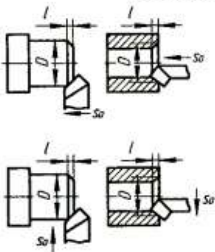
$s_{позд}$ – поздовжня подача, мм/об.

2.7. Одночасне розточування співвісних отворів багаторіцевою борштангою



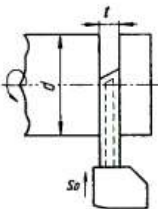
$$T_{осч} = \frac{L_{max}}{n \cdot s_0} \cdot i$$

2.8. Оброблення фасок



$$L = l + l_1$$

2.9. Відрізання



$$L = \frac{d}{2} + l_1 + l_2$$

3. Стругальні та довальні роботи

$$T_{\text{шт}} = \frac{L}{S_{\text{повз}} \cdot n_{\text{повз}}}$$

1) L – довжина заготовки;

2) $S_{\text{повз}}$ – повзна ширинка оброблення, мм;

3) $n_{\text{повз}}$ – швидкість повзучого ходу, мм/хв;

4) L_1 – довжина ходу різця (повзуна) чи стола, мм

$$L = L_1 + l_1 + l_2 + l_3;$$

5) l_1 – довжина ходу стругання чи висота (для довалня) оброблюваної поверхні, мм;

6) l_2 – довжина різця, мм (див. додаток 100);

7) l_3 – довжина різця, мм (див. додаток 100);

8) l_4 – довжина довшина на взяття пробних стружок (використовується в умовах

виробництва дробносерійного виробництва), мм (див. додаток 101);

9) l_5 – довжина різця, мм;

10) l_6 – довжина заготовки, мм;

11) $n_{\text{повз}}$ – швидкість повзучого ходу, мм/хв.

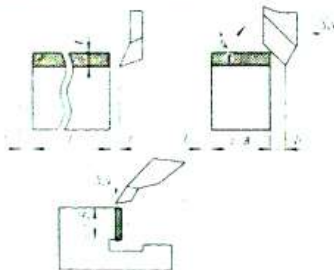
12) $n_{\text{повз}} = \frac{1000 \cdot v}{2 \cdot L}$ – швидкість повзучого ходу повзуна верстата за хвилину, хв⁻¹

$$n_{\text{повз}} = \frac{1000 \cdot v}{2 \cdot L};$$

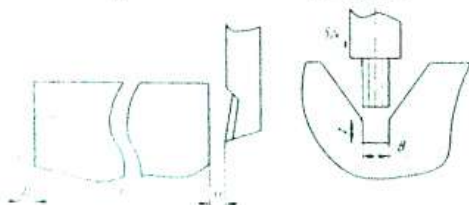
13) v – середня швидкість повзуна верстата, м/хв;

14) L – довжина проходу.

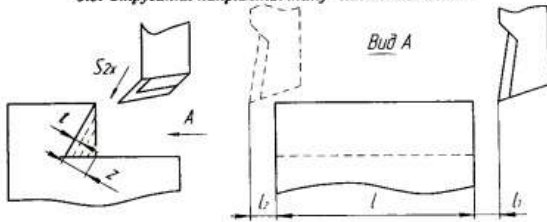
3.1 Стругання пазів на поздовжньо- і поперечно-стругальних і довальних верстатах



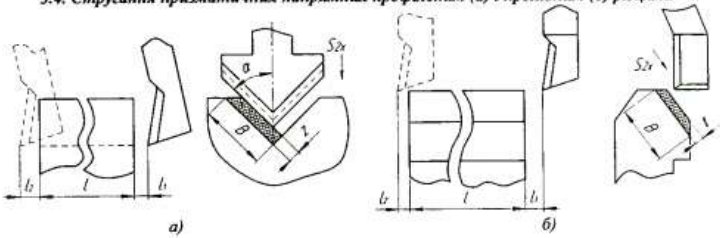
3.2 Стругання пазів і канавок мірним різцем



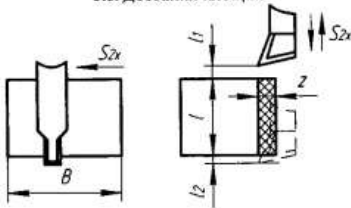
3.3. Стругання напрямних типу "ластівчин хвіст"



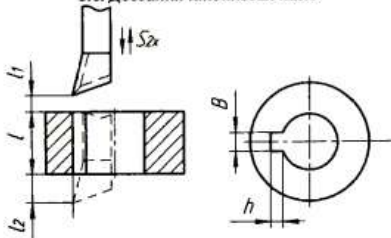
3.4. Стругання призматичних напрямних профільним (а) і прохідним (б) різцями



3.5. Довбання площин



3.6. Довбання шпонкових пазів



4. Свердлильні роботи

$$T_{\text{осн}} = \frac{L}{s_o \cdot n} \cdot i,$$

Основні позначення:

D – діаметр заготовки, мм;

L – довжина ходу інструмента, мм:

$$L = l + l_1 + l_2;$$

l – довжина оброблення, мм;

l_1 – врізання інструмента, мм;

l_2 – перебіг інструмента, мм;

величини l_1 і l_2 при свердлінні наведено у додатку 102; при розсвердлюванні – у додатку 103; при зенкеруванні – у додатку 104; при розвертанні – у додатках 105 і 106;

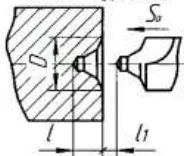
t – глибина різання, мм;

s_o – подача на один оберт шпинделя верстата, мм/об.;

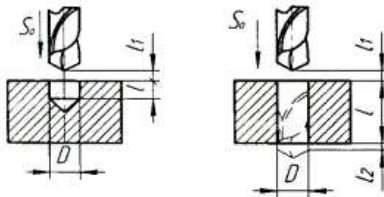
n – частота обертання шпинделя верстата, хв⁻¹;

i – кількість проходів.

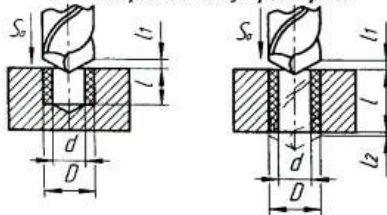
4.1. Центрування



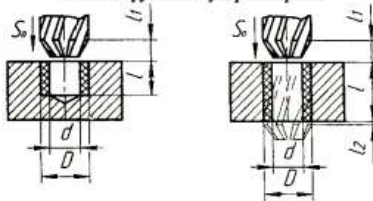
4.2. Свердління в упор і напрохід



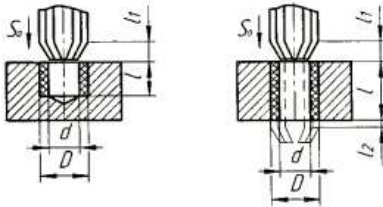
4.3. Розсвердлювання в упор і напрохід



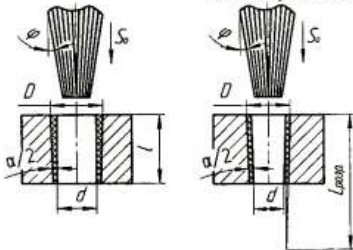
4.4. Зенкерування в упор і напрохід



4.5. Розвертання в упор і напрохід



4.6. Розвертання конічних отворів



$$L = l + l_1;$$

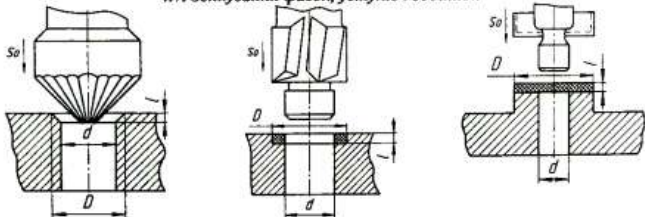
$$l = \frac{D-d}{2 \operatorname{tg} \varphi}; \quad \varphi = \frac{\alpha}{2};$$

$$l_1 = 0,5 \dots 2,0 \text{ мм}$$

$$L = L_{\text{розр}};$$

де $L_{\text{розр}}$ – розрахункова довжина оброблення (див. додаток 106).

4.7. Зенкування фасок, уступів і бобишок



$$L = l + l_1; \quad l_1 = 0,5 \dots 2,0 \text{ мм}$$

5. Фрезерні роботи

$$T_{\text{очн}} = \frac{L}{s_{\text{хв}}} \cdot i.$$

Основні позначення:

B – ширина фрезерування, мм;

L – довжина ходу фрези, мм;

$$L = l + l_1 + l_2;$$

l – довжина оброблення, мм;

l_1 – врізання фрези, мм (див додатки 107 ... 111);

l_2 – перебіг фрези, мм (див додатки 107 ... 111);

t – глибина різання, мм;

$s_{\text{хв}}$ – хвилинна подача столу верстата, мм/хв:

$$s_{\text{хв}} = s_z \cdot z \cdot n$$

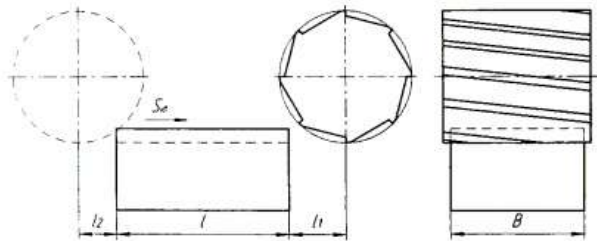
s_z – подача на один зубець фрези, мм/зуб;

z – кількість зубців фрези;

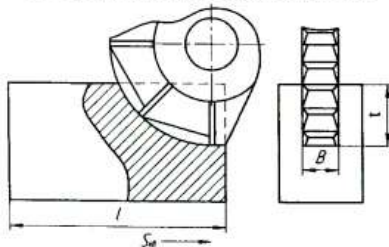
n – частота обертання шпинделя верстата, хв⁻¹;

i – кількість проходів.

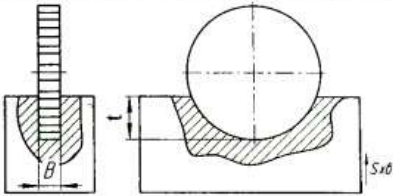
5.1. Фрезерування площини циліндричними, дисковими та фасонними фрезами



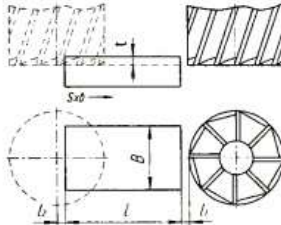
5.2. Фрезерування пазів дисковими фрезами



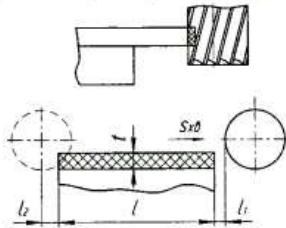
5.3. Фрезерування пазів дисковими фрезами методом врізання



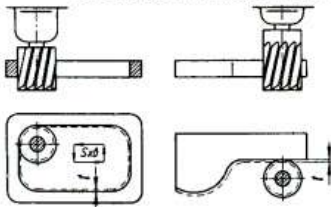
5.4. Фрезерування площин торцевими фрезами



5.5. Фрезерування площин кінцевими (пальцевими) фрезами



5.6. Фрезерування кінцевими фрезами в одхід по контуру чи по копіру



$$L = l + l_1 + l_2$$

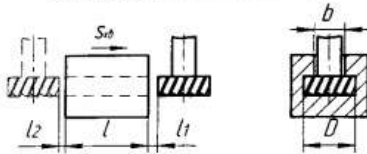
де l – фактична довжина фрезерованого контуру, мм;

$$l_1 = t + (0,5 \dots 2), \text{ мм};$$

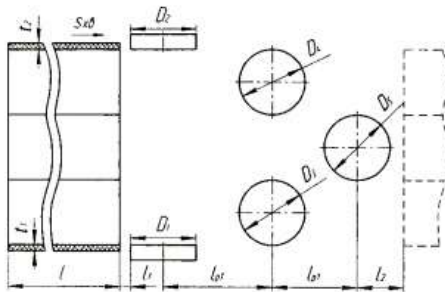
$l_1 = 0$ – при фрезеруванні замкнутого контуру, мм;

$l_1 = 1 \dots 3$ – при фрезеруванні розімкненого контуру, мм.

5.7. Фрезерування T-подібних пазів

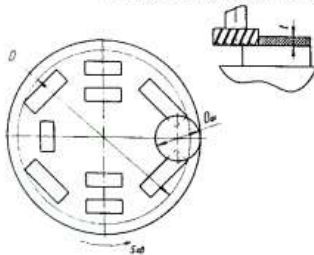


5.8. Багатошпindelне поздовжнє фрезерування на верстатах з вертикальними і горизонтальними шпинделями



$$L = l + l_1 + 0,5 D_1 + l_{p1} + l_{p2} + l_2.$$

5.9. Кругове фрезерування на верстатах безперервної дії



$$L = \frac{\pi D}{Q}$$

середня довжина фрезерування по дузі, мм;

D – діаметр найбільшого кола, описаного по габаритах фрезерованих заготовок, мм;

Q – кількість одночасно фрезерованих заготовок

Фрезерування шпонкових канавок

Прийняті позначення:

h – глибина канавки, мм;

D – діаметр фрези, мм;

l – повна довжина канавки, мм;

$s_{xв.верт}$ – хвилинна вертикальна подача столу верстата, мм/хв.;

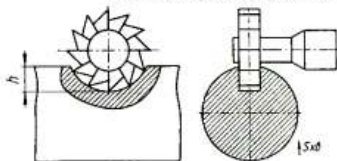
$s_{xв.поззд}$ – хвилинна поздовжня подача столу верстата, мм/хв.;

i – кількість подвійних чи одинарних ходів за хвилину:

$$i = \frac{h}{l}$$

l – заглиблення фрези на кожний подвійний хід (глибина різання), мм.

5.10. Фрезерування сегментних шпонкових канавок

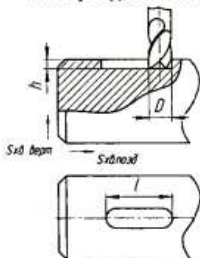


$$T_{осн} = \frac{l + l_1}{s_{xв}}$$

$l = h$ – глибина канавки, мм;

$l_1 = 0,5 \dots 1,0$, мм.

5.11. Фрезерування шпонковими фрезами канавок, закритих з двох боків



фрезерування за один прохід:

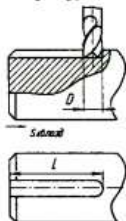
$$T_{осн} = \frac{h + (0,5 \dots 1,0)}{s_{xв.верт}} + \frac{l - D}{s_{xв.поззд}}$$

фрезерування за декілька проходів;

фрезерування на верстатах з маятниковою подачею:

$$T_{осн} = \frac{l - D + (0,5 \dots 1,0)}{s_{xв.поззд}} i$$

5.12. Фрезерування шпонковими фрезами канавок, закритих з одного боку



фрезерування за один прохід:

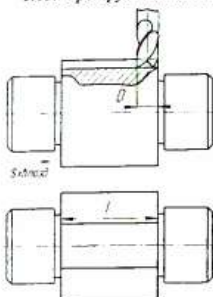
$$T_{осн} = \frac{l + l_1}{s_{xв.поззд}}, \quad l_1 = 0,5 \dots 1,0, \text{ мм}$$

фрезерування за декілька проходів;

фрезерування на верстатах з маятниковою подачею:

$$T_{осн} = \frac{l + l_1}{s_{xв.поззд}} i, \quad l_1 = 0,5 \dots 1,0, \text{ мм}$$

5.13. Фрезерування шпонковими фрезами канавок, відкритих з обох боків



фрезерування за один прохід:

$$T_{осн} = \frac{l + l_1 + l_2}{s_{хв.позд}}$$

$$l_1 = 0,5 D + (0,5 \dots 1,0), \text{ мм}; \quad l_2 = 1,0 \dots 2,0, \text{ мм};$$

фрезерування за декілька проходів;
фрезерування на верстатах з маятниковою подачею:

$$T_{осн} = \frac{l + l_1 + l_2}{s_{хв.позд}} i,$$

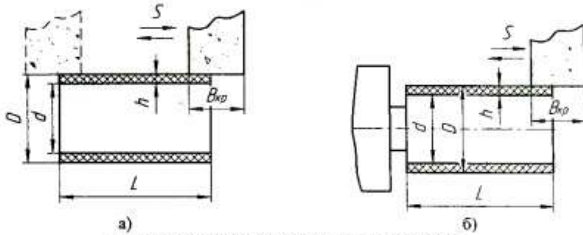
$$l_1 = 0,5 D + (0,5 \dots 1,0), \text{ мм}; \quad l_2 = 1,0 \dots 2,0, \text{ мм}.$$

6. Шліфувальні роботи

Основні позначення:

 $B_{ш}$ – ширина шліфувального круга, мм; $B_{вс}$ – ширина ведучого круга, мм; D – діаметр заготовки, мм; $D_{вср}$ – діаметр ведучого круга при безцентровому шліфуванні, мм; d – діаметр деталі, мм; L – довжина ходу стола чи шліфувального круга, мм; Q – кількість одночасно оброблюваних заготовок; h – припуск на сторону, мм; l – вертикальна чи поперечна подача круга (глибина різання), мм; s – поздовжня чи поперечна подача на подвійний хід заготовки у частках відносно ширини круга, мм; $s_{рад}$ – радіальна подача на оберт заготовки, мм/об; $s_{2х}$ – подача на подвійний хід стола, мм/подв.хід; $n_{заг}$ – частота обертання заготовки, $хв^{-1}$; $n_{ст}$ – частота обертання стола верстата, $хв^{-1}$; $n_{шк}$ – частота обертання шліфувального круга, $хв^{-1}$; $n_{2х}$ – частота подвійних ходів стола верстата, $хв^{-1}$; $n_{2х(шк)}$ – частота подвійних ходів брусків хона, $хв^{-1}$; $n_{вср}$ – кількість обертів заготовки для виведення іскри (шліфування без подачі), у середньому приймають 12 обертів. k – коефіцієнт, який враховує доведення і зношення круга (див. додаток 112); i – кількість проходів; α – кут повороту ведучого круга при безцентровому шліфуванні, градусів; залежно від характеру оброблення для чорнових проходів приймають $\alpha = 3 - 6^\circ$; для чистових проходів – $\alpha = -1,5 - 3^\circ$; η – коефіцієнт, який враховує проковзування між заготовкою і ведучим кругом при безцентровому шліфуванні, приймають залежно від діаметра заготовки таким, що дорівнює 0,85–0,90.

6.1. Зовнішнє кругле шліфування методом поздовжньої подачі на прохід (а) і в упор (б)



а) при поперечній подачі круга на подвійний хід:

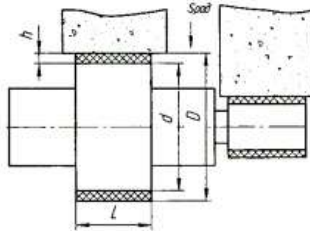
$$T_{осн} = \frac{2L \cdot h}{B \cdot s \cdot n_{заг} \cdot t} k;$$

при поперечній подачі круга на одинарний хід:

$$T_{осн} = \frac{L \cdot h}{B \cdot s \cdot n_{заг} \cdot t} k;$$

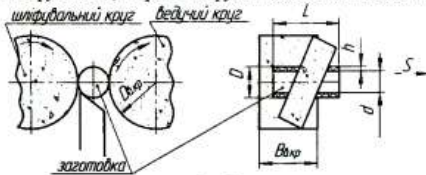
довжина ходу L вибирається за додатком 113.

6.2. Зовнішнє кругле шліфування методом поперечної подачі врізання



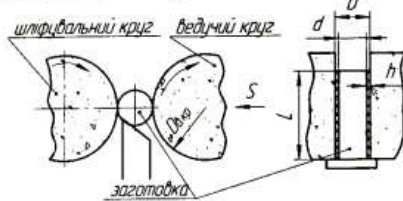
$$T_{осн} = \frac{L}{s_{рад} \cdot n_{заг}} k; \quad L = h = \frac{D-d}{2}$$

6.3. Зовнішнє кругле безцентрове шліфування методом поздовжньої подачі



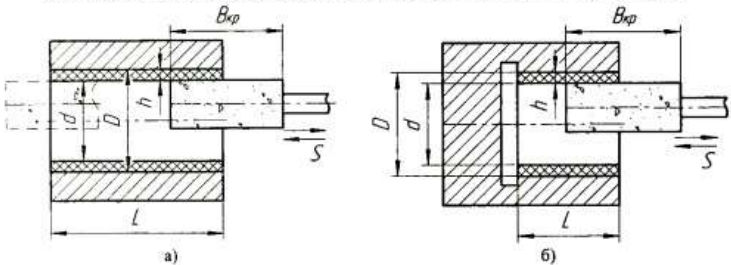
$$T_{осн} = \frac{L + B_{в,кр}}{s} i \cdot k$$

6.4. Зовнішнє кругле безцентрове шліфування методом поперечної подачі (врізання)



$$T_{осн} = \frac{d}{n_{кр} \cdot D_{кр} \cdot \eta} \cdot \left(\frac{h}{s} + n_{кр} \right) \cdot k$$

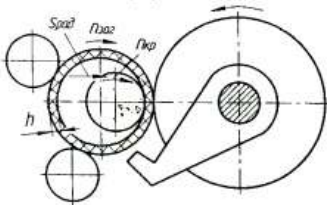
6.5. Шліфування отворів методом поздовжньої подачі: наскрізних (а) й в упор (б)



$$T_{осн} = \frac{2 L \cdot h}{B \cdot s \cdot n_{заг} \cdot t} k;$$

довжина ходу L вибирається за додатком 114.

6.6. Внутрішнє шліфування на безцентрово-шліфувальних верстатах

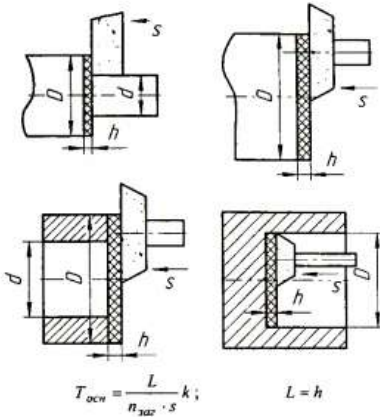


$$T_{осн} = \frac{h}{n_{2кр} \cdot s_{рад}} k,$$

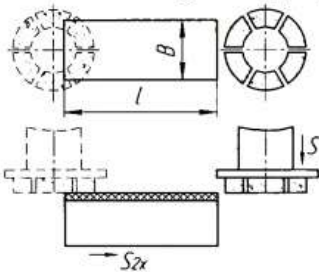
де $n_{2кр}$ – частота подвійних ходів круга за хвилину, хв.⁻¹;

$s_{рад}$ – радіальна подача круга на подвійний хід, мм/подв.хід.

6.7. Шліфування торців методом поперечної подачі (врізання)



6.8. Пласке шліфування торцем круга на верстаках з прямокутним столом



$$T_{осн} = \frac{L}{n_{2x} \cdot S_{2x} \cdot Q} \frac{h}{t} k,$$

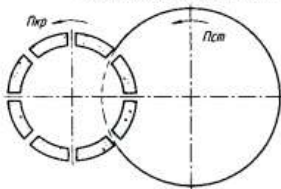
$$L = l + D_{кр} + 10, \text{ мм,}$$

де l – довжина оброблення, мм;

$D_{кр}$ – діаметр круга, мм;

$v_{см}$ – швидкість поздовжнього ходу стола, м/хв.

6.9. Пласке шліфування торцем круга на верстаках з круглим столом



$$T_{осн} = \frac{h}{n_{см} \cdot t \cdot Q} k,$$

де $n_{см}$ – частота обертання стола, хв^{-1} ;

t – глибина різання (вертикальна подача круга за один оберт стола верстака), мм.

6.10. Пласке шліфування периферією круга на верстатах з прямокутним столом

$$T_{осн} = \frac{H}{B \cdot n_{кр} \cdot s} \cdot \frac{h}{t} \cdot k,$$

де H – розрахункова ширина шліфування, мм:

$$H = b + B + 10,$$

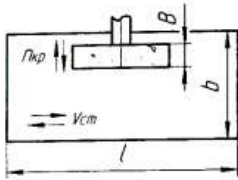
b – ширина шліфування, мм;

$n_{кр}$ – частота обертання круга за хвилину: при подачі на одинарний хід $n_{кр} = v_{см} / L$; при подачі на подвійний хід $n_{кр} = v_{см} / 2L$;

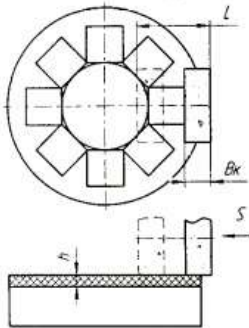
$$L = l + 20 \text{ мм};$$

$v_{см}$ – швидкість поздовжнього ходу стола, м/хв;

l – довжина шліфування, мм.



6.11. Пласке шліфування периферією круга на верстатах з круглим столом



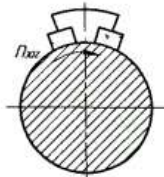
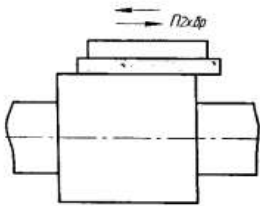
$$T_{осн} = \frac{L}{B \cdot n_{зад} \cdot s \cdot Q} \cdot \frac{h}{t} \cdot k,$$

де L_1 – довжина ходу круга, мм:

$$L = l + B + 10,$$

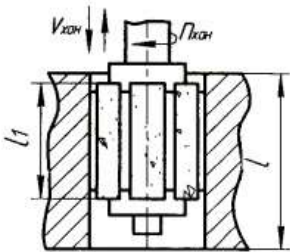
l – максимальна довжина оброблення, мм.

6.12. Суперфінішування



Тривалість оброблення у межах
0,2 ... 0,5 хв.

6.13. Хонігування отворів



$$T_{осн} = \frac{n \cdot 2L}{1000 v_{хон}},$$

де n – кількість ходів хона, які необхідні для зняття припуску;

L – довжина хона, мм:

$$L = l + 2b - l_1;$$

l – довжина отвору, мм;

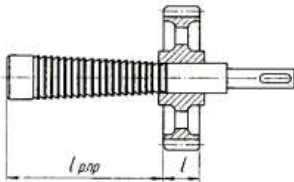
$2b$ – величина перебіга, яка рівна 15 ... 25 мм на сторону;

l_1 – довжина хонінгувальних брусків, мм;

$v_{хон}$ – швидкість зворотно-поступового руху хона, м/хв.

7. Протягувальні роботи

7.1. Протягування отворів



$$T_{осн} = \left(\frac{L}{1000 v_{пр}} + \frac{L}{1000 v_{доп}} \right) \cdot i,$$

де L – розрахункова довжина робочого ходу протяжки, мм:

$$L = l_{р.пр} + l + l_1$$

$l_{р.пр}$ – робоча довжина протяжки, мм;

l – довжина поверхні деталі, яка підлягає протягуванню, мм;

$l_1 = 5 \dots 10$ мм;

$v_{пр}$ – швидкість протягування (швидкість руху повзуна), м/хв;

$v_{доп}$ – швидкість допоміжного руху протяжки (допоміжна швидкість руху повзуна), м/хв.

Довжину протяжки необхідно визначати за формулами, наведеними у [12, 33, 56 тощо].

У тому випадку, коли довжина протяжки невідома, основний час можна визначати за формулою:

$$T_{осн} = \frac{h \cdot l \cdot \eta \cdot k}{1000 v \cdot s_z \cdot z},$$

де h – припуск на сторону, мм;

l – довжина поверхні деталі, яка підлягає протягуванню, мм;

η – коефіцієнт, який враховує довжину калібрувальної частини; зазвичай у нормальних протяжках $\eta = 1,17 \dots 1,25$; за відсутності калібрувальної частини $\eta = 1,0$;

k – коефіцієнт, який враховує зворотній хід верстата; для більшості верстатів $k = 1,14 \dots 1,50$;

v – швидкість різання (робочого ходу), м/хв;

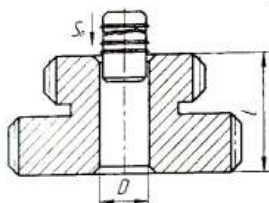
s_z – подача на один зубець протяжки, мм;

z – кількість зубців протяжки, які одночасно перебувають у процесі різання:

$$z = \frac{l}{t};$$

t – крок зубців протяжки, мм.

7.2. Калібрування отворів прошиванням



$$T_{\text{осн}} = \frac{L}{1000 v_{\text{пр}}}$$

$$L = l_{\text{пр}} + l_1$$

де $l_1 = 30 \dots 50$ мм;

$v_{\text{пр}}$ – швидкість прошивання (швидкість руху повзуна), м/хв;

8. Різеоброблювальні роботи

Основні позначення:

L – довжина ходу інструмента, мм:

$$L = l + l_1 + l_2;$$

l – довжина оброблення, мм;

l_1 – врізання інструмента, мм (для різців – див. додаток 99; для інших інструментів – див. додаток 115);

l_2 – перебіг інструмента, мм (для різців – див. додаток 99; для інших інструментів – див. додаток 115);

d – діаметр різи, мм;

t – глибина різання, мм;

$n_{\text{шп}}$ – частота обертання шпинделя верстата, хв^{-1} ;

$n_{\text{шп.доп}}$ – частота обертання шпинделя верстата при допоміжному (зворотньому) ході, хв^{-1} ;

s_o – подача на оберт шпинделя, мм/об.:

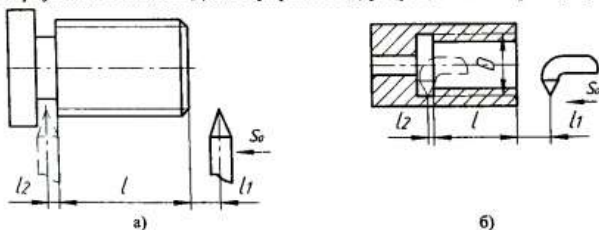
$$s_o = p;$$

p – крок різи, мм;

g – кількість заходів різи;

i – кількість проходів при обробленні; приймається відповідно до рекомендацій щодо призначення режимів різання [22, 38, 43, 48, 59 (т. 2), тощо].

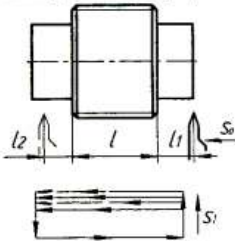
8.1. Нарізування зовнішньої (а) та внутрішньої (б) різи різцем на токарному верстаті.



$$T_{\text{осн}} = \left(\frac{L}{n_{\text{шп}} \cdot s_o} + \frac{L}{n_{\text{шп.доп}} \cdot s_o} \right) \cdot i \cdot g.$$

Під час нарізування різи за допомогою гребінки, величину врізання l_1 необхідно збільшувати на довжину її різальної частини.

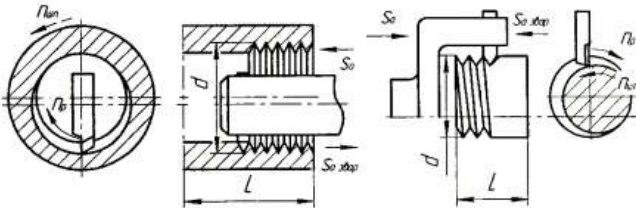
8.2. Нарізування різі різцем на токарному верстаті за напівавтоматичним циклом



$$T_{\text{осн}} = \frac{l + l_1 + l_2}{s_o \cdot n_{\text{штп}}} i \cdot k,$$

де $l_1 = 1-2$ кроки нарізуваної різі – врізання різця, мм;
 $l_2 = 0,5-2$ кроки нарізуваної різі – перебіг різця, мм;
 k – коефіцієнт, який враховує час на зворотний (холостий) хід каретки супорта (час на автоматичне переміщення каретки супорта у вихідне положення перед початком кожного проходу; зазвичай $k \approx 1,5$).

8.3. Вихрове нарізування різі (нарізання різі обертвою головкою)

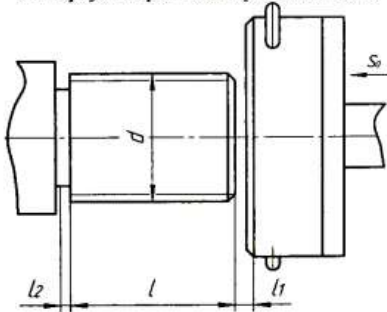


$$T_{\text{осн}} = \frac{L}{n \cdot s_o} i;$$

$$n = \frac{s_o \cdot n_p \cdot z}{\pi \cdot d},$$

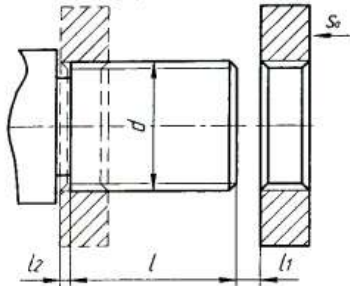
n_p – частота обертання різця головки, хв.⁻¹;
 z – кількість різців головки.

8.4. Нарізування різі самовідкривною головкою



$$T_{\text{осн}} = \frac{L}{n \cdot s_o} i$$

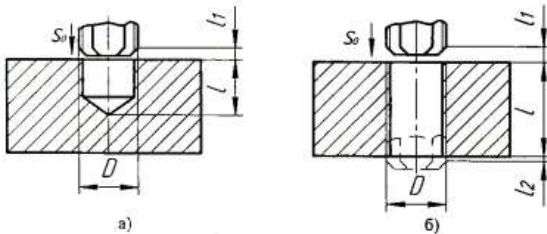
8.5. Нарізування різі плашкою



$$T_{\text{осн}} = \left(\frac{L}{n_{\text{шп}} \cdot S_0} + \frac{L}{n_{\text{шп.доп}} \cdot S_0} \right) \cdot i;$$

i – кількість плашок у комплекті.

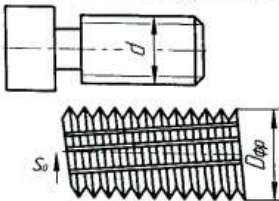
8.6. Нарізування різі машинними мітчиками у глухих (а) та наскрізних (б) отворах



$$T_{\text{осн}} = \left(\frac{L}{n_{\text{шп}} \cdot S_0} + \frac{L}{n_{\text{шп.доп}} \cdot S_0} \right) \cdot i;$$

i – кількість мітчиків у комплекті.

8.7. Фрезерування різі гребінчастою (груповою) різевою фрезою



$$T_{\text{осн}} = \frac{1,2 \pi d}{s_{\text{хв}}},$$

де $1,2$ – коефіцієнт, який враховує врізання фрези;
 $s_{\text{хв}}$ – хвилинна подача фрези по розгортці різі,
 мм/хв:

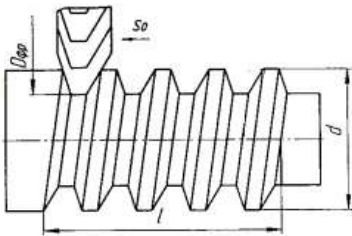
$$s_{\text{хв}} = s_z \cdot z \cdot n_{\text{фр}};$$

s_z – подача на зубець фрези, мм/зуб.;

z – кількість зубців фрези;

$n_{\text{фр}}$ – частота обертання фрези, хв⁻¹.

8.8. Фрезерування різі дисковою фрезою



$$T_{осн} = \frac{l}{n_{нар} \cdot s_o} i \cdot g,$$

$$n_{нар} = \frac{s_{тв} \cdot \cos \alpha}{\pi d_2},$$

де $n_{нар}$ – частота обертання заготовки, хв^{-1} ;
 $s_{тв}$ – хвилинна подача фрези по розгортці різі, мм/хв ;

$$s_{тв} = s_z \cdot z \cdot n_{фр};$$

s_z – подача на зубець фрези, мм/зуб ;

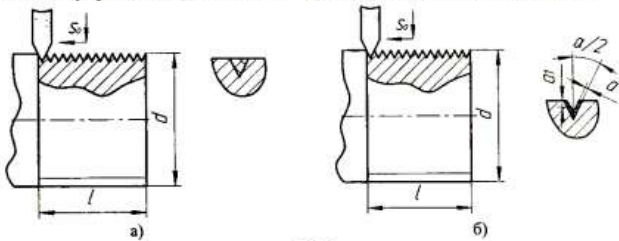
z – кількість зубців фрези;

$n_{фр}$ – частота обертання фрези, хв^{-1} ;

α – кут нахилу витків різі до осі деталі, $^\circ$;

d_2 – середній діаметр різі, мм .

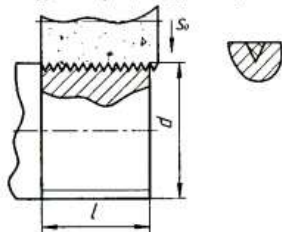
8.9. Однопрофільне шліфування різі (шліфування різі одионитковим кругом)



$$T_{осн} = \frac{1,3 l}{n_{шлп} \cdot s_o} i,$$

де 1,3 – коефіцієнт, який враховує врізання круга та інші допоміжні ходи.

8.10. Багатпрофільне шліфування різі (шліфування різі багатонитковим кругом)



$$T_{осн} = \frac{1,5 l}{n_{дет}}$$

9. Зубооброблювальні роботи

Основні позначення:

B – ширина циліндричного зубчастого колеса чи довжина нарізаного зубця конічного зубчастого колеса;

m – модуль оброблюваного колеса;

z – кількість зубців колеса;

h – висота зубця чи глибина западини між зубцями, мм;

β – кут підйому спіралі, °;

Q – кількість одночасно оброблюваних заготовок;

$D_{фр}$ – діаметр фрези, мм;

L – довжина ходу інструмента, мм:

$$L = l + l_1 + l_2;$$

l – довжина оброблення, мм;

l_1 – врізання інструмента, мм (див. додатки 116 ... 119 для різних інструментів);

l_2 – перебіг інструмента, мм (див. додатки 116 ... 119 для різних інструментів);

t – глибина різання, мм;

$n_{шп}$ – частота обертання шпинделя верстата, хв⁻¹;

n_{2z} – частота подвійних ходів інструмента, хв⁻¹;

$s_{ш}$ – хвилинна подача, мм/хв;

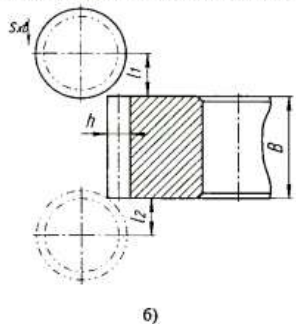
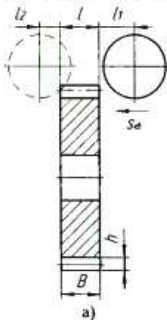
s_{2z} – подача на подвійний хід інструмента, мм/подв.хід;

s_0 – подача на оберт шпинделя, мм/об.;

q – кількість заходів шнекової фрези;

t – кількість проходів.

9.1. Фрезерування циліндричних коліс дисковими модульними (а) та шнековими (б) фрезами.



$$T_{осн} = \frac{L \cdot z}{s_{ш} \cdot Q} i;$$

для оброблення прямозубих коліс:

$$L = B_{\Sigma} + l_1 + l_2$$

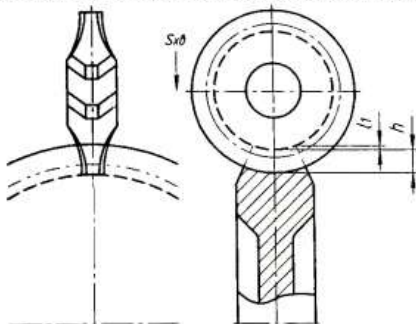
для оброблення косозубих коліс:

$$L = \frac{B_{\Sigma}}{\cos \beta} + l_1 + l_2$$

B_{Σ} – загальна ширина усіх оброблюваних заготовок;

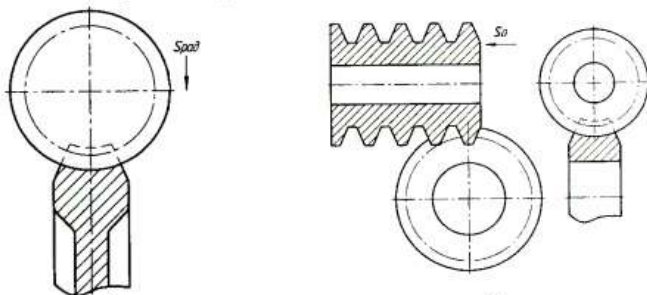
β – кут нахилу зубців косозубого колеса, °.

9.2. Фрезерування шнекових коліс дисковою модульною фрезою



$$T_{осн} = \frac{L \cdot z}{s_{x\theta} \cdot Q}; \quad L = h + l_1, \text{ мм} \quad h = 2,2 m, \text{ мм}; \quad l_1 = 0,55 m, \text{ мм}$$

9.3. Фрезерування шнекових коліс шнековими фрезами методами радіальної (а) та тангенціальної (б) подачі



$$T_{осн} = \frac{L \cdot z}{n_{шп} \cdot s_{рад} \cdot q},$$

$$L = 3mz,$$

де $3m$ – повна довжина шляху фрези у радіальному напрямку (загальна довжина проходу фрези на один зубець, з врахуванням врізання і перебігу), мм.

$$T_{осн} = \frac{L \cdot z}{n_{шп} \cdot s_{\theta} \cdot q},$$

$$L = 3mz\sqrt{z},$$

де $3m\sqrt{z}$ – повна довжина шляху фрези у тангенціальному напрямку (загальна довжина проходу фрези на один зубець, з врахуванням врізання і перебігу), мм.

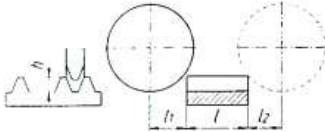
9.4. Нарізування зубців на рейці

оброблення на горизонтально-фрезерному верстаті:

$$T_{осн} = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot z}{S_{хв}}$$

оброблення на рейково-фрезерному верстаті:

$$T_{осн} = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot z}{S_{хв}} + \frac{(l+l_1+l_2) \cdot z}{S_{хв,звор}} = \frac{\tau_{звор} \cdot z}{m}$$



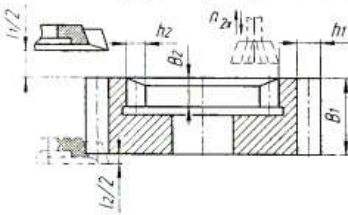
де l – довжина нарізаного зубця, мм;
значення l_1 і l_2 приймаються за додатком 107;
 z – кількість зубців рейки;

$S_{хв,звор}$ – швидкість зворотного ходу фрези, мм/хв.;

$\tau_{звор}$ – час на повернення фрези у вихідне положення і пересування рейки на один крок, хв.

За одночасного нарізування кількох рейок величина l повинна відповідати сумарній ширині усіх рейок, а отриманий час необхідно розділити на кількість одночасно оброблюваних заготовок.

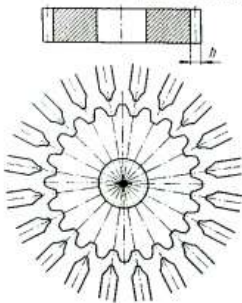
9.5. Нарізування циліндричних коліс дисковим зубонарізувальним довбачем



$$T_{осн} = \frac{L}{n_{2x} \cdot S_{2x}} \cdot i,$$

$$L = B + l_1 + l_2$$

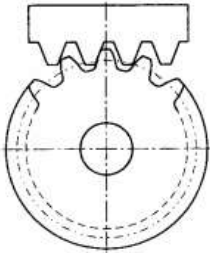
9.6. Нарізування циліндричних коліс дисковим багаторізевою головною зубодовбальному верстаті моделі типу 5110



$$T_{осн} = \frac{h}{S_{рад} \cdot n_{подв.х}}$$

де $S_{рад}$ – радіальна подача на глибину нарізуваної западини за подвійний хід заготовки, мм/подв.хід;

9.7. Нарізування циліндричних коліс гребінкою



$$T_{осн} = \pi \cdot m \cdot z_1 \left(\frac{1}{n_{2x} \cdot s_{2x}} + \frac{1}{s_{хв звор}} \right) + 0,012 \cdot z_1,$$

де $s_{подв.х}$ – подача за один подвійний хід, мм/подв.х;
 $s_{хв звор}$ – швидкість зворотного ходу зубчастого колеса, мм/хв.;
 $n_{подв.х}$ – кількість подвійних ходів гребінки:

$$n = \frac{1000 v}{\pi \cdot H}; \quad H = B + l_1 + l_2;$$

$l_1 + l_2$ – перебіг і врізання гребінки в обидва боки, мм
(див додаток 118);

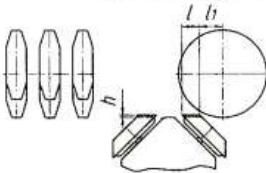
0,012 – час на подвійне перемикання ходів, хв;

z_1 – розрахункова кількість зубців (див. табл.).

Кількість зубців нарізованого колеса	7 ... 11	12 ... 18	19 ... 26	27 ... 36	37 ... 48	49 ... 80	81 ... 120	121 ... 172	173 ... 220
Розрахункова кількість зубців z_1	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0	8,0

9.8. Попереднє нарізування прямозубих кінцевих коліс

дисковими модульними фрезами на багатошпиндельних верстатах



$$T_{осн} = \frac{[(2l + (10 \dots 15)) + l_1 + l_2]}{n_{шпн} \cdot s_{хв}} + \frac{t_{звор} \cdot r \cdot z}{Q},$$

де m – кількість одночасно нарізуваних коліс;

$t_{звор}$ – час на швидке відведення фрези у вихідне
положення і поворот заготовки, хв.

Значення l_1 і l_2 приймаються за додатком 107.

9.9. Стругання прямозубих кінцевих коліс на зубстругальних верстатах.

$$T_{осн} = r_z \cdot z \cdot i,$$

де r_z – час стругання одного зубця, хв:

$$r_z = \frac{n_{2x,z}}{n_{2x}};$$

$n_{2x,z}$ – кількість подвійних ходів для оброблення одного
зубця;

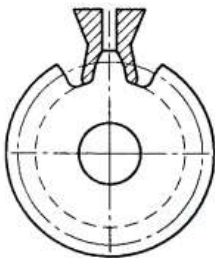
$$n_{2x} = \frac{1000 v}{2L};$$

L – довжина ходу різця, мм:

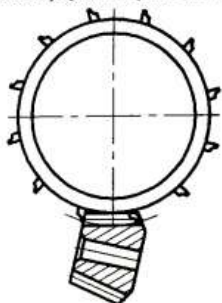
$$L = l + l_1 + l_2;$$

l – довжина зубця, мм;

$l_1 + l_2$ – перебіг і врізання різців в обидва боки, мм
(див додаток 119).



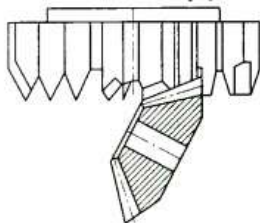
9.10. Нарізування прямозубих конічних коліс методом кругового протягування



$$T_{\text{осн}} = \tau_z \cdot z,$$

де τ_z – час оброблення одного зубця, хв.

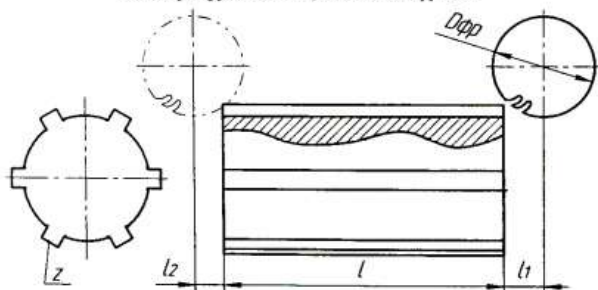
9.11. Нарізування спіральнзубих конічних коліс



$$T_{\text{осн}} = \tau_z \cdot z,$$

де τ_z – час оброблення одного зубця, хв.

9.12. Фрезерування шліців шнековою фрезею

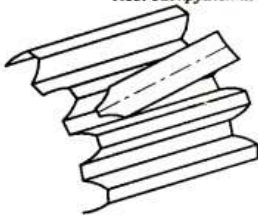


$$T_{\text{осн}} = \frac{L \cdot z}{n_{\text{шп}} \cdot s_{\text{ш}}} i, \quad L = l_1 + l_2,$$

z – кількість шліців вала;

$l_1 + l_2$ – перебіг і врізання різців в обидва боки, мм (див. додаток 117).

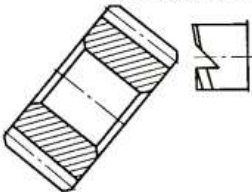
9.13. Закруглення торців зубців пальцевою фрезою



$$T_{осн} = \tau_z \cdot z,$$

де τ_z – час оброблення одного зубця, хв.

9.14. Закруглення торців зубців чашковою фрезою



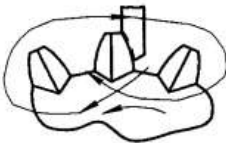
$$T_{осн} = \tau_z \cdot z,$$

де τ_z – час оброблення одного зубця, хв.

9.15. Закруглення торців зубців різцем

$$T_{осн} = \frac{n \cdot z}{720},$$

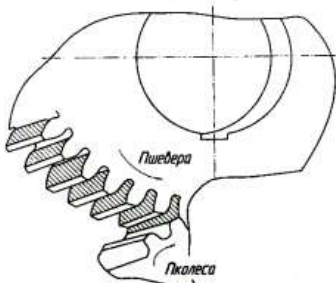
де 720 – постійна кількість обертів шпинделя, хв^{-1} ;
 n – кількість обертів заготовки, хв^{-1} ;



Модуль m , мм	1 ... 2	3 ... 4	5 ... 6
Кількість обертів заготовки n , хв^{-1}	3 ... 4	5 ... 8	8 ... 12

Примітка. Більшу кількість обертів брати для матеріалу з більшою твердістю.

9.16. Шевінгування циліндричних коліс дисковим шевером



$$T_{осн} = \frac{L}{s_{ш}} \cdot i,$$

$$L = B + 10, \text{ мм}$$

$$s_{ш} = \frac{s_z \cdot z_{ш} \cdot n_{шп}}{z_k}, \text{ мм/хв}$$

де B – довжина шевінгованого зубця, мм;
 s_z – подача на один зубець шевєра, мм;
 $z_{ш}$ – кількість зубців по колу шевєра.

9.17. Шліфування циліндричних коліс фасонним дисковим кругом на верстатах, які працюють методом копіювання

$$T_{осн} = \left(\frac{i_1}{n_{2x1}} + \frac{i_2}{n_{2x2}} + \frac{i_3}{n_{2x3}} \right) \cdot z,$$

де i_1, i_2, i_3 – кількість проходів (відповідно чорнових, профілювальних і чистових);

$$\tau_z = \frac{n_{2xz}}{n_{2x}};$$

$n_{2x1}, n_{2x2}, n_{2x3}$ – кількість подвійних ходів стола xv^{-1} (відповідно при чорнових, профілювальних і чистових проходах) з урахуванням часу, який витрачається на ділення;

$$n_{2x1} = n_{2x2} = n_{2x3} = \frac{1000 v_{cm}}{2L}$$

$$n_{2x} = \frac{1000 v}{2L \cdot k};$$

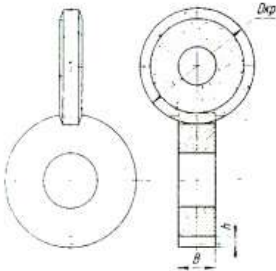
v_{cm} – швидкість поступово-зворотного руху стола, м/хв;

L – довжина ходу стола, мм:

$$L = B + \sqrt{h(D_{кр} - h) + 10};$$

$k = 1,3 \dots 1,5$ – коефіцієнт, який враховує час ділення; мм;

$D_{кр}$ – діаметр шліфувального круга, мм.



9.18. Шліфування циліндричних коліс двома тарільчастими кругами на верстатах, які працюють методом обкочування

$$T_{осн} = \left[\frac{L}{n_{обк}} \left(\frac{i_1}{s_{под.1}} + \frac{i_2}{s_{под.2}} + i_1 \tau_1 + 2 i_2 \tau_2 \right) \right] \cdot z,$$

де L – довжина ходу стола, мм:

$$L = B + 2 \sqrt{h(D_{кр} - h) + 5};$$

$D_{кр}$ – діаметр шліфувального круга, мм;

i_1, i_2 – кількість проходів (відповідно чорнових і чистових);

$$\tau_z = \frac{n_{2xz}}{n_{2x}};$$

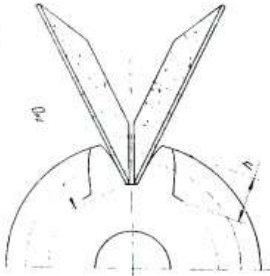
$s_{под.1}, s_{под.2}$ – поздовжня подача на одне обкочування (відповідно при чорновому і чистовому шліфуванні);

$n_{обк}$ – кількість обкочувань за хвилину, xv^{-1} ;

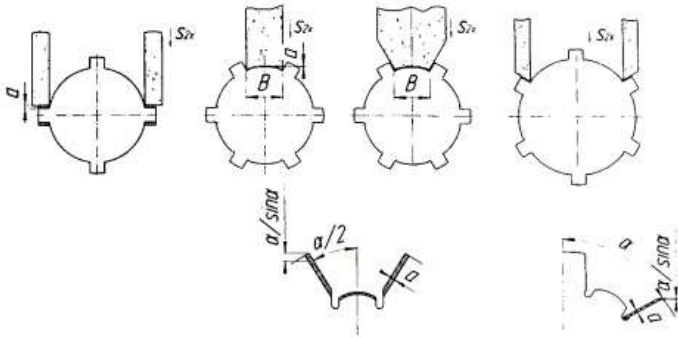
v_{cm} – швидкість поступово-зворотного руху стола, м/хв;

$\tau_1 = 0,02 \dots 0,03$ хв – час на перемикання і ділення для чорнового шліфування;

$\tau_2 = 0,015 \dots 0,02$ хв – час на перемикання і ділення для чистового шліфування.



9.19. Шліфування шліцьових валів

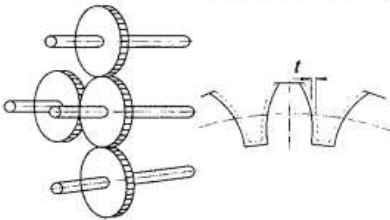


$$T_{\text{осн}} = \frac{2L \cdot z}{1000 v} \cdot i, \quad L = l + l_1 + l_2; \quad i = \frac{a}{s_{2x} \cdot \sin \alpha}$$

v – швидкість руху стола (швидкість різання), м/хв.

Величини врізання l_1 та перебігу l_2 наведено у додатку 120.

9.20. Притирання зубців циліндричних коліс



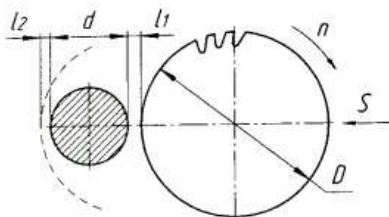
$$T_{\text{осн}} = \tau \cdot t,$$

де τ – середня тривалість притирання на 0,01 мм припуску по товщині зубця, хв;

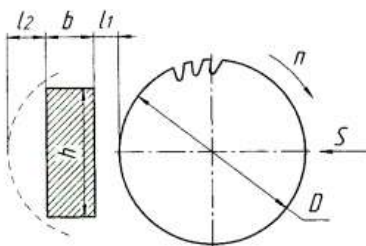
t – припуск по товщині зубця, 10^{-2} мм.

Врізання та перебіг круглої пили при розрізуванні

1. Розрізання дисковою пилою матеріалу круглого перерізу по одному прутку

Врізання l_1 , мм: 2 ... 3Перебіг l_2 , мм: 3 ... 10

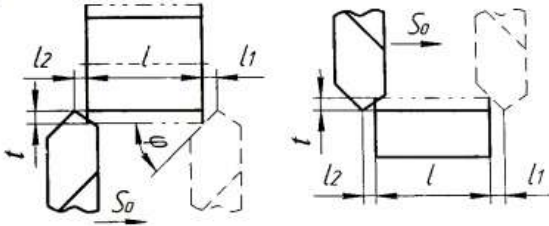
2. Розрізання дисковою пилою матеріалу прямокутного перерізу



Діаметр пили D , мм	Висота розрізуваного матеріалу h , мм, до:								Перебіг l_2 , мм
	25	50	75	100	150	200	350	500	
	Врізання l_1 , мм								
275	6	8	11	15	27	48	---	---	3
350	6	7	9	13	22	37	---	---	3
510	6	7	8	10	17	26	75	---	5
710	---	6	7	9	13	21	51	---	5
1010	---	6	7	8	10	15	36	71	5
1430	---	---	---	6	9	12	28	50	10
2000	---	---	---	6	8	10	21	37	10

Врізання та перебіг під час роботи токарними різцями

1. Прохідні та розточувальні різці.



$$l_1 = \frac{t}{\operatorname{tg} \varphi} + (0,5 \dots 2,0)$$

Глибина різання t , мм, до:	Головний кут у плані φ							Перебіг l_2 , мм
	10	15	20	30	45	60	75	
	Врізання l_1 , мм							
1	7	5	4	3	3	2	2	1
2	13	9	7	5	4	3	3	1
3	19	13	10	7	5	3	3	2
4	24	16	13	9	6	5	3	2
5	30	20	15	10	7	5	3	2
6	36	24	19	12	8	6	4	2
7	42	28	21	14	9	6	4	2
8	47	32	24	16	10	7	4	3
9	53	36	27	18	11	7	4	3
10	59	39	29	19	12	8	5	3
11	---	---	32	21	13	8	5	3

Глибина різання t , мм, до:	Головний кут у плані φ					Перебіг l_2 , мм
	20	30	45	60	75	
	Врізання l_1 , мм					
12	35	23	14	9	5	3
13	38	25	15	10	6	3
14	40	26	16	10	6	3
15	43	28	17	11	6	3
16	---	30	18	11	6	3
17	---	31	19	12	7	3
18	---	33	20	12	7	3
19	---	35	21	13	7	3
20	---	36	22	13	7	3
25	---	45	27	16	9	5
30	---	54	32	19	10	-

Примітка. При обробленні прохідними та розточувальними різцями до упору, уступу, хомутика (головний кут у плані $\varphi = 0^\circ$) $l_2 = 0$.

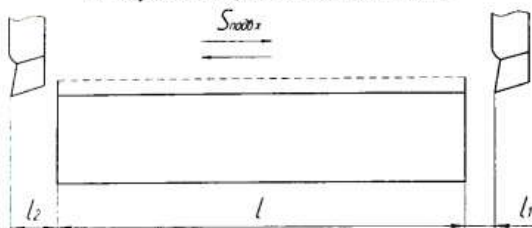
2. **Різенарізувальні різці:** сумарна величина врізання і перебігу при нарізуванні наскрізної різі – 2...3 кроки різі; при нарізуванні різі в упор – 1–2 кроки різі.

3. **Підрізні різці:** сумарна величина врізання і перебігу дорівнює 3–5 мм.

4. **Прорізні різці:** сумарна величина врізання і перебігу дорівнює 2–3 мм.

5. **Відрізні різці:** сумарна величина врізання і перебігу дорівнює 1–5 мм.

Перебіг і врізання різця чи деталі (стола) в обидві сторони за площину оброблення у напрямку головного руху при роботі на верстатах із зворотно-поступовим головним рухом



Поздовжньо-стругальні верстати

Довжина стругання l , мм	Перебіг і врізання l_1+l_2 , мм
до 2 000	200
понад 2 000 до 4 000	200 ... 325
понад 4 000 до 6 000	330 ... 375
понад 6 000 до 10 000	390 ... 475

Поперечно-стругальні та довбальні верстати

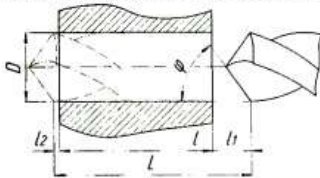
Довжина стругання (довбання) l , мм	Перебіг і врізання l_1+l_2 , мм
до 100	35
понад 100 до 200	50
понад 200 до 300	60
понад 300	75

Додаткова довжина l_2 на взятті пробних стружок

Вимірний інструмент	Вимірюваний розмір, мм	Додаткова довжина l_2 , мм
Лінійка	---	5
Нутромір	---	5
Штангенциркуль	---	5
Глибиномір	---	5
Мікрометр	до 250	5
	понад 250	8
Мікрометричний нутромір	до 1 000	5
	до 2 000	10
	до 3 000	15
Скоба	до 250	5
	понад 250	8
Пробка	---	5
Шаблон	---	5
У разі роботи за розміткою – для кінцевого встановлення по рисці	---	2

Беручи дві пробні стружки, вказані у таблиці значення подвоюють.

Врізання і перебіг свердел з одинарним загостренням під час свердління



$$l_1 = \frac{D}{2} \operatorname{ctg} \varphi, \text{ мм}$$

Діаметр свердла, мм, до	Оброблюваний матеріал				Перебіг при свердлінні на прохід l_2 , мм
	Сталь, чавун, бронза тверда	Мідь	Латунь, бронза м'яка	Алюміній, дюралюміній, силумін, бабіт	
	Кут при вершині 2φ				
	116-118°	125°	130°	140°	
	Врізання l_1 , мм				
	$l_1 \approx 0,31 D$	$l_1 \approx 0,26 D$	$l_1 \approx 0,23 D$	$l_1 \approx 0,18 D$	
2	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5
3	0,9	0,8	0,7	0,5	0,5
4	1,2	1,0	0,9	0,7	1,0
5	1,5	1,3	1,2	0,9	1,0
6	1,9	1,6	1,4	1,1	1,0
8	2,5	2,1	1,8	1,4	1,0
10	3,1	2,6	2,3	1,8	1,5
15	4,6	3,9	3,5	2,7	1,5
20	6,2	5,2	4,6	3,6	2,0
25	7,7	6,5	5,8	4,5	2,0
30	9,7	8,1	7,2	5,6	2,5
35	10,9	9,1	8,1	6,3	2,5
40	12,4	10,4	9,2	7,2	3,0
45	14,0	11,7	10,3	8,1	3,0
50	15,5	13,0	11,5	9,0	3,0
55	17,0	14,5	12,7	9,9	3,0
60	18,6	15,6	13,8	10,8	3,0

При свердлінні глухих отворів перебіг $l_2 = 0$.

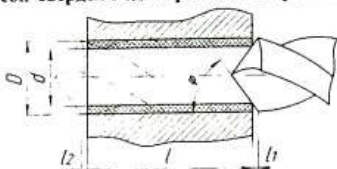
Врізання і перебіг свердел з подвійним загостренням



Врізання l_1 при $2\varphi = 116^\circ$ дорівнює $0,4 D$, мм.

Перебіг l_2 і підхід до оброблюваної поверхні – див. у таблиці.

Врізання і перебіг свердел з одинарним загостренням під час розсвердлювання



$$l_1 = \frac{D-d}{2} \operatorname{ctg} \varphi, \text{ мм}$$

Глибина рїзання $t = \frac{D-d}{2}$ мм, до	Оброблюваний матеріал				Перебіг при розсвердлюванні на прохід l_2 , мм
	Сталь, чавун, бронза тверда	Мідь	Латунь, бронза м'яка	Алюміній, дюралюміній, силумін, бабіт	
	Кут при вершині 2φ				
	116-118°	125°	130°	140°	
	Врізання l_1 , мм				
	$l_1 \approx 0,61 t$	$l_1 \approx 0,52 t$	$l_1 \approx 0,47 t$	$l_1 \approx 0,36 t$	
2	1,2	1,0	0,9	0,7	1,0
3	1,8	1,6	1,4	1,1	1,0
4	2,4	2,1	1,9	1,4	1,0
5	3,1	2,6	2,3	1,8	2,0
6	3,6	3,1	2,8	2,2	2,0
8	4,9	4,2	3,8	2,9	2,0
10	6,1	5,2	4,7	3,6	2,0
15	9,2	7,8	7,1	5,4	3,0
20	12,2	10,4	9,4	7,2	3,0
25	15,47	13,0	11,7	9,0	3,0

Для забезпечення вільного підходу свердла до оброблюваного отвору з робочою подачею наведену у таблиці розрахункову величину врізання l_1 збільшити на 1,0 мм для свердел діаметром до 15 мм включно; на 1,5 мм для свердел діаметром до 30 мм включно; на 2,0 мм для свердел діаметром понад 30 мм.

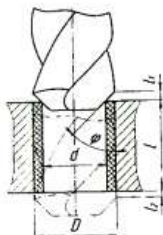
При свердлінні глухих отворів перебіг $l_2 = 0$.

Врізання і перебіг свердел з подвійним загостренням.

Врізання l_1 при $2\varphi = 116^\circ$ дорівнює $0,4 \cdot (D-d)$, мм.

Перебіг l_2 і підхід до оброблюваної поверхні – див. у таблиці.

Врізання і перебіг зенкерів



$$l_1 = \frac{D-d}{2} \operatorname{ctg} \varphi, \text{ мм}$$

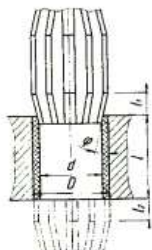
Глибина різання $l = \frac{D-d}{2}$ мм, до	Врізання l_1 , мм			Діаметр зенкера D , мм	Перебіг l_2 , мм
	Головний кут у плані φ				
	45°	60°	75°		
1,0	1,0	0,6	0,3	12 ... 16	1,5
1,5	1,5	0,9	0,4	17 ... 25	2,0
2,0	2,0	1,2	0,5	26 ... 35	2,5
2,5	2,5	1,4	0,7	36 ... 60	3,0
3,0	3,0	1,7	0,8	61 ... 100	4,0
4,0	4,0	2,3	1,1	понад 100	5,0

Для забезпечення вільного підходу зенкера до оброблюваного отвору з робочою подачею наведена у таблиці розрахункову величину врізання l_1 збільшити на 0,5 мм для зенкерів діаметром до 16 мм включно; на 1,0 мм для зенкерів діаметром 17–35 мм включно; на 2,0 мм для зенкерів діаметром 36–100 мм.

При обробленні глухих отворів перебіг $l_2 = 0$.

Для в'язких металів (сталь) рекомендується кут $\varphi = 60^\circ$; для крихких металів (чавун, бронза) $\varphi = 45-60^\circ$; для зенкерів, оснащених твердосплавними пластинами, $\varphi = 60-75^\circ$.

Врізання і перебіг розверток



$$l_1 = \frac{D-d}{2} \operatorname{ctg} \varphi, \text{ мм}$$

Глибина різання $l = \frac{D-d}{2}$ мм, до	Врізання l_1 , мм					Діаметр розвертки D , мм	Перебіг l_2 , мм
	Головний кут у плані φ						
	3°	5°	12°	15°	45°		
0,05	1,0	0,6	0,2	0,2	0,1	до 6	13,0
0,10	1,9	1,1	0,5	0,4	0,1	7–10	15,0
0,13	2,4	1,4	0,6	0,5	0,1	11–16	18,0
0,15	2,9	1,7	0,7	0,6	0,2	17 ... 20	22,0
0,20	3,8	2,4	1,0	0,8	0,2	21–35	28,0
0,25	4,8	2,9	1,2	0,9	0,3	36–60	39,0
0,30	5,7	3,4	1,4	1,1	0,3	61–80	45,0

Для забезпечення вільного підходу розвертки до оброблюваного отвору з робочою подачею наведена у таблиці розрахункову величину врізання l_1 збільшити на 0,5 мм для розверток діаметром до 16 мм включно; на 1,0 мм – для розверток \varnothing 17–35 мм включно; на 2,0 мм – для розверток діаметром 36–80 мм.

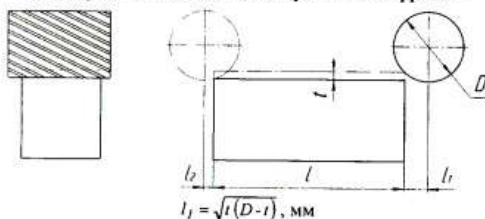
Під час оброблення глухих отворів перебіг $l_2 = 0$.

Для в'язких металів (сталь) рекомендується кут $\varphi = 12-15^\circ$; для крихких і твердих металів (чавун, бронза) $\varphi = 3-5^\circ$; для глухих отворів $\varphi = 45^\circ$; для розверток, оснащених твердосплавними пластинами, $\varphi = 30-45^\circ$.

Розрахункова довжина оброблення під час розвертання конічних отворів

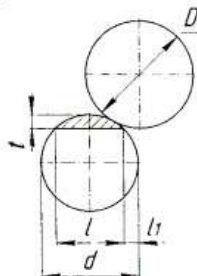
Конусність	Припуск на діаметр під конус, мм										
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	3,0
	Розрахункова довжина оброблення l_2										
1:3	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,6	4,2	4,8	5,4	6,0	9,0
1:5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	15,0
1:7	1,4	2,8	4,2	5,6	7,0	8,4	9,8	11,2	14,0	18,0	21,0
1:10	2,3	4,5	6,8	9,0	11,5	13,0	15,0	18,0	20,0	22,0	34,0
1:15	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0	21,0	24,0	27,0	30,0	45,0
1:20	4,0	8,0	12,0	16,0	20,0	24,0	28,0	32,0	36,0	40,0	60,0
1:30	6,0	12,0	18,0	24,0	30,0	36,0	42,0	48,0	54,0	60,0	90,0
1:50	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	150,0

Врізання і перебіг під час фрезерування циліндричними, дисковими і фасонними фрезами



Глибина різання l , мм, до	Діаметр фрези D , мм, до										
	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	300
Врізання l_1 , мм											
0,5	3,2	5,0	6,1	6,9	8,0	8,6	9,3	10,0	10,7	11,2	12,2
1,0	4,9	7,0	8,6	10,0	11,2	12,2	13,4	14,1	15,0	15,7	17,3
2,0	7,0	9,8	12,0	14,3	15,5	17,2	18,5	19,9	21,2	22,2	24,4
3,0	8,8	11,8	14,7	17,5	19,2	21,0	22,8	24,3	25,8	27,3	29,8
4,0	10,2	13,6	17,0	20,1	21,3	24,2	25,9	28,0	29,8	31,4	34,5
5,0	11,3	15,0	18,7	22,5	24,8	26,9	28,9	31,2	34,2	35,0	38,4
6,0	---	16,3	20,4	24,6	27,1	29,4	32,0	34,2	36,6	38,2	42,0
7,0	---	17,3	21,8	26,5	29,0	31,6	34,2	36,8	39,2	41,3	45,5
8,0	---	18,3	23,2	28,4	31,0	33,7	36,9	39,2	41,5	44,0	48,2
10,0	---	20,0	25,5	31,1	34,1	37,4	40,7	44,0	47,7	50,5	59,0
12,0	---	---	27,5	34,0	37,3	40,7	44,0	47,7	50,5	51,2	59,0
15,0	---	---	30,0	37,2	41,1	45,0	49,0	52,6	56,0	59,5	65,4
20,0	---	---	---	42,0	46,8	51,0	55,9	60,0	64,0	67,8	75,0
25,0	---	---	---	45,5	50,6	55,0	61,0	66,0	70,6	75,0	84,5
Перебіг l_2 , мм	2,0	2,0	2,5	3,0	3,0	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0	5,0

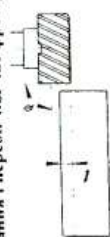
Врізання і перебіг під час фрезерування круглих поверхонь
циліндричними і дисковими фрезами



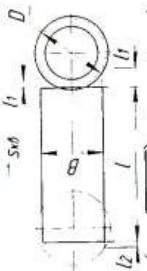
$$l_1 = \sqrt{dt - t^2} + Dt - \sqrt{dt - t^2}, \text{ мм}$$

Діаметр деталі d , мм, до	Глибина різання t , мм, до	Діаметр фрези D , мм, до						
		50	75	100	125	150	175	200
		Врізання l_1 , мм						
20	3	7,1	8,5	11,1	---	---	---	---
	5	9,3	12,5	14,8	18,5	---	---	---
	7	11,5	15,3	18,1	21,8	---	---	---
	10	12,5	19,2	22,5	26,7	---	---	---
30	3	6,2	8,5	10,0	---	---	---	---
	5	8,2	11,2	13,3	15,9	---	---	---
	7	9,9	13,5	16,1	18,4	---	---	---
	10	12,4	16,7	20,5	23,7	---	---	---
	15	16,2	22,0	26,5	30,7	---	---	---
40	3	5,7	7,8	9,3	---	---	---	---
	5	7,4	10,3	12,3	14,8	---	---	---
	7	---	12,8	14,8	16,5	20,0	---	---
	10	---	15,7	18,2	21,7	25,0	---	---
	15	---	---	23,5	27,3	31,0	---	---
50	5	---	9,5	11,4	13,9	16,2	---	---
	7	---	11,4	14,2	16,4	20,0	22,0	---
	10	---	---	17,5	20,7	24,0	26,0	---
	15	---	---	21,5	25,7	30,0	33,0	---
	20	---	---	26,0	31,0	36,0	40,0	---
70	5	---	---	---	12,5	15,0	---	---
	10	---	---	---	18,2	21,0	23,0	---
	15	---	---	---	---	26,0	30,0	33,0
	20	---	---	---	---	31,0	35,0	39,0
	25	---	---	---	---	---	40,0	44,0
	30	---	---	---	---	---	45,0	50,0
35	---	---	---	---	---	51,0	56,0	
Перебіг l_2 , мм		2,0	2,5	3,0	3,0	3,5	4,0	4,5

Врізання і перебіг під час фрезерування торцевими фрезами симетричним методом



$$l_1 = 0,5(D - \sqrt{D^2 - B^2}), \text{ мм}$$



$$l_1 = 0,5(D - \sqrt{D^2 - B^2}) + l_2, \text{ мм}; l_2 = \frac{l}{\operatorname{tg} \theta}, \text{ мм}$$

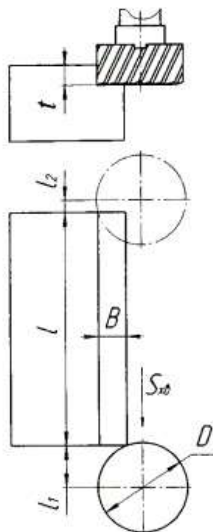
Діаметр фрези D , мм, доВрізання l_1 , мм

Ширина фрезерування B , мм, до	Діаметр фрези D , мм, до																
	20	30	40	50	75	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500	600
8	0,8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10	1,4	1,0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
15	3,5	2,0	1,5	1,2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
20	---	3,8	2,7	2,1	1,4	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
25	---	6,7	4,4	3,4	2,2	1,3	1,1	1,0	---	---	---	---	---	---	---	---	---
30	---	---	6,8	5,0	3,3	1,9	1,7	1,5	1,2	1,2	---	---	---	---	---	---	---
40	---	---	---	10,0	5,8	3,8	3,1	2,8	2,2	2,0	---	---	---	---	---	---	---
50	---	---	---	---	9,5	5,8	4,9	4,3	3,5	3,0	---	---	---	---	---	---	---
60	---	---	---	---	15,0	8,5	7,1	6,8	5,5	4,8	3,5	---	---	---	---	---	---
80	---	---	---	---	---	16,5	13,2	11,5	9,5	8,2	6,5	5,5	---	---	---	---	---
100	---	---	---	---	---	31,5	23,2	19,5	15,5	13,2	10,5	8,5	7,0	6,0	---	---	---
Перебіг l_2 , мм	1,0	1,5	---	2,0	---	---	3,0	---	4,0	---	---	---	5,0	---	---	---	6,0

Ширина фрезерування B , мм, до	Діаметр фрези D , мм, до																
	20	30	40	50	75	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500	600
	Врізання l_f , мм																
120	---	---	---	---	---	---	35,5	30,0	23,7	20,0	15,5	12,5	10,5	9,0	---	---	---
140	---	---	---	---	---	---	---	66,0	35,0	28,5	21,5	17,5	15,0	12,5	---	---	---
160	---	---	---	---	---	---	---	---	51,0	40,0	29,0	23,0	19,5	16,0	15,0	---	---
180	---	---	---	---	---	---	---	---	---	56,0	38,0	30,0	25,0	21,0	18,0	---	---
200	---	---	---	---	---	---	---	---	---	100	50,0	33,0	31,0	27,0	23,0	21,0	17,0
225	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	70,5	52,0	46,0	35,0	30,0	27,0	22,0
250	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	125	67,0	52,5	44,0	37,6	34,0	28,0
300	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	150	85,0	67,5	57,0	50,0	40,0
350	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	175	104	84,0	71,0	56,0
400	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	200	116	100	77,0
450	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	225	141	102
500	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	250	134
600	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	300
Перебіг l_s , мм	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0										

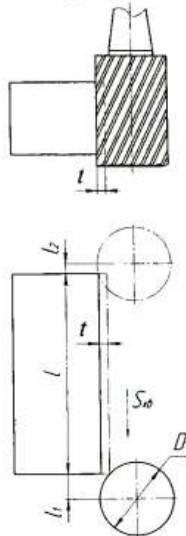
1. Табличні значення величини врізання l_f передбачають оброблення торцевими фрезами з кутом $\phi = 90^\circ$.
2. За підвищених вимог до параметра шорсткості поверхні величина перебігу l_s дорівнює діаметру фрези.

Врізання і перебіг під час фрезерування торцевими фрезами несиметричним методом



Діаметр фрези D , мм, до	Ширина фрезерованої площини B , мм, до										Перебіг l_2 , мм
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
	Врізання l_1 , мм										
40	17,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1,5
50	20,0	24,5	---	---	---	---	---	---	---	---	2,0
60	22,3	28,3	---	---	---	---	---	---	---	---	2,0
75	---	33,2	36,7	---	---	---	---	---	---	---	2,0
90	---	37,4	42,5	---	---	---	---	---	---	---	3,0
110	---	---	49,0	53,0	---	---	---	---	---	---	3,0
130	---	---	54,8	60,0	63,4	---	---	---	---	---	3,0
150	---	---	60,0	66,4	70,7	---	---	---	---	---	3,0
175	---	---	65,9	73,5	79,0	83,0	85,8	---	---	---	4,0
200	---	---	71,5	80,0	87,6	91,6	95,5	98,0	---	---	4,0
225	---	---	---	86,0	93,6	99,5	104	108	110	112	4,0

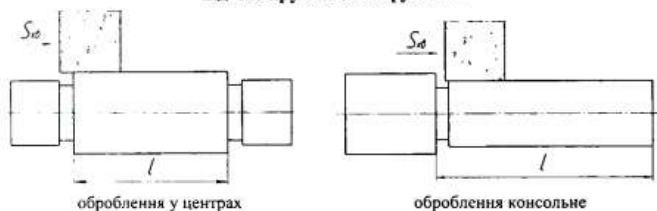
Врізання і перебіг під час фрезерування кінцевими фрезами



Діаметр фрези D , мм, до	Глибина різання t , мм, до										Перебіг l_2 , мм
	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	10	
	Врізання l_1 , мм										
3	1,6	1,9	---	---	---	---	---	---	---	---	0,5
4	1,8	2,2	---	---	---	---	---	---	---	---	0,5
6	2,2	2,7	3,3	---	---	---	---	---	---	---	0,5
8	2,4	3,1	4,0	4,4	---	---	---	---	---	---	1,0
10	2,7	3,5	4,5	5,1	---	---	---	---	---	---	1,0
12	3,4	4,4	5,5	6,2	6,7	---	---	---	---	---	1,0
14	3,6	4,6	5,9	6,8	7,3	8,1	---	---	---	---	1,0
16	3,8	4,9	6,3	7,3	7,9	8,4	8,8	---	---	---	1,0
18	4,0	5,1	6,7	7,7	8,5	9,1	9,5	---	---	---	1,0
20	4,1	5,4	7,0	8,2	9,0	9,7	10,2	---	---	---	1,5
22	4,8	6,1	7,8	9,0	10,0	10,7	11,3	12,0	---	---	1,5
25	5,0	6,4	8,3	9,7	10,7	11,5	12,2	12,7	---	---	1,5
28	5,2	6,7	8,7	10,2	11,3	12,2	13,0	13,6	14,1	---	1,5
30	5,8	7,4	9,5	11,0	12,2	13,2	14,0	14,7	15,3	---	2,0
35	6,2	7,9	10,0	11,8	13,2	14,3	15,4	16,0	16,7	17,8	2,0
40	6,5	8,3	10,7	12,5	14,0	15,0	16,3	17,0	18,0	19,3	2,0
45	6,8	8,7	11,3	13,3	14,9	16,0	17,3	18,3	19,2	20,7	20,0
50	7,0	9,0	11,8	13,8	15,6	17,0	18,3	19,3	20,3	22,0	20,0

Значення коефіцієнта k залежно від виду і точності шліфування

Вид шліфування	Точність шліфування, мм				
	до 0,10	0,10...0,07	0,07...0,05	0,05...0,03	0,03...0,02
	Значення коефіцієнта k				
Зовнішнє (у центрах)	1,00	1,05	1,10	1,28	1,50
Безцентрове (з поздовжньою подачею)	---	1,05	1,30	1,30	1,30
Внутрішнє	1,10	1,25	1,40	1,70	2,00
Пласке	1,00	1,07	1,20	1,44	1,70

Довжина ходу столу L залежно від ширини (висоти) круга під час круглого шліфування

$$L = l - l_1,$$

де l – довжина шліфування, мм;

l_1 – величина, на яку зменшується довжина шліфування, мм:

$$l_1 = (1 - 2m) B,$$

де m – перехід круга за межі шліфованої частини заготовки (перебіг круга) у частках ширини круга (приймається таким, що дорівнює 0,3 чи 0,5);

B – ширина (висота) круга, мм.

Ширина (висота) круга B , мм	Величина l_1 , на яку зменшується довжина шліфування, мм	
	оброблення у центрах	оброблення консольне
при $m = 0,3$		
20	6	12
25	8	15
32	10	19
40	12	24
50	15	30
при $m = 0,5$		
20	10	20
25	12	25
32	16	32
40	20	40
50	25	50

Довжина ходу стола залежно від довжини шліфованого отвору та ширини (висоти) круга під час внутрішнього шліфування

Довжина шліфованого отвору, мм	Ширина (висота) круга, мм									
	20	22	25	30	32	35	40	45	50	60
	Довжина ходу стола, L, мм									
30	22	22	<u>21</u>	---	---	---	---	---	---	---
35	27	27	<u>26</u>	25	---	---	---	---	---	---
40	32	32	31	30	<u>30</u>	29	---	---	---	---
45	37	37	36	35	<u>35</u>	34	33	---	---	---
50	42	42	41	40	40	39	<u>38</u>	37	---	---
55	47	47	46	45	45	44	<u>43</u>	42	41	---
60	52	52	51	50	50	49	48	47	<u>46</u>	44
65	57	57	56	55	55	54	53	52	<u>51</u>	49
70	62	62	61	60	60	59	58	57	<u>56</u>	54
75	67	67	66	65	65	64	63	62	<u>61</u>	59
80	---	---	71	70	70	69	68	67	66	<u>64</u>
85	---	---	---	75	75	74	73	72	71	<u>69</u>
90	---	---	---	80	80	79	78	77	76	<u>74</u>
95	---	---	---	---	85	84	83	83	81	<u>79</u>
100	---	---	---	---	---	89	88	87	86	<u>84</u>
105	---	---	---	---	---	94	93	92	91	<u>89</u>
110	---	---	---	---	---	---	98	97	96	<u>94</u>
115	---	---	---	---	---	---	103	102	101	<u>99</u>
120	---	---	---	---	---	---	108	107	106	<u>104</u>
130	---	---	---	---	---	---	118	117	116	<u>114</u>
150	---	---	---	---	---	---	138	137	136	<u>134</u>

Примітка. Виділено розміри рекомендованої ширини (висоти) круга для відповідної довжини шліфування.

Врізання і перебіг гвинторізних головок, дискових фрез і круглих плашок

Врізання, мм: $l_1 = 1 - 3$ кроки нарізуваної різі.

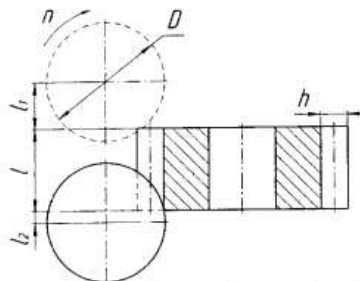
Перебіг, мм: $l_2 = 0,5 - 2$ кроки нарізуваної різі.

Врізання і перебіг машинних мітчиків.

Врізання, мм: $l_1 = 1 - 3$ кроки нарізуваної різі.

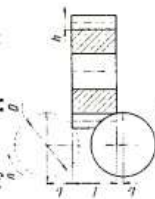
Перебіг, мм: $l_2 = 2 - 3$ кроки нарізуваної різі.

Врізання і перебіг дискової модульної фрези під час нарізування зубчастих коліс



Модуль m , мм	Діаметр фрези D , мм	Повна висота зубця h , мм	1-й прохід		2-й прохід		3-й прохід		Перебіг l_2 , мм
			Глибина прорізуваної западини між зубцями h , мм	Врізання l_1 , мм	Глибина прорізуваної западини між зубцями h , мм	Врізання l_1 , мм	Глибина прорізуваної западини між зубцями h , мм	Врізання l_1 , мм	
1,0	50	2,2	2,2	12	---	---	---	---	2,0
1,5	55	3,3	3,3	15	---	---	---	---	2,5
2,0	60	4,4	4,4	18	---	---	---	---	2,5
2,5	60	5,5	5,5	20	---	---	---	---	2,5
3,0	70	6,6	6,6	22	---	---	---	---	2,5
3,5	75	7,7	7,7	25	---	---	---	---	2,5
4,0	80	8,8	8,8	27	---	---	---	---	3,0
5,0	90	11,0	11,0	32	---	---	---	---	3,0
6,0	100	13,2	13,2	36	---	---	---	---	3,0
7,0	105	15,4	13,0	37	2,4	18	---	---	3,0
8,0	110	17,6	13,0	38	4,6	26	---	---	3,0
9,0	115	19,8	13,0	39	6,8	29	---	---	3,5
10,0	120	22,0	13,0	40	9,0	33	---	---	3,5
11,0	135	34,2	13,0	42	11,2	39	---	---	3,5
12,0	145	26,4	13,0	44	12,4	44	---	---	3,5
13,0	155	28,6	13,0	46	13,0	46	2,6	22	4,0
14,0	160	30,8	13,0	47	13,0	47	4,8	30	4,0
15,0	165	33,0	13,0	48	13,0	48	7,0	36	4,0
16,0	170	35,2	13,0	48	13,0	48	9,2	41	4,0
13,0	155	28,6	13,0	46	13,0	46	2,6	22	4,0

Врізання і переріз шнекової модульної фрези під час нарізування зубчастих коліс



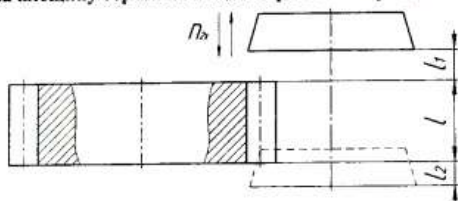
Нарізування зубців за один прохід

Форма нарізованого зуба	Модуль m , мм, до									
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
	Діаметр фрези D_f , мм, до									
	50	55	60	65	70	80	90	105	115	125
	Загальна величина врізання і перерізу $I_1 + I_2$, мм									
Прямий зубець	12,2	15,0	16,9	20,0	22,4	26,8	31,8	37,1	41,3	43,8
Зубець з кутом нахилу	15°	12,6	15,4	17,3	20,5	23,4	27,9	33,7	37,9	42,1
	30°	13,7	16,8	18,8	22,4	25,5	30,3	35,5	41,1	46,2
	45°	16,6	20,4	22,8	27,0	30,0	36,2	42,2	49,0	54,3

Нарізування зубців за два проходи

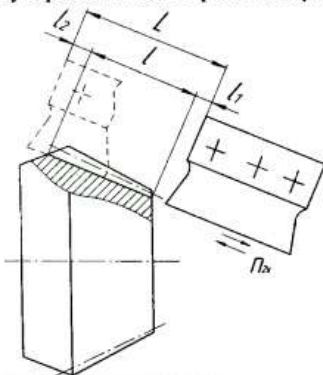
Форма нарізованого зуба	Модуль m , мм, до									
	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	16,0
	Діаметр фрези D_f , мм, до									
	105	115	125	140	150	155	165	175	180	195
	Загальна величина врізання і перерізу $I_1 + I_2$, мм									
Прямий зубець	1-й	30,6	34,6	36,7	42,8	46,8	49,8	53,3	56,7	65,4
	2-й	23,6	26,4	28,4	33,0	36,2	38,4	41,3	43,8	50,8
	15°	31,2	34,6	37,3	43,5	47,1	50,7	54,2	57,6	66,2
Зубець з кутом нахилу	2-й	24,0	26,9	28,9	33,5	36,8	39,0	42,0	44,5	51,6
	1-й	35,0	38,1	41,0	47,8	51,5	54,8	58,5	62,2	71,2
	30°	27,0	29,5	31,7	36,8	39,8	42,2	45,3	48,0	55,4
45°	1-й	41,0	45,3	48,2	56,0	60,5	64,0	68,7	73,0	83,5
	2-й	31,7	35,2	37,2	43,2	46,5	49,2	53,0	56,0	65,0

Сумарна величина врізання і перебігу інструмента (довбача, гребінки, різців) в обидва боки за площину оброблення під час роботи на зубодовбальних верстатах



Модуль нарізаного колеса t , мм, до	Форма нарізаного зубця		
	Прямий зубець	Зубець під кутом	
		15°	30°
Врізання і перебіг $l_1 + l_2$, мм			
2	5	5	6
3	5	6	7
4	5	7	8
5	5	8	10
6	6	8	10
8	6	10	12

Сумарна величина врізання і перебігу інструмента (довбача, гребінки, різців) в обидва боки за площину оброблення під час роботи на зубостругальних верстатах



Модуль нарізаного колеса t , мм, до	Врізання і перебіг $l_1 + l_2$, мм
5	10
10	15
15	20
20	25

Величини врізання і перебігу під час шліфування шліців

Час ділення τ , с	Швидкість руху стола v , м/хв, до:					
	5,0	6,5	8,0	10,0	12,5	16,0
	Врізання I_r , мм					
0,50	30	40	50	60	70	90
0,65	40	50	60	70	90	110
0,80	50	60	80	90	110	140
1,00	60	80	100	110	140	180
1,25	80	100	125	140	180	220
1,60	100	125	160	180	220	280
2,00	120	160	180	220	280	360

Сумарний допоміжний час на встановлення заготовки
та зняття обробленої деталі $T_{вст.л.}$
на закріплення заготовки та відкріплення обробленої деталі $T_{закр.відкр. хв.}$

Патрони самоцентрівні

Зміст роботи: взяти, встановити та закріпити заготовку; відкріпити, зняти й відкласти оброблену деталь.

Спосіб встановлення і закріплення заготовки.	Маса заготовки, кг, до:							
	0,25	0,5	1	3	5	8	12	20
У безключовому патроні	0,05	0,06	0,06	0,08	0,10	0,13	---	---
У самоцентрівному патроні з кріпленням за допомогою: - пневматичним затискача - ключа	0,06 ---	0,07 0,15	0,08 0,17	0,10 0,23	0,12 0,27	0,15 0,30	0,18 0,40	0,22 0,50
Підвести і відвести центр задньої бабки, закріпити і відкріпити піноль руків'ям: - пневматично - важелем - маховичком	0,24 --- ---	0,24 --- ---	0,24 --- ---	0,24 0,03 0,04	0,24 0,04 0,05	0,24 0,04 0,06	0,24 0,04 0,06	0,24 0,05 0,07

Патрони цангові

Спосіб встановлення і закріплення прутка	Діаметр прутка, мм, до:					
	12	20	30	40	50	60
Взяти пруток і встановити у трубу.	0,20	0,24	0,30	0,44	0,60	0,90
Заправити пруток у патрон, встановити у розмір на підрізування, перевірити регулювання затиску і закріпити: - пневматичним затиском - руків'ям важеля	0,11 0,12	0,18 0,20	0,28 0,30	0,38 0,40	0,47 0,50	0,52 0,55
Розтиснути патрон для вивільнення залишку прутка: - пневматичним затиском - руків'ям важеля	0,01 0,03	0,01 0,03	0,01 0,03	0,01 0,04	0,01 0,04	0,01 0,05
Вийняти залишок прутка з патрона і відкласти	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04

Центри

Зміст роботи: взяти, встановити у центрах заготовку (оправку із заготовками) і закріпити центром задньої бабки; відвести центр задньої бабки, зняти й відкласти оброблену деталь (оправку з деталями).

Спосіб підведення центра задньої бабки і кріплення пінолі	Маса заготовки (оправки з заготовками), кг						
	0,5	1	3	5	8	12	20
Ручкою пневматичного затискача	0,06	0,07	0,08	0,10	0,13	0,16	0,21
Відвідним пружинним руків'ям з кріпленням пінолі руків'ям	0,07	0,08	0,10	0,12	0,15	0,18	0,23
Закрити, відкрити, закріпити і відкріпити кришку люнета закритого типу	---	---	---	0,09	0,10	0,11	0,12

Столи магнітні

Зміст роботи: взяти, встановити заготовку; зняти й відкласти оброблену деталь; очистити плиту від стружки.

Кількість одночасно встановлюваних деталей	Маса заготовки, кг, до							
	0,05	0,1	0,5	1	3	5	8	12
1	---	---	---	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
3	---	---	---	0,04	0,05	---	---	---
5	0,02	0,02	0,02	0,03	---	---	---	---
10	0,01	0,02	0,02	---	---	---	---	---
15	0,01	0,01	0,02	---	---	---	---	---
20 і більше	0,01	0,01	---	---	---	---	---	---

Ножі опорні при без центральному шліфуванні

Зміст роботи: взяти, встановити заготовку на опорний ніж; підвести й відвести круг; зняти й відкласти оброблену деталь.

Кількість одночасно встановлюваних деталей	Маса заготовки, кг, до							
	0,05	0,1	0,5	1	3	5	8	12
1 (напрохід)	---	---	0,03	0,03	0,04	0,05	---	---
1 (до упора)	---	---	0,05	0,06	0,08	0,09	0,10	0,11

Пристрої стандартні

Зміст роботи: взяти, встановити, закріпити заготовку; відкрити, зняти й відкласти оброблену деталь.

Спосіб встановлення і закріплення заготовки	Маса заготовки, кг, до							
	0,25	0,5	1	3	5	8	12	20
У цанговому патроні з кріпленням:								
- пневмозатиском	0,06	0,07	0,08	0,11	0,13	0,16	0,19	0,24
- руків'ям важеля	0,07	0,08	0,09	0,12	0,14	0,17	0,20	0,25
На гладкій оправці без кріплення	0,06	0,08	0,08	0,12	0,15	0,20	---	---
На гладкій оправці з кріпленням гайкою з швидкознімною шайбою	0,11	0,13	0,15	0,20	0,26	0,32	0,39	0,47
На різевій оправці	0,10	0,12	0,13	0,19	0,25	---	---	---
Встановлення заготовки по зубцю довбача чи фрези з підведенням інструмента до деталі	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06
Встановлення на оправці кожної наступної заготовки (понад одну)	0,06	0,06	0,06	0,07	0,09	0,11	---	---
Встановлення і знімання швидкознімної шайби	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Встановлення у лещатах з кріпленням								
- пневмозатиском	0,06	0,07	0,07	0,08	0,10	0,11	0,14	0,17
- ексцентриковим затискачем	0,06	---	0,08	0,09	0,10	0,12	0,15	0,18
Встановлення у лещатах кожної наступної заготовки (понад одну)	0,03	---	0,04	0,05	0,06	---	---	---

Допоміжний час на встановлення заготовки $T_{вст.}$ у спеціальних пристроях, хв.

Установочні площини, елементи пристрою та його тип	Маса заготовки, кг, до							
	0,25	0,5	1	3	5	8	12	20
Встановлення на горизонтальну площину чи призму у пристрої: - відкритому – перша заготовка - відкритому – кожна наступна заготовка	0,03 0,02	0,04 0,03	0,04 0,03	0,05 0,04	0,06 0,05	0,08 0,06	0,10 0,08	0,13 0,10
Встановлення у закритому пристрої.	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,09	0,11	0,14
Встановлення на горизонтальну площину з упором чи призму, розташовану вертикально у пристрої: - відкритому – перша заготовка - відкритому – кожна наступна заготовка - закритому	0,04 0,03 0,04	0,04 0,03 0,05	0,05 0,03 0,05	0,06 0,04 0,06	0,07 0,06 0,08	0,09 0,07 0,10	0,11 0,09 0,12	0,14 0,11 0,16
Встановлення на горизонтальну площину і палець гладкий чи вертикальну площину з упором у пристрої: - відкритому – перша заготовка - відкритому – кожна наступна заготовка - закритому	0,04 0,03 0,05	0,05 0,03 0,05	0,05 0,04 0,06	0,06 0,04 0,07	0,08 0,06 0,08	0,10 0,08 0,11	0,12 0,10 0,13	0,15 0,12 0,17
Встановлення в отвір чи гніздо у горизонтальній площині; на палець гладкий і вертикальну площину у пристрої: - відкритому – перша заготовка - відкритому – кожна наступна заготовка - закритому	0,04 0,03 0,05	0,05 0,03 0,05	0,06 0,04 0,06	0,07 0,05 0,08	0,08 0,07 0,09	0,10 0,08 0,11	0,13 0,10 ---	0,17 0,13 ---
Встановлення на горизонтальну площину і два пальці чи в отвір і на вертикальну площину пристрої: - відкритому – перша заготовка - відкритому – кожна наступна заготовка - закритому	0,05 0,03 0,05	0,05 0,04 0,06	0,06 0,04 0,07	0,08 0,05 0,08	0,09 0,07 0,10	0,11 0,09 0,12	0,14 0,11 0,16	0,15 0,12 0,17
Встановлення на шлицьовий палець у горизонтальній площині чи на два пальці й вертикальну площину у пристрої: - відкритому – перша заготовка - відкритому – кожна наступна заготовка - закритому	0,05 0,04 0,06	0,06 0,04 0,07	0,07 0,05 0,07	0,08 0,06 0,09	0,10 0,08 0,11	0,12 0,10 0,13	0,16 0,13 0,17	0,20 0,16 0,22

Установочні площини, елементи пристрою та його тип	Маса заготовки, кг, до							
	0,25	0,5	1	3	5	8	12	20
Встановлення по горизонтальному пазі чи на шлицьовий палець у вертикальній площині у пристрої: - відкритому – перша заготовка - відкритому – кожна наступна заготовка - закритому	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,09	0,11	0,14
	0,03	0,03	0,03	0,04	0,06	0,07	0,09	0,11
	0,04	0,05	0,05	0,06	0,08	0,10	---	---
Встановлення на призму і палець горизонтально у відкритому пристрої:	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,11	0,13	0,17
Встановлення на призму і у паз горизонтально у відкритому пристрої:	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,12	0,16

Додаток 123

Допоміжний час на закріплення заготовки і відкріплення деталі Т_{закр.відкр}
у спеціальних пристроях, хв.

Спосіб кріплення	Кількість затискачів	Маса заготовки, кг, до				
		1	5	12	20	попад 20
Закріплення безпосередньо у пристроях						
Руків'ям: - пневматичного чи гідравлічного затискача	1	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
- ексцентрикового затискача	1	0,03	0,03	0,04	---	---
- те ж	2	---	0,05	0,06	0,07	0,08
Гвинтовим затискачем, маховичком, зірочкою	1	0,03	0,04	0,06	0,07	0,13
- те ж	2	0,06	0,08	0,10	0,12	0,20
Гайковим чи гвинтовим затискачем за допомогою гайкового ключа	1	0,09	0,11	0,14	0,16	0,20
- те ж	2	0,15	0,18	0,22	0,26	0,32
- те ж	3	---	0,24	0,29	0,35	0,42
- те ж	4	---	0,30	0,39	0,44	0,55
Гайковим затискачем з швидкознімною шайбою за допомогою гайкового ключа.	1	0,09	0,10	0,12	0,14	0,17
Руків'ям пневматичного затискача і гвинтовим затискачем	2	0,05	0,06	0,07	0,08	0,14
Руків'ям ексцентрикового затискача і гвинтовим затискачем	2	0,06	0,07	0,08	0,10	0,15
Закріплення відкидною чи ковзальною планкою						
Руків'ям пневматичного затискача	1	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06
Руків'ям ексцентрикового затискача	1	0,04	0,05	0,06	0,06	0,08
Гвинтовим затискачем вручну	1	0,04	0,06	0,08	0,09	0,16
Гвинтовим чи гайковим затискачем за допомогою гайкового ключа	1	0,10	0,12	0,16	0,19	0,24
Руків'ям пневматичного затискача і гвинтовим затискачем	2	0,06	0,08	0,09	0,11	0,17

Допоміжний час на прийоми керування верстатами T_{кер.} хв.

Зміст прийому	Час
<i>Верстати різні</i>	
Вимкнути чи вимкнути верстат або його вузли:	
- кнопкою	0,01
- важелем	0,02
Повернути різцеву головку на наступну позицію	0,04
Повернути револьверну головку на наступну позицію	0,02
Встановити і зняти інструмент у швидкознімному патроні:	
- при діаметрі інструмента до 30 мм	0,06
- при діаметрі інструмента понад 30 мм	0,08
Встановити і зняти кондукторну втулку:	
- для інструмента діаметром до 20 мм	0,05
- для інструмента діаметром до 40 мм	0,06
- для інструмента діаметром понад 40 мм	0,07
Підвести інструмент для оброблення однієї фаски	0,02
- те ж, при обробленні кожної наступної фаски	0,01
Звести плашки різенарізувальної головки важелем	0,02
Стиснути чи розтиснути бруски хонінгувальної головки:	
- вручну	0,03
- за допомогою гідравлічної подачі	0,02
Закріпити чи відкріпити каретку	0,02
Повернути стіл з робочої позиції на завантажувальну	0,05
Підвести чи відвести інструмент до деталі при обробленні:	
- різець	0,03
- револьверну головку	0,04
- свердло, зенкер, розвертку, мітчик, плашку	0,01
- фрезу	0,04
- шліфувальний круг до появи іскри у вертикальному напрямі	0,04
- те ж, у поперечному чи поздовжньому напрямі	0,02
- деталь до шліфувального круга підйманням столу до появи іскри	0,04
Підвести чи відвести інструмент до деталі при обробленні:	
- хонінгувальну головку	0,01
- державку з брусками суперфінішної головки, вручну	0,06
- те ж, з механічною подачею	0,04
- довбач	0,06
- деталь до шевера	0,04
- шліфувальний круг для торцевого шліфування	0,03
<i>Верстати болтонарізувальні</i>	
Вимкнути чи вимкнути обертання шпинделя	0,01
Вимкнути чи вимкнути поздовжню подачу	0,01
Перемкнути напрям обертання шпинделя	0,01
Підвести і скерувати деталь у плашки	0,02
Відвести каретку у вихідне положення на довжину:	
- до 100 мм	0,02
- понад 100 мм	0,03

<i>Зміст прийому</i>	<i>Час</i>
<i>Верстати зубостругальні</i>	
Ввімкнути чи вимкнути рух повзунів і подачу	
- кнопкою	0,01
- важелем	0,02
Відвести деталь від різців переміщенням каретки	0,04
Закріпити чи відкріпити каретку	0,02
<i>Верстати зубошліфувальні</i>	
Ввімкнути чи вимкнути обертання шліфувального круга	0,01
Ввімкнути чи вимкнути подачу обкочування і поздовжньо-поступовий рух каретки	0,01
Ввімкнути лічильник тривалості обкочування	0,01
Встановити глибину шліфування і рівномірність зняття припуску для першого проходу	0,50
Підвести шліфувальний круг і встановити на розмір для подальшого проходу	0,05
Відвести шліфувальний круг від деталі	0,04
<i>Верстати щіцешліфувальні</i>	
Ввімкнути верстат	0,01
Ввімкнути чи вимкнути обертання шліфувального круга	0,01
- те ж , рух столу	0,01
- те ж , вертикальну подачу столу	0,01
- те ж , подачу ділильного механізму	0,01
Підвести шліфувальний круг до заготовки у встановити на розмір до появи іскри	0,04
Перемістити стіл у поздовжньому напрямі (підвід чи відвід):	
- на довжину до 100 мм	0,04
- на довжину до 200 мм	0,05
<i>Верстати протягувальні для внутрішнього і зовнішнього протягування</i>	
Ввімкнути рух повзуна (робочий чи холостий хід):	
- ногою педаллю	0,02
- кнопкою	0,01
- важелем	0,02
Встановити протяжку у затискний патрон:	
- при діаметрі протяжки до 20 мм	0,06
- при діаметрі протяжки до 40 мм	0,08
- при діаметрі протяжки до 80 мм	0,11
Закріпити протяжку у затискному патроні руків'ям	0,02
Відкріпити протяжку руків'ям патрона	0,02
Очистити протяжку від стружки	
- при діаметрі протяжки до 40 мм	0,03
- при діаметрі протяжки до 80 мм	0,05
- при діаметрі протяжки понад 80 мм	0,07
Підвести чи відвести стіл	0,04

Допоміжний час на прийоми керування верстатами $T_{\text{кер.з}}$
які пов'язані з переміщенням робочих органів верстатів, хв.

Зміст прийому	Довжина переміщення, мм, до					
	50	100	200	300	400	500
<i>Верстати токарно-центрові операційні і токарно-багатопрізцеві</i>						
Перемістити каретку супорта у поздовжньому напрямі:						
- та найбільшого діаметра оброблення 400 мм	---	0,04	0,06	0,09	0,11	0,14
- те ж, 600 мм	---	0,05	0,08	0,11	0,13	0,16
<i>Верстати розточувальні</i>						
Перемістити шпиндель у вихідне положення	0,03	0,05	0,09	0,12	0,15	0,18
<i>Верстати револьверні з вертикальною віссю обертання</i>						
Перемістити каретку супорта у поздовжньому напрямі	---	0,05	0,08	0,09	---	---
Перемістити супорт у поперечному напрямі	0,05	0,08	---	---	---	---
Перемістити револьверну головку	---	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
<i>Верстати свердлильні</i>						
Перемістити шпиндель у вертикальному напрямі	---	0,01	0,02	0,02	0,03	---
<i>Верстати горизонтально- і вертикально-фрезерні</i>						
Перемістити стіл у поздовжньому чи поперечному напрямі при довжині столу до:						
- 750 мм	---	0,04	0,07	0,11	0,13	0,16
- 1250 мм	---	0,05	0,09	0,14	0,16	0,19
- 1800 мм	---	0,06	0,11	0,15	0,18	0,21
<i>Верстати зубофрезерні</i>						
Перемістити фрезерну головку у горизонтальному напрямі:						
- при максимальному модулі оброблюваного колеса 12 мм	0,10	0,19	0,36	---	---	---
- те ж, понад 12 мм	0,15	0,28	0,52	---	---	---
Перемістити фрезерну головку у вертикальному напрямі:						
- при максимальному модулі оброблюваного колеса 12 мм	0,10	0,18	0,34	---	---	---
- те ж, понад 12 мм	0,15	0,27	0,50	---	---	---
<i>Верстати шліцефрезерні</i>						
Перемістити фрезерну головку у поздовжньому напрямі	---	0,06	0,10	0,14	0,18	0,26

Допоміжний час на контроль шаблонами $T_{\text{вим.л}}$ хв.

Вимірний інструмент	Точність вимірювання, мм	Вимірюваний розмір, мм, до:				
		100	300	500	750	1000
Шаблон лінійний однобічний	до 0,20	0,07	0,09	0,11	0,13	0,14
	0,20–0,50	0,04	0,06	0,07	0,08	0,09
Шаблон лінійний двобічний	до 0,20	0,08	0,11	0,14	0,15	0,17
	0,20–0,50	0,06	0,07	0,09	0,10	0,11
Шаблон фасонний простого профілю	до 0,15	0,09	0,12	0,15	---	---
	0,15–0,25	0,07	0,08	0,10	---	---
Шаблон фасонний складного профілю	до 0,15	0,17	0,21	0,22	---	---
	0,15–0,25	0,09	0,11	0,13	---	---

Додаток 127

Допоміжний час на контроль калібр-пробками $T_{\text{вим.л}}$ хв.

Вимірний інструмент	Точність вимірювання, квалітет	Розмір вимірювання, мм, до	Час, хв
<i>Калібр-пробки гладкі</i>			
Калібр-пробка гладкий двобічний (повне промірювання)	7	10–25	0,11
		50	0,13
		75	0,15
	8, 9, 10	25	0,09
		50	0,11
		75	0,12
	11, 12, 13	25	0,06
		50	0,07
		75	0,08
Калібр-пробка плаский	7	75	0,22
		100	0,24
		125	0,25
	8, 9, 10	75	0,17
		100	0,19
		125	0,20
	11, 12, 13	75	0,10
		100	0,11
		125	0,12
<i>Калібр-пробки шліцеві</i>			
Калібр-пробка шліцевий	7	10–25	0,10
		50	0,14
		75	0,16
	8, 9, 10	25	0,09
		50	0,12
		75	0,14
Калібр-вкладиш шліцевий	---	25	0,05
		50	0,06
		75	0,07

Допоміжний час на контроль калібр-скобами $T_{вим.з}$ хв.

<i>Калібр-скоби та калібр-кільця</i>					
<i>Вимірний інструмент</i>	<i>Точність вимірювання, класифікація</i>	<i>Розмір вимірювання, мм, до</i>	<i>Довжина вимірюваної поверхні, мм, до:</i>		
			<i>50</i>	<i>100</i>	<i>300</i>
Калібр-скоба гранична двобічна (повне промірювання)	6, 7	50	0,09	0,11	0,15
		100	0,11	0,13	0,18
	8, 9	50	0,07	0,09	0,13
		100	0,09	0,11	0,15
Калібр-скоба гранична однібічна	6, 7	50	—	—	—
		100	—	—	—
	8, 9	50	0,07	0,08	0,10
		100	0,08	0,10	0,14
	10, 11, 12	50	0,03	0,04	0,06
		100	0,04	0,05	0,07
Калібр-кільце шлицеве	7	25	0,15	0,18	0,23
		50	0,20	0,23	0,34
		75	0,23	0,27	---
	8, 9, 10	25	0,13	0,14	0,18
		50	0,17	0,20	0,24
		75	0,20	0,23	---

Допоміжний час на контроль різей калібрами $T_{вим.з}$ хв.

<i>Вимірюваний розмір, мм, до:</i>		<i>Довжина різі, мм, до:</i>								
<i>діаметр</i>	<i>крок</i>	<i>5</i>	<i>10</i>	<i>15</i>	<i>20</i>	<i>30</i>	<i>40</i>	<i>50</i>	<i>60</i>	<i>80</i>
<i>Калібр-пробки для різей з точністю 6-7H</i>										
10	0,5	0,21	0,39	0,54	0,72	---	---	---	---	---
	1,0	0,12	0,21	0,30	0,39	0,54	---	---	---	---
	1,5	0,08	0,15	0,21	0,27	0,39	---	---	---	---
30	1,0	0,14	0,23	0,33	0,42	0,62	0,81	---	---	---
	2,0	0,09	0,15	0,18	0,23	0,33	0,42	0,54	---	---
	3,0	---	0,10	0,13	0,17	0,22	0,29	0,36	---	---
60	1,0	0,15	0,26	0,36	0,47	0,68	0,85	1,09	---	---
	2,0	0,10	0,15	0,21	0,26	0,36	0,47	0,56	0,72	---
	3,0	---	0,12	0,15	0,19	0,26	0,33	0,39	0,50	---
<i>Калібр-кільця для різей з точністю 6-8g</i>										
10	0,5	0,50	0,28	0,41	0,54	---	---	---	---	---
	1,0	0,09	0,15	0,22	0,28	0,41	0,54	0,68	---	---
	1,5	0,06	0,10	0,15	0,20	0,28	0,38	0,54	---	---
30	1,0	0,10	0,17	0,24	0,31	0,48	0,61	0,74	---	---
	2,0	0,06	0,10	0,13	0,17	0,24	0,31	0,39	0,47	0,61
	3,0	---	0,08	0,11	0,14	0,19	0,24	0,28	0,34	0,46
60	1,0	0,11	0,20	0,30	0,38	0,54	0,72	0,90	---	---
	2,0	0,07	0,13	0,16	0,22	0,29	0,38	0,45	0,59	0,72
	3,0	---	0,08	0,12	0,15	0,20	0,26	0,32	0,38	0,50

Для різей вищих ступенів точності час за таблицею застосовувати з коефіцієнтом 1,2.

**Допоміжний час на контрольні промірювання за допомогою
універсальних інструментів з встановленням на розмір $T_{\text{вим.}}$ хв.**

Вимірний інструмент	Точність вимірювання	Вимірюваний розмір, мм, до:	Вимірювана довжина, мм, до:				
			50	100	200	300	500
Штангенциркуль	до 0,1 мм	50	0,12	0,15	0,18	0,20	0,24
		100	0,13	0,16	0,19	0,22	0,24
		200	0,16	0,17	0,21	0,23	0,25
		400	0,22	0,25	0,32	---	---
Штангенглибиномір	до 0,05 мм		0,16	0,18	0,20	0,22	0,24
Мікрометр	6–7 квалітет	100	0,22	0,22	0,23	0,28	0,33
		200	0,27	0,27	0,28	0,29	0,33
Нутромір індикаторний	6–7 квалітет	50	0,17	0,20	0,23	0,26	---
		100	0,19	0,22	0,24	0,27	---
		200	0,22	0,26	0,27	0,29	---
Кутомір універсальний	до 5'		0,23	0,26	0,35	0,36	0,38
	понад 5'		0,20	0,23	0,24	0,27	0,33

**Допоміжний час на контрольні промірювання за допомогою
індикаторів годинникового типу $T_{\text{вим.}}$ хв.**

Контрольований параметр, мм, до:	Час, хв
50	0,05
100	0,06
200	0,06
300	0,07
400	0,07

Час на технічне обслуговування робочого місця $T_{\text{обсл.тех. хв.}}$
Заміна інструмента та підналагодження верстата

Токарні, розточувальні та свердлильні верстати

Різальний інструмент	Спосіб закріплення інструмента на верстаті	Точність встановлення, мм	Розмір інструмента, мм (діаметр чи квадрат), до:			
			Ø 20; 10 x 10	Ø 20; 15 x 15	Ø 50; 25 x 25	Ø понад 20; понад 10 x 10
Різни прохідні, підрізи, розточувальні	У різцетримач супорта	до 0,2 понад 0,2 ---	2,5 1,7 1,0	3,3 2,0 1,3	4,0 2,5 1,5	5,8 3,0 1,7
	У гніздо револьверної головки	---	2,0	2,5	---	---
Різни відрізи, канавкові, фаскові	У різцетримач супорта	до 0,2 понад 0,2 ---	1,7 1,3 0,80	2,0 1,5 1,1	2,3 2,0 1,2	2,3 2,0 1,3
	У гніздо револьверної головки	---	1,2	1,5	---	---
Різни фасонні	У різцетримач супорта	до 0,2 понад 0,2 ---	3,5 2,0 1,5	5,0 3,0 2,0	6,0 4,0 2,5	7,0 5,0 3,0
	У гніздо револьверної головки	---	2,5	3,5	---	---
Свердла, зенкери, розвертки, мітчики		---	0,40	0,50	0,60	0,70
Токарні, розточувальні та свердлильні верстати						
Свердла, зенкери, розвертки, зенківки, мітчики	У конус шпинделя	---	0,30	0,35	0,40	0,50
	У конус шпинделя з перехідною втулкою	---	0,50	0,55	0,60	0,65
	У кулачковий патрон	---	0,50	0,60	---	---
Комбіновані свердла, зенкери, розвертки		---	---	---	0,80	1,0

Фрезерні верстати									
Фрези	Кількість фрез у технологічному наявності	Діаметр фрези, мм, до:							
		50	80	100	160	200	320	400	500
Кінцеві	1	1,8	2,0	---	---	---	---	---	---
	2	2,7	3,0	---	---	---	---	---	---
Торцеві	1	1,5	1,9	2,2	2,8	3,1	4,0	4,5	5,0
	2	2,5	3,2	3,7	4,8	5,3	6,8	7,6	8,5
	3	3,5	4,5	5,2	6,7	7,5	9,6	10,7	12,0
	4	4,5	5,8	6,7	8,6	9,7	12,4	13,8	15,5
Дискові, лазові, відрізні	1	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	---	---
	2	2,6	3,6	4,6	5,6	6,6	7,6	---	---
	4	3,8	4,8	5,8	6,8	7,8	8,8	---	---
	6	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	---	---
Набір фрез з оправкою	---	3,0		4,5				---	

Час на технічне обслуговування робочого місяця $T_{\text{обсл.тех. хв.}}$
Одна правка шліфувального круга

Правка	Інструмент для правки	Поверхня правки	Ширина чи радіус круга, мм, до:	Шорсткість поверхні R_a мкм, до:				
				0,63	0,32			
<i>Круглошліфувальні верстати</i>								
Зі встановленням інструмента для правки на верстаті	Алмаз, алмазно-металевий олівець, твродсплавні диски і ролики	Периферія круга	40	1,8	2,0			
			60	2,0	2,3			
			80	2,3	2,6			
	Шліфувальний круг, гофровані шарошки	Периферія круга	до 10	1,5	1,6			
			40	1,6	1,9			
			60	1,8	2,2			
Без встановлення інструмента для правки на верстаті	Алмаз, алмазно-металевий олівець, твродсплавні диски і ролики	Периферія круга	80	2,1	2,5			
			Торець	до 10	1,3	1,5		
			40	1,4	1,6			
				60	1,6	1,9		
				80	1,8	2,2		
				Торець	до 10	1,1	2,2	
<i>Внутрішньошліфувальні верстати (з діаметром круга до 150 мм)</i>								
Без встановлення інструмента для правки на верстаті	Алмаз, алмазно-металевий олівець	Периферія круга	до 20	0,9	1,0			
			30	1,0	1,1			
			40	1,1	1,2			
			60	1,2	1,3			
	Твродсплавні диски і ролики	Периферія круга	до 20	1,2	1,3			
			30	1,4	1,5			
Без встановлення інструмента для правки на верстаті			40	1,5	1,7			
			60	1,8	2,1			
			<i>Плоскошліфувальні верстати, які працюють периферією круга</i>					
			Зі встановленням інструмента для правки на верстаті	Алмаз, алмазно-металевий олівець, твродсплавні ролики, шліфувальні круг, шарошка	Периферія круга	до 20	1,2	1,4
						40	1,4	1,6
						60	1,7	1,9
Торець	до 10	1,1				2,2		
				понад 10	1,1	1,2		
				<i>Безцентровошліфувальні верстати</i>				
Зі встановленням інструмента для правки на верстаті	Алмаз, алмазно-металевий олівець	Периферія круга	60	1,9	2,2			
			100	2,6	3,0			
			150	2,9	4,0			
			200	4,2	4,8			
	Твродсплавні ролики	Периферія круга	60	1,6	1,9			
			100	2,1	2,6			
			150	2,7	3,3			
			200	3,3	4,0			
	Металеві диски, шарошки	Периферія круга	60	1,4	---			
			100	1,8	---			
			150	2,3	---			
			200	2,8	---			

**Витрати часу на технічне обслуговування робочого місяця $T_{\text{обсл.тех.внтр}}$
у відсотках від основного часу $T_{\text{осн}}$**

<i>Тип верстата</i>	<i>$T_{\text{обсл.тех.внтр}}$ %</i>
Пласкошліфувальні, які прашують торцем круга:	
а) попереднє (чорнове) шліфування шириною:	
до 100 мм	3,0
до 200 мм	4,0
до 300 мм	5,0
б) кінцеве (чистове) шліфування шириною:	
до 200 мм	2,0
до 300 мм	3,0
Хонінгувальні	4,0
Суперфініші	4,0
Зубошліфувальні	6,0
Шліцешліфувальні	6,5
Зубофрезерні	2,5
Зубодовбальні	2,5
Зубошвінгувальні	2,0
Зубозаокруглювальні	2,0
Зубостругальні для:	
прямозубих конічних коліс	2,5
конічних коліс з криволінійними зубцями	2,0
Гайконарізувальні	2,0
Болтонарізувальні	2,0
Різефрезерні	2,0
Різнакатувальні напівавтомати	2,0
Протягувальні	2,0
Центрувальні	1,5

Витрати часу на організаційне обслуговування робочого місця $T_{обсл.орг}$
у відсотках від оперативного часу $T_{оп}$

Тип верстата	Розмірні характеристики верстата, мм	Основні розміри чи моделі верстата	Умови роботи	
			з охолодженням	без охолодження
Токарно-центрові операційні	Найбільший діаметр виробу над станіною	300 400 600	1,3 1,5 1,7	1,0 1,2 1,4
Токарні багаторізеви	---	---	1,7	1,4
Токарні багатошпиндельні напівавтомати	---	1262 1283	2,4 3,1	2,1 2,9
Різетокарні напівавтомати для коротких різей	---	---	1,3	1,0
Револьверні	---	---	1,3	1,0
Роточувальні	---	---	1,7	1,4
Вертикально-свердлильні	---	---	1,0	0,8
Вертикально-свердлильні багатошпиндельні	---	---	2,4	2,1
Крулошліфувальні	---	---	1,7	1,3
Внутрішньошліфувальні	---	---	2,0	1,7
Безцентровошліфувальні	---	---	2,2	---
Пласкошліфувальні з круглим столом	---	---	2,0	1,5
Пласкошліфувальні з прямокутним столом	Довжина стола, до	1000 2000	1,8 2,0	1,5 1,8
Хонігувальні	---	---	2,0	---
Суперфіншні	---	---	1,8	1,5
Фрезерні напівавтомати карусельного типу	Діаметр стола, до	1000 2000	2,4 3,0	2,1 2,8
Фрезерні напівавтомати барабанного типу	---	---	2,4	2,1
Шлицефрезерні	---	---	2,1	1,7
Шпонково-фрезерні вертикальні	---	---	1,4	1,2
Різефрезерні	---	---	1,3	1,0
Зубофрезерні	---	---	1,8	1,4
Зубодовбальні	---	---	1,8	1,4
Зубостругальні	---	---	1,8	---
Зубонарізувальні для конічних коліс	---	---	1,3	---
Зубоаокруглювальні	---	---	1,6	---
Зубошліфувальні	---	---	1,8	1,5
Зубошевінгувальні	---	---	1,6	---
Шлицешліфувальні	---	---	1,8	---
Протягувальні	---	---	1,7	---
Центрувальні	---	---	---	1,0

Витрати часу на перерви, відпочинок і особисті потреби $T_{\text{план-випр}}$
у разі встановлення деталей вручну (у відсотках від оперативного часу $T_{\text{оп}}$)

Маса деталі, кг, до:	Відсоток основного часу $T_{\text{осв}}$ від оперативного $T_{\text{оп}}$	Оперативний час $T_{\text{оп}}$ хв., до:						
		0,1	0,2	0,5	1,0	3,0	5,0	понад 5,0
<i>При роботі з ручною подачею</i>								
1	20	8	7	7	6	6	---	---
	40	8	7	7	7	7	---	---
	80	8	8	8	8	8	---	---
5	20	---	8	7	6	6	---	---
	40	---	8	7	7	7	---	---
	80	---	8	8	9	9	---	---
10	20	---	---	8	6	6	---	---
	40	---	---	8	7	7	---	---
	80	---	---	8	9	9	---	---
20	20	---	---	9	8	8	---	---
	40	---	---	9	9	9	---	---
	80	---	8	9	10	10	---	---
<i>При роботі з механічною подачею</i>								
1	40	---	---	7	6	6	5	---
	80	---	---	7	6	5	5	---
5	40	---	---	7	6	6	6	---
	80	---	---	7	6	6	5	---
10	40	---	---	8	6	6	6	5
	80	---	---	7	6	6	5	5
20	40	---	---	---	8	8	7	5
	80	---	---	---	7	7	6	5

Витрати часу на обслуговування, перерви, відпочинок і природні потреби
 $T_{\text{обсл.випл.вигр}}$ (у відсотках від оперативного часу $T_{\text{оп}}$).
 Одиничне, дрібно- та середньосерійне виробництво

Тип верстата	$T_{\text{обсл.випл.вигр}}$ %
Токарні з висотою центрів до:	
125 мм	6,0
200 мм	6,5
300 мм	7,0
Вертикально- і радіально-свердлильні (робота з механічною подачею) при найбільшому діаметрі свердління до:	
12 мм	5,5
50 мм	6,0
75 мм	6,5
Круглошліфувальні при точності шліфування:	
5-го квалітету	6,0
6-го квалітету	5,0
7-го квалітету	4,0
Безцентровошліфувальні при масі оброблюваної деталі:	
до 0,5 кг	5,0
до 1,0 кг	6,0
понад 1,0 кг	7,0
Внутрішньошліфувальні при точності шліфування:	
6-го квалітету	6,0
7-го квалітету	5,0
8-го квалітету	4,0
Плоскошліфувальні	4,0
Хонінгувальні	10,0
Суперфінішні	10,0
Горизонтально-, вертикально- й універсально-фрезерні верстати (робота з механічною подачею) при довжині стола до:	
750 мм	7,0
1 800 мм	8,0
2 500 мм	9,0
Різефрезерні при висоті центрів до	
150 мм	7,2
200 мм	8,0
300 мм	8,8
Зубофрезерні	8,8
Зубодовбальні	7,7
Зубостругальні	8,0
Зубоаокруглювальні	8,0
Зубошліфувальні	4,0
Зубошевінгувальні	7,2
Шліцефрезерні	7,6
Шліцешліфувальні	12,0
Протягувальні	7,5

Нормативи підготовчо-заключного часу $T_{пз}$ під час роботи на різних верстатах, хв.

Токарні та розточувальні верстати				
Спосіб встановлення заготовки та допоміжні прийоми	Кількість інструментів	Висота центру, мм, до:		
		125	200	300
<i>Загалом на налагодження верстата, інструмента та пристрою</i>				
У центрах	2	6,0	7,0	8,0
	4	8,0	9,0	10,0
	6	10,0	12,0	14,0
У патроні (самоцентрівному, цанговому чи пневматичному)	2	7,0	8,0	12,0
	4	9,0	10,0	14,0
	6	11,0	12,0	16,0
У самоцентрівному патроні з підтисканням центром задньої бабки	2	9,0	10,0	13,0
	4	11,0	12,0	15,0
	6	12,03	13,0	17,0
На планшайбі з кутником чи в центрувальному пристрої	2	11,0	12,0	16,0
	4	12,0	14,0	19,0
	6	16,0	18,0	22,0
На шпindelній оправці (кінцевій конусній, розтискній чи різцевої)	2	6,0	7,0	11,0
	4	8,0	9,0	13,0
	6	10,0	11,00	15,0
<i>На додаткові прийоми</i>				
Встановлення упора	---	1,0	1,5	2,0
Встановлення копіра	---	4,0	4,0	5,0
Встановлення різця на багаторізевої державці на спряжений розмір	---	2,0	2,0	3,0
Встановлення люнета з регулюванням	---	2,0	2,7	3,8
Поворот супорта на кут для оброблення кінчної поверхні	---	1,0	1,0	1,0
Зміщення задньої бабки для оброблення кінчної поверхні	---	2,0	2,5	3,0
Встановлення подачі по ходовому гвинту для нарізування різі:	---			
важелем коробки передач	---	1,0	1,0	1,0
перевстановленням зубчастих коліс гітари	---	3,0	3,0	4,0
Отримання інструментів і пристроїв до початку і здавання їх після закінчення оброблення	---	7-10		

Вертикально- та радіально-свердлильні верстати				
<i>Спосіб встановлення заготовки та допоміжні прийоми</i>	<i>Кількість інструментів</i>	<i>Найбільший діаметр оброблюваного отвору, мм</i>		
		<i>12</i>	<i>50</i>	<i>75</i>
<i>Загалом на одне налагодження верстата й встановлення пристрою</i>				
На столі без закріплення	1-5	3,0	4,0	5,0
	6-10	---	5,0	6,0
	понад 10	---	7,0	8,0
На столі з закріпленням двома болтами з планками	1-5	4,0	5,0	6,0
	6-10	---	7,0	8,0
	понад 10	---	8,0	10,0
У спеціальному пристрої чи лещатах при встановленні вручну і без їх закріплення	1-5	5,0	6,0	7,0
	6-10	---	7,0	8,0
	понад 10	---	9,0	10,0
У спеціальному пристрої чи лещатах при встановленні вручну з закріпленням пристрою чотирма болтами	1-5	---	9,0	10,0
	6-10	---	10,0	11,0
	понад 10	---	12,0	13,0
Збоку стола з закріпленням болтами і планками	1-5	---	13,0	20,0
	6-10	---	15,0	22,0
	понад 10	---	17,0	24,0
<i>На додаткові прийоми</i>				
Встановлення додаткового стола	---	---	3,0	3,0
Встановлення багатошпindelної головки	---	---	20,0	25,0
Встановлення упора	---	1,0	1,0	1,5
Встановлення кожного додаткового болта	---	---	0,6	0,6
Поворот стола на кут	---	---	2,0	2,0
Отримання інструментів і пристроїв до початку і здавання їх після закінчення оброблення	1-5	5,0		
	понад 5	7,0		
Горизонтально- та вертикально-фрезерні верстати				
<i>Спосіб встановлення заготовки та допоміжні прийоми</i>	<i>Довжина стола, мм, до:</i>			
	<i>750</i>	<i>1 250</i>	<i>1 800</i>	<i>2 500</i>
<i>Загалом на налагодження верстата й встановлення пристрою</i>				
На столі з закріпленням болтами і планками	12,0	14,0	16,0	18,0
У лещатах чи патроні з закріпленням чотирма болтами	14,0	16,0	18,0	20,0
У центрах чи патроні з ділильною головкою; у ділильному пристрої з закріпленням чотирма болтами	17,0	19,0	21,0	23,0
У спеціальному пристрої, який встановлюють вручну і закріплюють чотирма болтами	14,0	16,0	18,0	20,0
<i>На встановлення фрез</i>				
Встановлення фрез:				
1-2 шт.	2,0			
3-4 шт.	4,0			
5-6 шт.	6,0			

<i>На додаткові прийоми</i>				
Встановлення двох стійок, які притримують хобот	2,0	2,0	2,0	3,0
Встановлення шестерень для нарізування спіралей	3,0	4,0	4,0	5,0
Встановлення круглого стола	6,0	7,0	7,0	8,0
Встановлення копіра	7,0	8,0	9,0	10,0
Встановлення упора	2,0	3,0	3,0	4,0
Встановлення домкрата чи розпірки	2,0	2,0	2,0	3,0
Встановлення кожного додаткового болта	0,6	0,6	0,7	0,7
Поворот шпindelної бабки	1,0	1,0	1,0	2,0
Поворот стола	1,0	1,0	1,0	2,0
Отримання інструментів і пристроїв до початку і здавання їх після закінчення оброблення	7,0	7,0	10,0	10,0
Зубофрезерні верстати				
<i>Спосіб встановлення заготовки та допоміжні прийоми</i>	<i>Найбільший модуль нарізаного колеса, мм</i>			
	6		12	
<i>Загалом на налагодження верстата, інструмента й пристрою</i>				
На оправці чи перехідній втулці з кріпленням у конусі стола гайкою	15,0		19,0	
На оправці з підставкою і на підставках	40,0		40,0	
У центрах	21,0		26,0	
<i>На додаткові прийоми</i>				
Настроювання верстата на нарізування коліс з похилими зубцями на верстатах: – з диференціалом – без диференціалу	4,0 3,0		5,0 3,5	
Настроювання верстата на нарізування коліс шнековою фрезою методами протягування чи поперечної подачі	3,0		3,5	
Зміна оправки фрези	2,0		3,0	
Зміна фрезерної головки	6,0		10,0	
Зубостругальні верстати				
На оправці чи в цанговому патроні: з регулюванням різцевих головок з встановленням мірних прокладок для різців	22,0 20,0		30,0 28,0	
Зубодовбальні верстати				
<i>Спосіб встановлення заготовки та допоміжні прийоми</i>	<i>Найбільший модуль нарізаного колеса, мм</i>			
	6		8	
<i>Загалом на налагодження верстата, інструмента й пристрою</i>				
На оправці	18,0		22,0	
У пристрої	20,0		25,0	
<i>На додаткові прийоми</i>				
Зміна напрямних букс	5,0		6,0	
Зміна копіру	4,0		5,0	
Регулювання довжини ходу довбача	6,0		8,0	

Зубозаокруглювальні верстати		
<i>Спосіб встановлення заготовки та допоміжні прийоми</i>		Час, хв
<i>Загалом на налагодження верстата, інструмента й пристрою</i>		
На оправці		12,5
У центрах		11,0
<i>На додаткові прийоми</i>		
Зміна копірного кулачка		4,0
Зубошліфувальні верстати		
Для оброблення за 7-м ступенем точності двома тарілчастими кругами методом обкочування		120,0
Для оброблення за 7-м ступенем точності дисковим кругом методом обкочування		160,0
Для оброблення методом копіювання		180,0
Шліцефрезерні верстати		
<i>Загалом на налагодження верстата, інструмента й пристрою</i>		
У центрах чи цанговому патроні з центром		20,0
<i>На додаткові прийоми</i>		
Встановлення і зняття люнета		1,0
Зміна оправки фрези		4,0
Шліцешліфувальні верстати		
Шліфування фасонним кругом внутрішньої та бокових поверхонь у центрах чи цанговому патроні з підтисканням центром		23,0
Шліфування бокових поверхонь двома циліндричними кругами у центрах чи цанговому патроні з підтисканням центром		18,0
Шліфування бокових поверхонь двома конічними кругами у центрах чи цанговому патроні з підтисканням центром		20,0
Круглошліфувальні верстати		
<i>Спосіб встановлення заготовки</i>	<i>Висота центрів, мм</i>	
	<i>150</i>	<i>200</i>
У центрах; на оправці	7,0	8,0
У самоцентрівному патроні	10,0	11,0
У самоцентрівному патроні й люнеті	12,0	14,0
У чотирикулачковому патроні й люнеті	14,0	16,0

Внутрішньошліфувальні верстати					
<i>Спосіб встановлення заготовки</i>	<i>Найбільший діаметр отвора, мм, до:</i>				
	<i>130</i>	<i>260</i>	<i>500</i>		
У самоцентрівному чи цанговому патроні	7,0	9,0	11,0		
У чотирикулачковому патроні	15,0	17,0	19,0		
У спеціальному пристрої для зубчастих коліс	16,0	19,0	23,0		
У спеціальному пристрої: який встановлюється вручну	8,0	10,0	12,0		
який встановлюється за допомогою підйомача	---	13,0	15,0		
Безцентрові шліфувальні верстати					
<i>Спосіб встановлення заготовки</i>	<i>Метод шліфування</i>	<i>Допуск на оброблення, мм</i>			
		<i>до 0,03</i>	<i>понад 0,03</i>		
На напрямному ножі	Шліфування на прохід: зі зміною напрямного ножа без зміни напрямного ножа	17,0	15,0		
		11,0	9,0		
	Шліфування врізанням з поздовжнім упором: зі зміною напрямного ножа без зміни напрямного ножа	20,0	18,0		
		13,0	11,0		
	Додатковий час на кожен, понад один, прохід	7,0	7,0		
Хонінгувальні верстати					
<i>Спосіб встановлення заготовки</i>				<i>Час, хв</i>	
Для усіх умов встановлення й оброблення				5,0	
Суперфінішні верстати					
<i>Спосіб встановлення заготовки</i>				<i>Час, хв</i>	
Для усіх умов встановлення й оброблення				10,0	
Вертикально- та горизонтально-протягувальні верстати					
<i>Зміст роботи</i>	<i>Маса заготовки, кг, до:</i>				
	<i>3</i>	<i>10</i>	<i>25</i>	<i>80</i>	<i>понад 80</i>
Для усіх умов встановлення й оброблення	9,0	11,0	14,0	19,0	24,0

Нормативи основного часу $T_{осн}$ на слюсарно-складальні роботи, хв.

І. Загально-складальні роботи

1. Встановлення деталі (складальної одиниці) на площину (стіл, базову деталь) накладанням.

Зміст роботи: взяти деталь (складальну одиницю) масою Q , встановити на площину простим накладанням:

- для деталі (складальної одиниці) масою $Q = 0,25-2,0$ кг:

$$T_{осн} = 0,0280 \cdot Q^{0,10};$$

- для деталі (складальної одиниці) масою $Q = 2,0-20,0$ кг:

$$T_{осн} = 0,0225 \cdot Q^{0,34}.$$

Норму часу на прийом "Зняти складальну одиницю" застосовувати за вищенаведеними залежностями з коефіцієнтом 0,65

2. Встановлення деталі (складальної одиниці) на площину (стіл, базову деталь) із суміщенням по отворах, ребрах, рисках тощо.

Зміст роботи: взяти деталь (складальну одиницю) масою Q , встановити на площину із суміщенням по отворах, ребрах, рисках тощо:

- для деталі (складальної одиниці) масою $Q = 0,25-3,0$ кг із суміщенням по одному елементу:

$$T_{осн} = 0,0353 \cdot Q^{0,13};$$

- для деталі (складальної одиниці) масою $Q = 3,0-20,0$ кг із суміщенням по двох і більше елементах:

$$T_{осн} = 0,0243 \cdot Q^{0,43}.$$

Норму часу на прийом "Зняти складальну одиницю" застосовувати за вищенаведеними залежностями з коефіцієнтом 0,65

3. Встановлення деталі (складальної одиниці) у відкритий чи наскрізний (закритий) паз із суміщенням по отворах.

Зміст роботи: взяти деталь (складальну одиницю) масою $Q = 0,25-12,0$ кг, встановити на довжину $L = 50-200$ мм у відкритий чи наскрізний (закритий) паз із суміщенням по отворах:

$$T_{осн} = 0,0093 \cdot Q^{0,37} \cdot L^{0,57}.$$

4. Встановлення деталі (складальної одиниці) на вал чи в отвір з пересуванням до упору вручну.

Зміст роботи: взяти деталь (складальну одиницю) масою $Q = 0,25-20,0$ кг, встановити на вал, перемістити до упору на довжину $L = 25-800$ мм:

$$T_{осн} = 0,2839 \cdot Q^{0,144} \cdot L^{0,13} \cdot k,$$

де k - поправковий коефіцієнт, котрий залежить від діаметру отвору ($d = 25-400$ мм),
 $k = 0,2839 + 0,00245 \cdot d$

При пересуванні вала через декілька отворів (опор) чи при встановленні деталі на декілька валів (опор) одночасно, норму часу застосовувати з коефіцієнтом 1,2.

При суміщенні отворів з напрямними прямокутної форми норму часу застосовувати з коефіцієнтом 1,1.

При встановленні деталі (складальної одиниці) в отвір чи на вал із суміщенням по зубцю, шпонці норму часу застосовувати з коефіцієнтом 1,2.

5. Встановлення деталі (складальної одиниці) на вал чи в отвір за допомогою підймальних засобів (посадка з зазором).

Зміст роботи: взяти деталь (складальну одиницю) масою $Q = 50\text{--}600$ кг за допомогою підймального засобу, встановити з зазором на довжину $L = 60\text{--}250$ мм на вал чи в отвір:

$$T_{\text{осн}} = 0,0121 \cdot Q^{0,34} \cdot L^{0,34}$$

При встановленні деталі (складальної одиниці) діаметром понад 150 мм норму часу застосовувати з коефіцієнтом 1,1.

Для кожних 50 мм переміщення понад 250 мм норму часу необхідно збільшувати на величину $T_{\text{осн.доп.}} = 0,0242 + 0,006759 \cdot Q$

6. Встановлення деталі (складальної одиниці) на шліцевий вал чи в отвір вручну (посадка з зазором).

Зміст роботи: взяти деталь (складальну одиницю) масою $Q = 2\text{--}20$ кг, встановити на довжину $L = 25\text{--}400$ мм на шліцевий вал чи в отвір:

$$T_{\text{осн}} = 0,0160 \cdot Q^{0,38} \cdot L^{0,21}$$

При встановленні деталі (складальної одиниці) на вал (отвір) з кількістю шліців, меншою за 10, норму часу застосовувати з коефіцієнтом 0,9. При встановленні деталі (складальної одиниці) на вал (отвір) з кількістю шліців, понад 10, норму часу застосовувати з коефіцієнтом 1,1.

7. Встановлення деталі (складальної одиниці) на шпильки чи шпильками вручну.

Зміст роботи: взяти деталь (складальну одиницю) масою $Q = 0,5\text{--}20$ кг, встановити на шпильки чи шпильками висотою $L = 25\text{--}250$ мм; після виконання технологічної операції відкріпити та зняти:

$$T_{\text{осн}} = 0,0300 \cdot Q^{0,19} \cdot L^{0,18}$$

Норма часу, визначена за формулою, дійсна при встановленні деталі (складальної одиниці) на 2 і більше шпильок; при встановленні на одну шпильку норму часу застосовувати з коефіцієнтом 0,7. При знятті деталі (складальної одиниці) зі шпильок, норму часу застосовувати з коефіцієнтом 0,5.

8. Встановлення гвинтових циліндричних пружин в отвір чи на вал до упору.

Зміст роботи: взяти пружину висотою $H = 40,0\text{--}100,0$ мм, виготовлену з дроту діаметром d , встановити її в отвір чи на вал, пересуваючи до упору:

- для пружини діаметром до 20 мм ($d = 1,0\text{--}2,0$ мм):

$$T_{\text{осн}} = 0,0043 \cdot d^{0,45} \cdot H^{0,23}$$

- для пружини діаметром від 20 до 32 мм ($d = 2,0\text{--}4,0$ мм):

$$T_{\text{осн}} = 0,0054 \cdot d^{0,46} \cdot H^{0,23}$$

- для пружини діаметром від 32 до 50 мм ($d = 4,0\text{--}12,0$ мм):

$$T_{\text{осн}} = 0,0080 \cdot d^{0,36} \cdot H^{0,23}$$

9. Встановлення спіральних пружин.

Зміст роботи: взяти пружину висотою H , виготовлену з дроту діаметром $d = 0,5\text{--}2,0$ мм, встановити її:

- для пружини висотою до 25 мм:

$$T_{\text{осн}} = 0,1420 \cdot d^{0,18} \cdot H^{0,24}$$

- для пружини висотою понад 25 мм:

$$T_{\text{осн}} = 0,0545 \cdot d^{0,18} \cdot H^{0,28}$$

10. Встановлення плоских пружин

Зміст роботи: взяти пружину висотою H та з товщиною пластини $h = 0,5-2,0$ мм, встановити її:

- для пружини висотою до 25 мм:

$$T_{\text{осн}} = 0,0690 \cdot h^{0,28} \cdot H^{0,20};$$

- для пружини висотою понад 25 мм:

$$T_{\text{осн}} = 0,0500 \cdot h^{0,28} \cdot H^{0,29};$$

- для пружини висотою до 25 мм при встановленні на штифт:

$$T_{\text{осн}} = 0,0100 \cdot h^{0,26} \cdot H^{0,12};$$

- для пружини висотою понад 25 мм при встановленні на штифт:

$$T_{\text{осн}} = 0,0490 \cdot h^{0,26} \cdot H^{0,33};$$

11. Встановлення кілець пружинних у виточки отворів чи валів

Зміст роботи: взяти кільце пружинне товщиною $S = 1,0-5,0$ мм, встановити у виточку отвору (вала) діаметром $D = 10,0-90,0$ мм, відкласти інструмент:

$$T_{\text{осн}} = 0,0043 \cdot S^{0,54} \cdot D^{0,36};$$

Норма часу, визначена за формулою, дійсна для встановлення (пересування) кільця при співвідношенні L/D до 3,0 (L – довжина пересування кільця); при співвідношенні L/D понад 3,0, норму часу застосовувати з коефіцієнтом 1,1.

12. Встановлення ушільніювальних кілець, дисків, сальників

Зміст роботи: взяти ушільніювальне кільце (диск, сальник), встановити у виточку отвору чи вала діаметром D :

- сталеві чи чавунні кільця, диски, сальники:

$$T_{\text{осн}} = 0,0169 \cdot D^{0,30};$$

- те ж, при впресовуванні за допомогою оправки та молотка:

$$T_{\text{осн}} = 0,0456 \cdot D^{0,25};$$

- гумові кільця, диски, сальники:

$$T_{\text{осн}} = 0,0306 \cdot D^{0,21};$$

- те ж, при впресовуванні за допомогою оправки та молотка:

$$T_{\text{осн}} = 0,0628 \cdot D^{0,23};$$

- з подальшим обтисненням допомогою викрутки по всьому діаметру отвору (вала) до щільного прилягання ($D = 30,0-300,0$ мм):

$$T_{\text{осн}} = 0,0456 \cdot D^{0,25};$$

- те саме, за допомогою викрутки, оправки та молотка ($D = 30,0-300,0$ мм):

$$T_{\text{осн}} = 0,0628 \cdot D^{0,23};$$

13. Встановлення призматичних шпонок у паз вала

Зміст роботи: взяти шпонку довжиною $L = 20-125$ мм та висотою $H = 5-12$ мм та спеціальний молоток, встановити шпонку у паз вала, посадити шпонку до упору, відкласти молоток:

$$T_{\text{осн}} = 0,0122 \cdot D^{0,29};$$

14. Встановлення сталевих кульок в отвір, гніздо чи канавку

Зміст роботи: взяти кульку діаметром $d = 10,0-30,0$ мм, встановити її в отвір, гніздо чи канавку:

$$T_{\text{осн}} = 0,0340 \cdot d^{0,22}$$

15. Встановлення прокладок на площину зі суміщенням по отворах

Зміст роботи: взяти прокладку, встановити на площину, попередньо сумістивши по отворах:

- прямокутні та фасонні прокладки з максимальними габаритами $L = 100-400$ мм і $B = 60-400$ мм:

$$T_{\text{осн}} = 0,0089 \cdot L^{0,26} \cdot B^{0,18};$$

- круглі прокладки діаметром $D = 100-400$ мм:

$$T_{\text{осн}} = 0,0122 \cdot D^{0,29}$$

У разі встановлення м'яких прокладок норму часу застосовувати з коефіцієнтом 1,5.

У разі одночасного встановлення декількох прокладок норму часу застосовувати з коефіцієнтом 0,85 для кожної прокладки.

16. Встановлення прокладок на шпильки, болти, виступи

Зміст роботи: взяти прокладку, встановити на n шпильок (болтів, виступів) ($n = 4-8$), висотою $H = 50-100$ мм:

- жорсткі прямокутні прокладки з максимальним габаритом $L = 100-500$ мм:

$$T_{\text{осн}} = 0,0033 \cdot L^{0,35} \cdot H^{0,20} \cdot n^{0,35};$$

- жорсткі круглі прокладки з діаметром $D = 100-400$ мм:

$$T_{\text{осн}} = 0,0030 \cdot D^{0,35} \cdot H^{0,20} \cdot n^{0,35};$$

- м'які прямокутні прокладки з максимальним габаритом $L = 100-320$ мм ($n = 2-12$):

$$T_{\text{осн}} = 0,0062 \cdot L^{0,34} \cdot H^{0,14} \cdot n^{0,22};$$

- м'які круглі прокладки з діаметром $D = 100-320$ мм ($n = 2-12$):

$$T_{\text{осн}} = 0,0122 \cdot D^{0,28} \cdot H^{0,16} \cdot n^{0,26}$$

При одночасному встановленні декількох прокладок норму часу застосовувати з коефіцієнтом 0,85 для кожної прокладки.

17. Встановлення болтів, пальців в отвір деталі (кількох деталей)

Зміст роботи: взяти болт (палець), діаметром $d = 10-40$ мм, встановити в отвір деталі (n деталей, $n = 1-6$) на довжину $L = 16-80$ мм:

$$T_{\text{осн}} = 0,0073 \cdot L^{0,05} \cdot d^{0,41} \cdot n^{0,24}$$

При одночасному захопленні (пригоршню) декількох болтів (пальців) норму часу застосовувати з коефіцієнтом 0,8.

18. Встановлення шайб (звичайних, пружинних, стопорних тощо) на вали, болти, гвинти тощо

Зміст роботи: взяти шайбу з внутрішнім діаметром $D = 4-40$ мм, встановити на вал (болт, гвинт тощо), пересунути на довжину $L = 6-160$ мм:

- при діаметрі до 10 мм:

$$T_{\text{осн}} = 0,0070 \cdot D^{0,38} \cdot L^{0,10};$$

- при діаметрі понад 10 мм:

$$T_{\text{осн}} = 0,0040 \cdot D^{0,37} \cdot L^{0,10}$$

У разі одночасного захоплення (пригоршню) декількох болтів (пальців) норму часу застосовувати з коефіцієнтом 0,8.

19. Встановлення гумового шланга на патрубок

Зміст роботи: взяти гумовий шланг $D = 8-80$ мм, встановити на патрубок:

$$T_{\text{осн}} = 0,0003 \cdot D^{1,50}$$

20. Встановлення, закріплення деталі (складальної одиниці) у лещатах та її відкріплення і зняття вручну

Зміст роботи: взяти деталь (складальну одиницю) масою Q , встановити у лещатах та закріпити; після виконання технологічної операції відкріпити та зняти:

- для деталі (складальної одиниці) масою до 3 кг:

$$T_{\text{осн}} = 0,0490 \cdot Q^{0,12};$$

- для деталі (складальної одиниці) масою понад 3 кг:

$$T_{\text{осн}} = 0,0460 \cdot Q^{0,31}$$

21. Закріплення та відкріплення деталі (складальної одиниці) у пристрої вручну

Зміст роботи: закріпити деталь (складальну одиницю) масою $Q = 1-20$ кг у пристрої; після виконання технологічної операції відкріпити та зняти:

- закріпити деталь (складальну одиницю) повороттям руків'я пневматичного чи гідравлічного затискача:

$$T_{\text{осн}} = 0,0144 \text{ хв};$$

- відкріпити деталь (складальну одиницю) повороттям руків'я пневматичного чи гідравлічного затискача:

$$T_{\text{осн}} = 0,0096 \text{ хв}.$$

- закріпити та відкріпити деталь (складальну одиницю) повороттям руків'я одного ексцентрикового затискача:

$$T_{\text{осн}} = 0,0230 \cdot Q^{0,13};$$

- закріпити та відкріпити деталь (складальну одиницю) повороттям руків'ями двох ексцентрикових затискачів:

$$T_{\text{осн}} = 0,0320 \cdot Q^{0,19}.$$

- закріпити та відкріпити деталь (складальну одиницю) за допомогою відкидного болта з гайкою:

$$T_{\text{осн}} = 0,0800 \cdot Q^{0,35}.$$

III. Різеви з'єднання**22. Попереднє загвинчування ("наживлення") болтів, гвинтів, шпильок, нагвинчування гайок тощо на 2-3 нитки різи вручну**

Зміст роботи: взяти болт (гвинт, шпильку, гайку тощо) з діаметром різи $d = 4-38$ мм; встановити на спряжувану деталь, загвинтити на 2-3 нитки.

$$T_{\text{осн}} = 0,0380 \cdot d^{0,17}$$

У разі одночасного захоплення (пригоршню) декількох деталей норму часу для кожної наступної деталі застосовувати з коефіцієнтом 0,8.

У разі одночасного наживлення двох різевих деталей норму часу застосовувати з коефіцієнтом 0,85.

23. Остаточне загвинчування болтів, нагвинчування гайок тощо гайковим ключем після ручного наживлення

Зміст роботи: взяти гайковий ключ і встановити його на деталь (болт, гвинт, гайку тощо) з діаметром різі $d = 8-20$ мм та кроком різі $t = 1,0-2,0$ мм; загвинтити деталь до упору на довжину $L = 10-32$ мм; зняти ключ з деталі та відкласти його (перемістити до наступної деталі).

$$T_{\text{осн}} = 0,0105 \cdot d^{0,32} \cdot t^{-0,47} \cdot L^{0,54}$$

На встановлення та зняття гайкового ключа при підтримуванні іншим ключем, до норми часу додати 0,02 хв.

24. Остаточне загвинчування болтів, нагвинчування гайок тощо торцевим ключем після ручного наживлення

Зміст роботи: взяти гайковий ключ і встановити його на деталь (болт, гвинт, гайку тощо) з діаметром різі $d = 8-42$ мм та кроком різі $t = 0,7-3,0$ мм; загвинтити деталь до упору на довжину $L = 10-40$ мм; зняти ключ з деталі та відкласти його (перемістити до наступної деталі).

$$T_{\text{осн}} = 0,0105 \cdot d^{0,35} \cdot t^{-0,60} \cdot L^{0,40}$$

На встановлення та зняття гайкового ключа, у разі підтримування іншим ключем, до норми часу додати 0,02 хв.

25. Остаточне загвинчування болтів, нагвинчування гайок тощо динамометричним ключем після ручного наживлення

Зміст роботи: взяти динамометричний ключ і встановити його на деталь (болт, гвинт, гайку тощо) з діаметром різі $d = 6-40$ мм; загвинтити деталь до упору з заданим зусиллям (перемістити до наступної деталі).

$$T_{\text{осн}} = 0,0148 \cdot d^{0,46}$$

26. Остаточне загвинчування болтів, нагвинчування гайок тощо коловоротним ключем після ручного наживлення

Зміст роботи: взяти коловоротний ключ і встановити його на деталь (болт, гвинт, гайку тощо) з діаметром різі $d = 8-42$ мм; загвинтити деталь до упору на довжину $L = 10-40$ мм; зняти ключ з деталі та відкласти його (перемістити до наступної деталі).

$$T_{\text{осн}} = 0,0050 \cdot d^{0,14} \cdot L^{0,83}$$

27. Остаточне загвинчування болтів, нагвинчування гайок тощо одношпindelним електро- чи пневмогайковертом після ручного наживлення.

Зміст роботи: взяти гайковерт і встановити його на деталь (болт, гвинт, гайку тощо) з діаметром різі $d = 6-40$ мм; загвинтити деталь до упору на довжину $L = 10-40$ мм; зняти гайковерт з деталі та відкласти його (перемістити до наступної деталі).

$$T_{\text{осн}} = 0,0031 \cdot d^{0,15} \cdot L^{0,74}$$

На встановлення та зняття гайковерта у разі підтримування гайковим ключем до норми часу додати 0,02 хв.

28. Остаточне загвинчування болтів, гвинтів, шпильок, нагвинчування гайок тощо багатошпindelним гайковертом після ручного наживлення

Зміст роботи: взяти гайковерт з n шпindelями ($n = 2-19$) і встановити його на деталі (болти, гвинти, гайки тощо); загвинтити деталі до упору; зняти гайковерт та відкласти його (перемістити до наступної деталі).

- при діаметрі різі до 12 мм:

$$T_{\text{осн}} = 0,0313 \cdot n^{0,69};$$

- при діаметрі різі до 20 мм:

$$T_{\text{осн}} = 0,0477 \cdot n^{0,55}.$$

29. Загвинчування гайки радіусним ключем

Зміст роботи: взяти гайку з діаметром різі $d = 10-85$ мм та наживити її вручну; взяти ключ і встановити його на гайку; загвинтити гайку остаточно на довжину $L = 10-40$ мм; зняти ключ з гайки та відкласти його (перемістити до наступної гайки).

- при діаметрі різі до 20 мм:

$$T_{\text{осн}} = 0,0140 \cdot d^{0,35} \cdot L^{0,75};$$

- при діаметрі різі понад 20 мм:

$$T_{\text{осн}} = 0,0070 \cdot d^{0,39} \cdot L^{0,72}.$$

30. Загвинчування гвинтів викруткою вручну

Зміст роботи: взяти гвинт з кроком різі $t = 0,5-1,75$ мм та наживити його вручну; взяти викрутку і встановити її у шлиць гвинта; загвинтити гвинт остаточно на довжину $L = 4-32$ мм; зняти викрутку з гвинта та відкласти її (перемістити до наступного гвинта).

$$T_{\text{осн}} = 0,0299 \cdot t^{-1,04} \cdot L^{0,53}.$$

У разі одночасного захоплення (пригоршню) декількох гвинтів норму часу для кожного наступного гвинта застосовувати з коефіцієнтом 0,8.

31. Загвинчування гвинтів пневматичною викруткою

Зміст роботи: взяти гвинт з кроком різі $t = 0,5-1,75$ мм та наживити його вручну; взяти викрутку і встановити її у шлиць гвинта; загвинтити гвинт остаточно на довжину $L = 4-32$ мм; зняти викрутку з гвинта та відкласти її (перемістити до наступного гвинта).

$$T_{\text{осн}} = 0,0113 \cdot t^{-0,98} \cdot L^{0,77}.$$

У разі одночасного захоплення (пригоршню) декількох гвинтів норму часу для кожного наступного гвинта застосовувати з коефіцієнтом 0,8.

32. Загвинчування та нагвинчування деталей з різевими поверхнями (типу штуцерів, корків, маслянок тощо) вручну

Зміст роботи: взяти деталь з кроком різі $t = 0,5-1,75$ мм та наживити її вручну; взяти інструмент і встановити його на деталь (у шлиць деталі); загвинтити деталь остаточно на довжину $L = 4-32$ мм; зняти інструмент з деталі та відкласти його (перемістити до наступної деталі).

$$T_{\text{осн}} = 0,0258 \cdot t^{1,38} \cdot L^{1,00}.$$

III. Пресові з'єднання**33. Запресовування деталі (вузла) в отвір чи на вал вручну**

Зміст роботи: взяти деталь (вузол) масою $Q = 0,5-3,0$ кг та діаметром запресовування $D = 16-63$ мм; встановити в отвір (на вал); взяти оправку та молоток; запресувати на довжину $L = 16-100$ мм; відкласти оправку та молоток; зняти та відкласти деталь (вузол).

$$T_{\text{осн}} = 0,0430 \cdot L^{0,06} \cdot Q^{0,03} \cdot D^{0,21}$$

За наявності шпонки норму часу застосовувати з коефіцієнтом 1,2.

34. Запресовування штифтів вручну

Зміст роботи: взяти штифт; встановити в отвір; взяти молоток; запресувати штифт на довжину $L = 10-100$ мм; відкласти молоток.

$$T_{\text{осн}} = 0,0120 \cdot L^{0,50}$$

35. Запресовування деталі (вузла) в отвір чи на вал за допомогою преса

Зміст роботи: взяти деталь (вузол) масою $Q = 0,5-20,0$ кг; встановити в отвір (на вал); ввімкнути прес; запресувати на довжину $L = 10-160$ мм; вимкнути прес; зняти та відкласти деталь (вузол).

- при роботі на гідравлічному пресі:

$$T_{\text{осн}} = 0,0405 \cdot L^{0,19} \cdot Q^{0,22}$$

- при роботі на пневматичному пресі:

$$T_{\text{осн}} = 0,0070 \cdot L^{0,19} \cdot Q^{0,22}$$

- при роботі на рейковому пресі ($Q = 0,5-8,0$ кг, $L = 10-160$ мм):

$$T_{\text{осн}} = 0,0448 \cdot L^{0,19} \cdot Q^{0,22}$$

Норму часу при роботі на гідравлічних та пневматичних пресах застосовувати з коефіцієнтом k , значення якого наведено у таблиці:

Тип преса	Робочий хід штока, м/хв.	Зворотній хід штока, м/хв.	Коефіцієнт k
Гідравлічний	3,25	6,40	1,00
	2,50	5,00	1,10
	2,00	4,00	1,25
Пневматичний	4,50	8,00	1,00
	3,00	5,50	1,10
	2,00	3,50	1,30

IV. Заклепкові з'єднання.**36. Заклепування за допомогою пневматичного молотка**

Зміст роботи: взяти п заклепок діаметром $D = 3-8$ мм та встановити в отвір; підкласти підставку; взяти пневматичний молоток та ввімкнути його; встановити молоток та розклепати п заклепок ($n = 1-8$); перемістити молоток до наступної заклепки; вимкнути пневматичний молоток та відкласти його.

$$T_{\text{осн}} = 0,0600 \cdot D^{0,44} \cdot n^{-0,30} \cdot k_1 \cdot k_2$$

У відзначеній залежності k_1 – коефіцієнт, який залежить від матеріалу заклепки (для сталей $k_1 = 1,0$; для кольорових металів $k_1 = 0,65$); k_2 – коефіцієнт, який залежить від способу заклепування (на плиті $k_2 = 1,0$; на підставці $k_2 = 1,25$).

37. Заклепування на гідравлічних та пневматичних пресах

Зміст роботи: взяти деталь (вузол) масою $Q = 3-20$ кг та встановити на стіл (підставку) преса; взяти n заклепок (пістонів) ($n = 1-8$) та встановити в отвори; розклепати заклепку (пістон); перемістити пресовий вузол до наступної заклепки (пістона); зняти вузол та відкласти.

- при роботі на пневматичному пресі та вібраційному верстаті:

$$T_{\text{осн}} = 0,0322 \cdot Q^{0,54} \cdot n^{-0,27};$$

- при роботі на гідравлічному пресі:

$$T_{\text{осн}} = 0,0440 \cdot Q^{0,40} \cdot n^{-0,22};$$

- при роботі на пресі для заклепування пістонів:

$$T_{\text{осн}} = 0,0392 \cdot Q^{0,46} \cdot n^{-0,32}.$$

При використанні заклепок з кольорових сплавів норму часу застосовувати з коефіцієнтом 0,7.

Норма часу на заміну підставки та бійка під головку заклепки становить 0,04 хв.

38. Заклепування на гідравлічному клепальному апараті з підвісною скобою

Зміст роботи: підвести скобу; взяти n заклепок ($n = 1-30$) та встановити в отвори з міжосьовою віддаллю $L = 100-500$ мм; розклепати заклепку; перемістити скобу до наступної заклепки, відвести скобу.

$$T_{\text{осн}} = L^{0,07} \cdot n^{0,22}.$$

При використанні заклепок з кольорових сплавів норму часу застосовувати з коефіцієнтом 0,7.

V. Стопорні з'єднання**39. Стопоріння різевих з'єднань стопорними замковими пластинами (шайбами)**

Зміст роботи: взяти стопорну замкову пластину (шайбу) товщиною $S = 0,5-2,0$ мм з n стопорними кутами ($n = 1-4$) та встановити на стрижень спряжуваної різцевої деталі; взяти інструмент; загнути кути пластини (шайби) за гранями гайки (головки болта) або обчислити ланки пластини (шайби); відкласти інструмент.

$$T_{\text{осн}} = 0,0530 \cdot S^{0,33} \cdot n^{0,44}$$

При стопорінні понад чотири з'єднання за один прийом, норму часу застосовувати з коефіцієнтом 0,7.

40. Стопоріння різевих з'єднань шпінтами

Зміст роботи: взяти шпінт довжиною $L = 25-100$ мм та діаметром $d = 1,0-30,0$ мм та встановити (забити) в отвір стрижня спряжуваної різцевої деталі; взяти інструмент; відігнути (розвести) кінці шпінта до прилягання по діаметру за діаметру стрижня спряжуваної різцевої деталі; відкласти інструмент.

$$T_{\text{осн}} = 0,0386 \cdot L^{0,25} \cdot d^{0,25}$$

За наявності з'єднання, яке вимагає суміщення отворів, норму часу застосовувати з коефіцієнтом 1,3.

У разі стопоріння понад п'ять з'єднань за один прийом норму часу застосовувати з коефіцієнтом 0,9. За одночасного стопоріння понад десять з'єднань за один прийом норму часу застосовувати з коефіцієнтом 0,8.

VI. Інші слюсарно-складальні роботи**41. Заповнення вузлів та внутрішніх порожнин деталей (вузлів) мастильними матеріалами**

Зміст роботи: шприц (маслянку тощо) разом з мастилом; заповнити мастилом об'ємом $V = 10-800 \text{ см}^3$ внутрішню порожнину деталі (вузла).

- для малов'язких мастил при заповненні з відкритої посудини:

$$T_{\text{осн}} = 0,0200 \cdot V^{0,30};$$

- для в'язких мастил при заповненні з відкритої посудини:

$$T_{\text{осн}} = 0,0280 \cdot V^{0,33};$$

- для малов'язких та рідких мастил при заповненні за допомогою маслянки:

$$T_{\text{осн}} = 0,0130 \cdot V^{0,43};$$

- для консистентних мастил при заповненні за допомогою шприца:

$$T_{\text{осн}} = 0,0430 \cdot V^{0,43};$$

- для консистентних мастил при заповненні за допомогою лопатки:

$$T_{\text{осн}} = 0,0320 \cdot V^{0,42};$$

42. Змащування деталей клеєм

Зміст роботи: розкласти деталі; взяти пензель; змастити поверхні деталей загальною площею $S = 50-500 \text{ см}^2$; відкласти пензель.

$$T_{\text{осн}} = 0,1390 \cdot S^{0,13};$$

43. Обдування деталей (вузлів) стисненим повітрям перед складанням

Зміст роботи: взяти шланг обдувальної установки; відкрити вентиль (кран); обдути деталь (вузол) загальною довжиною $L = 200-1000 \text{ м}$; закрити вентиль (кран), відкласти шланг.

- для простих деталей з гладкою поверхнею:

$$T_{\text{осн}} = 0,0150 \cdot L^{0,31};$$

- для складних деталей з виступами, отворами, кишенями тощо:

$$T_{\text{осн}} = 0,0150 \cdot L^{0,38};$$

Нормативи допоміжного часу для виконання слюсарно-складальних робіт

А. Час на переміщення деталей, вузлів, технологічного оснащення $T_{\text{перем.компл}}$ хв.

1. Переміщення деталей (вузлів) чи скриньок з дрібними деталями до місця складання вручну.

Зміст роботи: підійти до місця розміщення деталей (вузлів) чи скриньок з дрібними деталями, взяти деталь (вузол, скриньку) масою $Q = 1,0-20,0$ кг та перемістити її на віддаль до l м.; покласти деталь (вузол, скриньку) на місце складання.

$$T_{\text{перем.компл}} = 0,0150 \cdot Q^{0,55}$$

2. Переміщення деталей (вузлів) чи скриньок з дрібними деталями до місця складання за допомогою вантажопідіймальних механізмів.

Вид вантажопідіймального механізму	Вантажопідіймальність, кг	Швидкість, м/хв.		Норма часу на віддаль l м, хв.	
		підіймання	переміщення	підіймання	переміщення
Підіймач пневматичний. Таль електрична. Тельфер. Кранбалка з тельфером	125	12-14	вручну	0,083-0,072	---
	250	8		0,125	
		12		0,111	
		18-20		0,056-0,050	
	500	3		0,332	
		8	18,5	0,125	0,054
	750	12-16	вручну	0,075	0,036
		8	30	0,125	0,033
	1 000	6	20	0,167	0,050
		7,5	30	0,134	0,033
		8	вручну	0,125	---
			20	0,125	0,050
30	0,033				
		34		0,29	
Переміщення вантажопідіймальних механізмів вручну				Норма часу на віддаль l м, хв.	
По монорейсі	без вантажу		0,020		
	з вантажем по прямій		0,030		
	з вантажем по колу		0,050		

На прийоми "Увімкнути механізм" та "Вимкнути механізм" до норми часу додати по 0,015 хв.

На прийом "Застрополити деталь (вузол) захватами кількістю n ", до норми часу додати час, який дорівнює

$$T_{\text{перем.компл}} = 0,0480 \cdot n$$

На прийом "Розстрополити" деталь (вузол) захватами кількістю n ", до норми часу додати час, який дорівнює

$$T_{\text{перем.компл}} = 0,0340 \cdot n$$

3. Переміщення деталей (вузлів) по рольгангу

Зміст роботи: підійти до рольганга; перемістити деталь (вузол) масою $Q = 12-300$ кг по рольгангу на віддаль $L = 1-2$ м.

$$T_{\text{перем.компл}} = 0,0226 + 0,0049 L + 0,0001 Q + 0,0001 L \cdot Q$$

На кожні, понад 2 м, метр переміщення деталі (вузла) до норми часу додати час, який дорівнює

$$T_{\text{перем.компл}} = 0,0064 + 0,0001 Q$$

4. Переміщення деталей (вузлів) по склизу

Зміст роботи: підійти до склизу; зіштовхнути деталь (вузол) масою $Q = 5-50$ кг.

$$T_{\text{перем.компл}} = 0,0161 + 0,0004 Q.$$

5. Вільне переміщення ручних та механізованих інструментів

- взяти дрібний ручний інструмент (гайковий ключ, викрутку тощо), який розташований на віддалі L :

$$T_{\text{перем.компл}} = 0,0189 \cdot L^{0,23};$$

- відкласти дрібний ручний інструмент (гайковий ключ, викрутку тощо), на віддаль L :

$$T_{\text{перем.компл}} = 0,0161 \cdot L^{0,51};$$

- зняти знімний електричний (пневматичний) інструмент з підвіски, яка перебуває на віддалі L , та увімкнути:

$$T_{\text{перем.компл}} = 0,0099 \cdot L^{0,58};$$

- вимкнути, відвести на віддаль L чи відкласти знімний електричний (пневматичний) інструмент:

$$T_{\text{перем.компл}} = 0,0067 \cdot L^{0,58};$$

- взяти, підтягнути до робочої зони підвісний електричний (пневматичний) інструмент, який перебуває на віддалі $L = 0,5-2,0$ м, та увімкнути:

$$T_{\text{перем.компл}} = 0,0232 \cdot L^{0,53};$$

- вимкнути, та відвести на віддаль $L = 0,5-2,0$ м підвісний електричний (пневматичний) інструмент:

$$T_{\text{перем.компл}} = 0,0157 L^{0,45};$$

Працюючи з інструментом, маса якого більша за 5 кг, норму часу застосовувати з коефіцієнтом 1,15.

6. Переміщення ручних та механізованих інструментів за технологічною схемою складання

Зміст роботи: перемістити інструмент масою $Q = 0,5-12,0$ кг за технологічною схемою складання на віддаль $L = 300-1200$ мм.

$$T_{\text{перем.компл}} = 0,0014 \cdot Q^{0,22} \cdot L^{0,25};$$

7. Повертання та перевертання деталей (вузлів) масою $Q = 1-20$ кг, встановлених у пристроях у горизонтальній площині

- на кут до 90° :

$$T_{\text{перем.компл}} = 0,0130 \cdot Q^{0,29};$$

- на кут понад 90° до 180° :

$$T_{\text{перем.компл}} = 0,0159 \cdot Q^{0,29}.$$

Для деталей (вузлів) завдовжки понад 1,5 м, норму часу застосовувати з коефіцієнтом 1,3.

8. Повертання та перевертання деталей (вузлів) масою $Q = 1-20$ кг, встановлених у пристроях у вертикальній площині

$$T_{\text{перем.компл}} = 0,0228 \cdot Q^{0,29}.$$

Для деталей (вузлів) завдовжки понад 1,5 м, норму часу застосовувати з коефіцієнтом 1,3.

9. Повертання та перевертання деталей (вузлів) масою $Q = 10-300$ кг, встановлених у пристроях довкола осі

- на кут до 90° :

$$T_{\text{перем.компл}} = 0,0130 \cdot Q^{0,29};$$

- на кут понад 90° до 180° :

$$T_{\text{перем.компл}} = 0,0159 \cdot Q^{0,29}.$$

Для деталей (вузлів) завдовжки понад 1,5 м, норму часу застосовувати з коефіцієнтом 1,3.

Б. Час на вимірювання і контроль складеного вузла Твим, хв.

1. Контроль зазорів щупом

Зміст роботи: взяти щуп (набір контрольних пластин; вибрати з набору пластину необхідного розміру; проконтролювати зазор величиною $S = 0,05-0,25$ мм за всією довжиною $L = 50-500$ мм чи в окремих точках; відкласти щуп (пластину).

- при контролі за всією довжиною з'єднання, без відриву щупа (пластини):

$$T_{\text{вим}} = 0,0138 \cdot L^{0,28} \cdot S^{-0,23};$$

- при переривчастому контролі в n окремих точках з'єднання ($n = 1-16$):

$$T_{\text{вим}} = 0,0300 \cdot n^{0,56} \cdot S^{-0,36}.$$

Додаток 141

Нормативи допоміжного часу при виконанні слюсарно-складальних робіт.

Час на власні переміщення робітника при складанні $T_{\text{перем.роб. хв.}}$

Переміщення робітника, пов'язане з плануванням робочого місця	Висота розміщення деталей (вузлів)	
	від 06 до 1,0 м	нижче за 0,6 м
Переміщення робітника відсутнє	---	---
Крок убік на віддаль L (Нахил корпусу. Випрямлення корпусу). Зворотний крок до місця складання	0,02	0,06
Поворот корпусу на $45-90^\circ$. Переміщення до місця розташування деталей (вузлів) на віддаль L (Нахил корпусу. Випрямлення корпусу). Зворотний поворот корпусу. Переміщення до місця складання на віддаль L .	$0,0050 + 0,0295 L$	$0,0630 + 0,0235 L$
Поворот корпусу на 180° . Переміщення до місця розташування деталей (вузлів) на віддаль L (Нахил корпусу. Випрямлення корпусу). Зворотний поворот корпусу на 180° . Переміщення до місця складання на віддаль L .	$0,0350 + 0,0255 L$	$0,0755 + 0,0241 L$

У разі взяття та переміщення до місця складання кількох деталей (вузлів) табличну норму часу поділити на їх кількість.

В умовах рухомого конвеєра до табличної норми часу додати 0,010 хв. на кожен 1 м переміщення без вантажу та 0,015 хв. – на кожен 1 м переміщення з вантажем.

**Нормативи допоміжного часу під час виконання слюсарно-складальних робіт.
Час на організаційно-технічне обслуговування робочого місця $T_{обсл}$
у відсотках від оперативного часу $T_{оп}$.**

Витрати робочого часу	Місце складання	Робота за допомогою інструмента	
		механізованого	немеханізованого
Розкладання інструментів на початку зміни та їх прибирання у кінці зміни. Прибирання робочого місця під час роботи та у кінці зміни.	Конвеєр	5,0	3,0
Регулювання (підналагоджування) механізованих інструментів та пристроїв під час роботи. Заміна інструментів.	Складальний стіл (стенд)	4,0	2,0

**Нормативи допоміжного часу при виконанні слюсарно-складальних робіт.
Час на відпочинок та природні потреби $T_{відп}$ у відсотках від оперативного часу $T_{оп}$.**

ВО	Витрати часу на відпочинок залежно від факторів втомлюваності						Витрати часу на особисті потреби	Всього
	ФЗ	НН	ТР	ВШ	РП	МТ		
Робота вручну								
1	1	1	3	1	1	1	2	10
3	2	1	3	1	1	1	2	11
5	3	1	3	1	1	1	2	12
8	4	1	3	1	1	1	2	13
10	5	1	3	1	1	1	2	14
Робота з використанням вантажопідіймальних засобів								
---	---	---	1	1	1	1	2	6

ВО – вантажообіг за зміну, тонн.

ФЗ – фізичні зусилля (норму витрат у таблиці наведено для робіт, які виконуються з помірними фізичними зусиллями).

НН – нервові напруження (норму витрат у таблиці наведено для робіт, які виконуються з помірним нервовим напруженням).

ТР – темп роботи (норму витрат у таблиці наведено для робіт, які виконуються з середнім темпом роботи).

ВШ – виробничий шум та вібрація (норму витрат у таблиці наведено для робіт з помірним виробничим шумом та вібрацією). Для робіт з використанням пневматичного інструмента до табличної норми витрат додати 4%. Для робітників; які працюють у зоні роботи такого інструмента до табличної норми витрат додати 2%.

РП – робоче положення (норму витрат у таблиці наведено для робіт, які виконуються у положенні "сидячи" чи "стоячи"). У разі незручного положення робітника протягом виконання роботи та необхідності нагинатися, повертати корпус, піднімати руки тощо до табличної норми витрат додати 1%.

МТ – монотонність роботи (норму витрат у таблиці наведено для робіт з незначною монотонністю (тривалістю повторюваних операцій від 1,0 до 3,0 хв.). Для робіт з середньою монотонністю (тривалістю повторюваних операцій від 0,5 до 1,0 хв.) до табличної норми витрат додати 1%. Для робіт з підвищеною монотонністю (тривалістю повторюваних операцій до 0,5 хв.) до табличної норми витрат додати 2%.

За наявності змінних робітників на конвеєрі, у норму витрат додають лише регламентовані перерви, протягом яких конвеєр зупиняють.

Допустима похибка вимірювання $[\Delta]$ для номінальних розмірів 1–500 мм (ГОСТ 8,051-81)

Номінальний розмір, мм	Квалітет; допуск, мкм; допустима похибка вимірювання $[\Delta]$, мкм																	
	6		7		8		9		10		11		12		13		14	
	IT	$[\Delta]$	IT	$[\Delta]$	IT	$[\Delta]$	IT	$[\Delta]$	IT	$[\Delta]$	IT	$[\Delta]$	IT	$[\Delta]$	IT	$[\Delta]$	IT	$[\Delta]$
до 3	6	1,8	10	3	14	3	25	6	40	8	60	12	100	20	140	28	250	50
понад 3 до 6	8	2	12	3	18	4	30	8	48	10	75	15	120	24	180	36	300	60
понад 6 до 10	9	2	15	4	22	5	36	9	58	12	90	18	150	30	220	44	360	80
понад 10 до 18	11	3	18	5	27	7	43	10	70	14	110	22	180	36	270	54	430	90
понад 18 до 30	13	4	21	6	33	8	52	12	84	18	130	26	210	42	330	66	520	120
понад 30 до 50	16	5	25	7	39	10	62	16	100	20	160	32	250	50	390	78	620	140
понад 50 до 80	19	5	30	9	46	12	74	18	120	24	190	38	300	60	460	92	740	160
понад 80 до 120	22	6	35	10	54	12	87	20	140	28	220	44	350	70	540	108	870	180
понад 120 до 180	25	7	40	12	63	16	100	30	160	32	250	50	400	80	630	126	1000	200
понад 180 до 250	29	8	46	12	72	18	115	30	185	37	290	58	460	92	720	144	1150	240
понад 250 до 315	32	10	52	14	81	20	130	30	210	42	320	64	520	104	810	162	1300	260
понад 315 до 400	36	10	57	16	89	24	140	40	230	46	360	72	570	114	890	178	1400	280
понад 400 до 500	40	12	63	18	97	26	155	40	250	50	400	80	630	126	970	194	1550	320

Граничні похибки вимірювання універсальних вимірювальних засобів (вибірково)

Засіб вимірювання	Умови вимірювання	Гранична похибка вимірювання, мкм, для діапазонів розмірів		
		0 ... 50	50 ... 120	120 ... 260
Вимірювання зовнішніх лінійних розмірів. Вимірювання глибини.				
Штангенциркулі з відліком по ноніусу 0,1 мм	---	150	200	200
Штангенциркулі з відліком по ноніусу 0,05 мм	---	100	100	100
Штангенглибиноміри з відліком по ноніусу 0,1 мм	---	250	300	300
Штангенглибиноміри з відліком по ноніусу 0,05 мм	---	100	150	150
Мікрометри гладкі з відліком 0,01 мм при налаштуванні за встановлювальними мірами	Під час вимірювання знаходяться у руках	0 ... 25	25 ... 50	50 ... 75
		5	10	10
		75 ... 150	150 ... 200	200 ... 250
		15	20	20
Мікрометри гладкі з відліком 0,01 мм при налаштуванні за встановлювальними мірами	Під час вимірювання знаходяться у стояку (штативі)	5	10	10
Мікрометри важільні з відліком 0,002–0,01 мм при налаштуванні за встановлювальними мірами	---	0 ... 25	25 ... 50	50 ... 100
		4	6	10
		100 ... 150	150 ... 200	200 ... 250
		15	20	25
Глибиноміри мікрометричні з відліком 0,01 мм по ноніусу при налаштуванні за кінцевими мірами	У разі переміщення вимірювального стрижня до 25 мм	5	10	---
Скоби важільні з відліком 0,002–0,005 мм при налаштуванні за кінцевими мірами 3-го класу	Під час вимірювання знаходяться у руках	0 ... 25	25 ... 50	50 ... 100
		4	5	10
			100 ... 125	
		20		
Скоби важільні з відліком 0,002–0,005 мм при налаштуванні за кінцевими мірами 3-го класу	Під час вимірювання знаходяться у стояку (штативі)	4	5	10

Засіб вимірювання	Умови вимірювання	Гранична похибка вимірювання, мкм, для діапазонів розмірів		
		0 ... 50	50 ... 120	120 ... 260
Скоби важільні з відліком 0,002–0,005 мм при налаштуванні за кінцевими мірами 2-го класу	При вимірюванні в межах ± 10 поділок	2	3	5
Індикатори годинникового типу (ИЧ та ИТ) з відліком 0,01 мм і межами вимірювання 0–10 мм	При переміщенні вимірювального стрижня до 10 мм	$\frac{1 \dots 10}{20}$		
Індикатори годинникового типу (ИЧ та ИТ) з відліком 0,01 мм і межами вимірювання 0–10 мм	При переміщенні вимірювального стрижня до 1 мм	$\frac{0 \dots 1}{10}$		
Індикатори годинникового типу (ИЧ та ИТ) з відліком 0,01 мм і межами вимірювання 0–10 мм	При переміщенні вимірювального стрижня до 0,1 мм	$\frac{0 \dots 0,1}{5}$		
Глибиноміри індикаторні при відносному методі вимірювання і налаштуванні за кінцевими мірами	При переміщенні вимірювального стрижня до 0,1 мм	$\frac{18 \dots 50}{10}$		
Скоби індикаторні з відліком 0,01 мм	При вимірюванні знаходяться у руках	15	20	20
Скоби індикаторні з відліком 0,01 мм	При вимірюванні знаходяться у стояку (штативі)	10	10	10
Головки важільно-зубчасті з відліком 0,002 мм при налаштуванні за кінцевими мірами 3-го класу	Діапазон вимірювання: -0,1 ... +0,1 мм	4	5	6
Головки вимірювальні пружинні	Діапазон вимірювання: -0,06 ... +0,06 мм	1 ... 10	10 ... 50	понад 50
		1	2	3
Мікроскопи інструментальні	---	5	10	---
Мікроскопи вимірювальні універсальні	При проєкційному вимірюванні	1 ... 18	7	12
		3,5		
Оптиметри вертикальні з відліком 0,001 мм при налаштуванні за кінцевими мірами 0-го класу	Діапазон вимірювання: -0,1 ... +0,1 мм	1	1	1

Засіб вимірювання	Умови вимірювання	Гранична похибка вимірювання, мкм, для діапазонів розмірів		
		0 ... 50	50 ... 120	120 ... 260
Вимірювання внутрішніх лінійних розмірів.				
Штангенциркулі з відліком по ноніусу 0,1 мм	---	200	250	300
Штангенциркулі з відліком по ноніусу 0,05 мм	---	150	200	200
Нутроміри мікрометричні з відліком 0,01 мм при налаштуванні за встановлювальними мірами	---	---	15	20
Нутроміри індикаторні з відліком 0,01 мм при налаштуванні за кінцевими мірами 4-го класу	---	20	25	25
Нутроміри індикаторні з відліком 0,01 мм при налаштуванні за кінцевими мірами 4-го класу	Діапазон вимірювання: -0,1 ... +0,1 мм	10	15	15
Оптиметри горизонтальні з відліком 0,001 мм при налаштуванні за кінцевими мірами 1-го класу	Діапазон вимірювання: -0,06 ... +0,06 мм	1,5	2,5	5

Примітка. У чисельнику вказано особні межі вимірювання засобу; у знаменнику – граничні похибки вимірювання у тих самих межах.

Додаток 146

Метрологічні характеристики штангенінструментів

Тип інструмента	Діапазон (межі) вимірювання, мм	Ціна поділки (ноніус), мм	Похибка, ± мкм
Штангенциркулі ГОСТ 166-80			
ШЦ-I	0-125	0,1	100
ШЦ-II	0-160; 0-200; 0-250	0,05; 0,1	50; 100
ШЦ-III	0-160; 0-200; 0-250	0,05; 0,1	50; 100
	0-315; 0-400; 0-500; 250-630; 250-800; 320-1 000; 500-1 250; 500-1 600	0,1	100
	800-2 000; 1 500-3 000; 2 000-4 000	0,1	200; 400
Штангенрейсмуси ГОСТ 164-80			
ШР	0-250; 40-400; 60-630	0,05	50
	100-1 000; 600-1 600; 1 500-2 500	0,1	100; 200
Штангенглибиноміри ГОСТ 162-80			
ШГ	0-160; 0-200; 0-250; 0-315; 0-400	0,05	50

Метрологічні характеристики мікрометричних інструментів

Тип інструменту	Діапазон (межі) вимірювання, мм	Похибка, \pm мкм, для класу точності	
		1	2
Мікрометри ГОСТ 6507-78			
МК (гладкі)	0-25	2	4
	25-50; 50-75; 75-100	2,5	4
	100-125; 125-150; 150-175; 175-200	3	5
	200-225; 225-250; 250-275; 275-300	4	6
	300-400; 400-500	5	8
	500-600	6	10
Мікрометричні глибиноміри ГОСТ 7470-78			
ШР	0-25	2	4
	25-50	3	4
	50-100	3	5
	100-150	4	6
Мікрометричні нутроміри			
НМ-75	50-75	---	6
НМ-175	75-175	---	8
НМ-160	75-600	---	6 ... 15

Примітка. Ціна поділки (точність вимірювання) усіх мікрометричних інструментів – 0,01 мм

Метрологічні характеристики індикаторів годинникового типу (ИЧ)

Тип індикатора	Ціна поділки (точність вимірювання), мм	Діапазон (межі) вимірювання, мм	Допустима похибка, мкм, у межах ділянки шкали (від нульового штриха)		
			до ± 30 поділок	понад ± 30 поділок	понад ± 200 поділок
1ИГ	0,01	$\pm 0,05$	0,4	0,7	---
2ИГ	0,02	$\pm 0,01$	0,8	1,02	---
1МИГ	0,001	1,0	---	---	2
1МИГП	0,001	1,0	---	---	1,5
2МИГ	0,002	2,0	---	---	3,0
2МИГП	0,002	2,0	---	---	2,5

Допустимі похибки індикаторів годинникового типу (ИТ)

Клас точності	Допустима похибка, мкм, у межах ділянки шкали, мм					
	до 0,1	до 1	1-2	1-5	1-10	1-25
0	4	8	10	12	15	22
1	6	10	12	16	20	30

Метрологічні характеристики оптико-механічних приладів

Показник	Модель		
	ОВЗ-02	ОВО-1 ОВЗ-1	ОГО-1 ОГЕ-1
1. Діапазон вимірювання	0-100	0-200	0-500
2 Ціна поділки, мкм	0,2	1,0	1,0
3 Діапазон (межі) вимірювання, мм	$\pm 0,025$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$
4. Допустима основна похибка, мкм, на ділянці шкали, мм:			
0 ... $\pm 0,015$	$\pm 0,07$	---	---
понад $\pm 0,015$	$\pm 0,10$	---	---
0 ... $\pm 0,06$	---	$\pm 0,20$	$\pm 0,20$
понад $\pm 0,06$	---	$\pm 0,30$	$\pm 0,30$

Примітка. Умовне позначення моделі приладу: О – оптиметр з вертикальною (В) або горизонтальною (Г) лінією вимірювання, окулярні (О) або екранні (Е).

Деякі техніко-економічні характеристики
основного технологічного устаткування (вибірково)

Основна технологічна характеристика устаткування	Модель	Габаритні розміри (довжина x ширина), м	Сумарна потужність приводів, кВт	Балансова вартість, грн.	Тип виробництва	Змінність роботи	Середній розряд верстатника/наладжувача	Нормативна собівартість 1 кв. роботи, коп.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Основне технологічне устаткування токарної групи.								
<i>Токарно-револьверні одношпиндельні автомати та напівавтомати; максимальний діаметр оброблюваного прутка, мм:</i>								
12	1Д112	1,63 x 0,74	2,2	14 100	Вс, М	2 3	2,5/5,0 2,6/5,0	26,4 25,8
18	1Д118	1,63 x 0,74	2,2	14 100	Вс, М	2 3	2,6/5,0 2,6/5,0	26,5 25,8
25	1Е125	2,16 x 1,00	4,0	71 875	Вс, М	2 3	2,7/5,0 2,7/5,0	34,8 31,9
40	1Е140	2,16 x 1,00	5,5	73 600	Вс, М	2 3	2,8/5,0 2,8/5,0	36,3 33,3
<i>Фасонно-відрізні та токарні одношпиндельні автомати поздовжнього точіння; максимальний діаметр оброблюваного прутка, мм:</i>								
6	1032	1,80 x 0,92	2,2	27 900	Вс, М	2 3	2,6/5,0 2,6/5,0	26,7 25,4
10	1М10А	1,46 x 0,87	2,2	29 900	Вс, М	2 3	2,9/5,0 2,9/5,0	26,8 25,6
16	1Т16А	1,90 x 0,95	3,0	30 475	Вс, М	2 3	3,0/5,0 3,0/5,0	29,3 27,9
25	1Д25В	2,60 x 1,07	5,5	52 900	Вс, М	2 3	3,0/5,0 3,0/5,0	33,5 31,3
<i>Токарні багатшпиндельні горизонтальні пруткові автомати; максимальний діаметр оброблюваного прутка, мм:</i>								
16	1216-6	5,38 x 1,00	7,5	48 400	Вс, М	2 3	2,8/6,0 2,8/6,0	36,2 34,1
25	1А225-6	5,70 x 1,25	13,0	74 350	Вс, М	2 3	2,9/6,0 2,9/6,0	42,3 39,2
40	1А240-6	6,05 x 1,60	13,0	55 400	Вс, М	2 3	3,0/6,0 3,0/6,0	40,8 38,1
50	1Б265-8К	6,10 x 1,90	30,0	195 785	Вс, М	2 3	3,0/6,0 3,0/6,0	60,4 52,8
65	1Б265-6К	6,26 x 1,90	30,0	177 100	Вс, М	2 3	3,1/6,0 3,1/6,0	58,6 51,7
80	1Б290-8К	8,00 x 2,10	30,0	316 250	Вс, М	2 3	3,0/6,0 3,0/6,0	73,8 61,8
100	1Б290-6К	5,30 x 2,47	30,0	48 400	Вс, М	2 3	3,2/6,0 3,2/6,0	71,8 60,4
125	1Б290-4К	5,30 x 2,13	30,0	292 385	Вс, М	2 3	3,2/6,0 3,2/6,0	70,4 59,6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Токарні багатощиндельні горизонтальні патронні напівавтомати;</i>								
<i>діаметр патрона, мм:</i>								
100	1A240П-8	4,33 x 1,60	17,0	70 300	Вс, М	2 3	2,4/6,0 2,4/6,0	52,7 49,7
130 / 150	1Б265П-8К	4,67 x 1,80	30,0	191 070	Вс, М	2 3	3,0/6,0 2,6/6,0	59,7 52,3
150	1265ПМ-8	3,88 x 1,78	30,0	93 850	Вс, М	2 3	2,6/6,0 2,6/6,0	51,6 47,8
160	1Б290П-8К	4,32 x 2,10	30,0	308 200	Вс, М	2 3	3,0/6,0 3,0/6,0	75,6 64,3
200	1Б290-6К	4,32 x 2,00	30,0	291 525	Вс, М	2 3	3,1/6,0 3,1/6,0	71,4 60,7
<i>Токарні багатощиндельні вертикальні патронні напівавтомати;</i>								
<i>максимальний діаметр виробу, мм, до:</i>								
200	1282	3,09 x 2,89	28,0	115 400	Вс, М	2 3	3,3/6,0 3,3/6,0	62,8 58,2
250	1К282	3,07 x 2,95	55,0	158 600	Вс, М	2 3	3,3/6,0 3,3/6,0	65,9 59,9
360	1Б284	3,28 x 2,98	22,0	90 910	Вс, М	2 3	3,4/6,0 3,4/6,0	55,2 51,0
400	1283	3,25 x 3,06	100,0	188 670	Вс, М	2 3	3,4/6,0 3,4/6,0	84,6 77,3
500	1286-3	4,97 x 4,95	40,0	345 750	Вс, М	2 3	3,4/6,0 3,4/6,0	90,1 77,1
630	1286-6	4,79 x 5,00	40,0	260 590	Вс, М	2 3	3,5/6,0 3,5/6,0	81,8 71,6
<i>Токарно-револьверні верстати та напівавтомати;</i>								
<i>діаметр оброблюваного прутка, мм:</i>								
18	1Е316ПЦ	4,00 x 1,29	1,9	70 435	О, Дс, Сс	2	3,5/5,0	46,5
						3	3,5/5,0	43,2
						Вс, М	2 3	2,5/6,0 2,5/6,0
25	1Н325	3,92 x 0,92	2,6	17 550	О, Дс, Сс	2	3,5/5,0	42,8
						3	3,5/5,0	41,7
						Вс, М	2 3	2,1/6,0 2,1/6,0
40	1Г340ПЦ	2,90 x 1,15	6,0	80 785	О, Дс, Сс	2	3,6/5,0	51,7
						3	3,6/5,0	48,2
						Вс, М	2 3	2,3/6,0 2,3/6,0
65	1365	5,00 x 1,56	13,0	24 550	О, Дс, Сс	2	3,7/5,0	46,3
						3	3,7/5,0	44,7
						Вс, М	2 3	2,2/5,0 2,2/5,0
85	1К37	3,39 x 1,87	14,0	29 100	О, Дс, Сс	2	3,8/5,0	46,8
						3	3,8/5,0	36,1
						Вс, М	2 3	2,2/5,0 2,2/5,0
100	1371	5,93 x 1,89	22,0	44 810	О, Дс, Сс	2	3,9/5,0	49,8
						3	3,9/5,0	47,2
						Вс, М	2 3	2,4/5,0 2,4/5,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Токарно-карусельні одностійкові верстати; діаметр виробу, мм. до:</i>								
800	1508	2,27 x 2,36	22,0	77 600	О, Дс,	2	3,5/0	71,5
					Сс	3	3,5/0	68,1
					Вс, М	2	2,0/6,0	63,3
1000	1510	2,37 x 2,36	22,0	80 300	Вс, М	3	2,0/6,0	60,0
					О, Дс,	2	3,5/0	72,2
					Сс	3	3,5/0	68,7
1250	1512	2,92 x 2,70	30,0	125 115	Вс, М	2	2,1/6,0	64,3
					О, Дс,	3	2,1/6,0	61,0
					Сс	3	3,5/0	78,3
1600	1516	3,17 x 3,20	30,0	127 680	Вс, М	2	2,2/6,0	71,2
					О, Дс,	3	2,2/6,0	66,2
					Сс	3	3,6/0	79,8
<i>Токарно-карусельні двостійкові верстати; діаметр виробу, мм. до:</i>								
2 000	1551	4,49 x 4,80	40,0	67 700	О, Дс,	2	3,8/0	128,6
					Сс	3	3,8/0	125,3
					Вс, М	2	2,3/6,0	104,8
2 500	1525	5,07 x 5,24	40,0	208 035	Вс, М	3	2,3/6,0	101,6
					О, Дс,	2	3,9/0	149,4
					Сс	3	3,9/0	141,0
3 200	1532Т	5,12 x 9,34	125,0	778 260	Вс, М	2	2,4/6,0	127,3
					О, Дс,	3	2,4/6,0	118,8
					Сс	2	4,1/0	221,1
4 000	1540Т	6,10 x 10,40	180,0	943 575	Вс, М	3	4,1/0	192,6
					О, Дс,	2	2,6/6,0	202,6
					Сс	3	2,6/6,0	173,8
5 000	1550Т	7,30 x 12,90	180,0	1317900	Вс, М	2	4,2/0	253,4
					О, Дс,	3	4,2/0	218,5
					Сс	2	2,7/6,0	242,0
6 300	1563	8,21 x 14,20	180,0	1417375	Вс, М	3	2,7/6,0	206,8
					О, Дс,	2	4,2/0	295,6
					Сс	3	4,2/0	246,5
8 000	1580Л	9,76 x 17,60	125,0	1214750	Вс, М	2	2,8/6,0	283,8
					О, Дс,	3	2,8/6,0	234,3
					Сс	2	4,3/0	320,4
10 000	1А591	12,30 x 22,80	160,0	2725000	Вс, М	3	4,3/0	266,9
					О, Дс,	2	2,8/6,0	311,3
					Сс	3	2,8/6,0	257,3
8 000	1580Л	9,76 x 17,60	125,0	1214750	О, Дс,	2	4,8/0	310,6
					Сс	3	4,8/0	261,2
10 000	1А591	12,30 x 22,80	160,0	2725000	О, Дс,	2	4,9/0	493,7
					Сс	3	4,9/0	388,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Токарно-гвинторізні верстати нормальної точності; максимальний діаметр виробу, мм × віддаль між центрами, мм:</i>								
260 x 500	1Т61	2,15 x 0,87	4,5	6 450	О, Дс,	2	4,0/0	61,7
					Сс	3	4,0/0	61,3
					Вс, М	2	2,0/5,0	46,0
					3	2,0/5,0	45,3	
320 x 710	1М61	2,00 x 1,90	4,0	10 350	О, Дс,	2	4,0/0	62,5
					Сс	3	4,0/0	61,9
					Вс, М	2	2,0/5,0	48,6
					3	2,0/5,0	46,3	
400 x 710	16К20	2,50 x 1,19	10,0	29 325	О, Дс,	2	4,2/0	67,5
					Сс	3	4,2/0	66,0
					Вс, М	2	2,5/5,0	52,8
					3	2,5/5,0	51,3	
400 x 1000	1К62	2,81 x 1,16	10,0	20 985	О, Дс,	2	4,1/0	65,8
					Сс	3	4,1/0	64,8
					Вс, М	2	2,4/5,0	51,5
					3	2,4/5,0	50,4	
500 x 1000	16К25	2,79 x 1,24	10,0	31 795	О, Дс,	2	4,3/0	69,0
					Сс	3	4,3/0	67,5
					Вс, М	2	2,5/5,0	53,9
					3	2,5/5,0	52,4	
800 x 2800	1А64	5,82 x 2,00	17,0	44 300	О, Дс,	2	4,3/0	74,0
					Сс	3	4,3/0	71,6
					Вс, М	2	2,6/5,0	60,3
					3	2,6/5,0	58,0	
1000 x 8000	1658	11,38 x 2,10	22,0	78 100	О, Дс,	2	4,5/0	89,8
					Сс	3	4,5/0	85,8
					Вс, М	2	2,8/5,0	79,7
					3	4,5/0	76,0	
1600 x 8000	1А665	14,89 x 2,80	110,0	612 375	О, Дс,	2	4,6/0	162,6
					Сс	3	4,6/0	138,6
<i>Токарно-гвинторізні верстати підвищеної точності; максимальний діаметр виробу, мм × віддаль між центрами, мм:</i>								
160 x 250	16Т0311	1,20 x 0,73	0,6	13 515	О, Дс,	2	4,8/0	66,4
					Сс	3	4,8/0	65,8
					Вс, М	2	2,5/5,0	46,7
					3	2,5/5,0	46,0	
200 x 350	16Т04А	1,37 x 0,79	0,9	14 375	О, Дс,	2	4,1/0	62,6
					Сс	3	4,1/0	61,9
					Вс, М	2	2,5/5,0	47,4
					3	2,5/5,0	46,9	
250 x 500	16Б05А	1,53 x 0,91	1,5	55 485	О, Дс,	2	4,8/0	71,8
					Сс	3	4,8/0	69,7
					Вс, М	2	2,6/5,0	52,3
					3	2,6/5,0	50,3	
400 x 1000	1К62Б	2,81 x 1,16	10,0	12 900	О, Дс,	2	5,1/0	72,7
					Сс	3	5,1/0	71,8
					Вс, М	2	2,8/5,0	51,9
					3	2,8/5,0	51,1	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
<i>Лоботокарні верстати;</i>									
<i>максимальний діаметр виробу, мм, до:</i>									
2 000	1M692	5,16 x 5,76	37,0	377 660	О, Дс,		2	4,5/0	116,7
					Сс		3	4,5/5,0	101,7
					Вс, М		2	2,5/6,0	93,4
						3	2,5/6,0	85,0	
3200	1A693	8,20 x 5,70	30,0	485 875	О, Дс,		2	4,8/0	133,0
					Сс		3	4,8/0	113,2
					Вс, М		2	2,7/5,0	113,3
						3	2,7/5,0	94,5	
<i>Токарні багаторізевої напівавтомати;</i>									
<i>максимальний діаметр виробу, мм × віддаль між центрами, мм:</i>									
320 x 320	1A7230	2,03 x 1,36	7,5	19 500	Вс, М	2	2,6/6,0	50,7	
						3	2,6/6,0	49,7	
410 x 460	1A730	2,77 x 1,82	13,0	23 600	Вс, М	2	2,7/6,0	53,5	
						3	2,7/6,0	52,2	
<i>Токарні багаторізевої копіювальні напівавтомати;</i>									
<i>максимальний діаметр виробу, мм × віддаль між центрами, мм:</i>									
125 x 500	1712	2,46 x 1,20	14,5	27 400	Вс, М	2	2,4/6,0	39,3	
						3	2,4/6,0	37,9	
200 x 800	1722	3,06 x 1,40	32,5	31 000	Вс, М	2	2,6/6,0	48,3	
						3	2,6/6,0	46,8	
320 x 500	1734	2,25 x 1,65	19,5	141 735	Вс, М	2	2,6/6,0	57,7	
						3	2,6/6,0	52,1	
500 x 710	1H713	2,45 x 1,29	18,5	37 085	Вс, М	2	2,6/6,0	45,4	
						3	2,6/6,0	43,7	
<i>Токарно-затішувальні верстати;</i>									
<i>максимальний діаметр виробу, мм, до:</i>									
250	1E811	2,75 x 1,57	43,0	135 065	О, Дс,		2	3,7/0	56,8
					Сс		3	3,7/0	51,2
					Вс, М		2	2,0/5,0	54,4
						3	2,0/5,0	46,0	
360	1E812	2,75 x 1,62	5,5	165 885	О, Дс,		2	3,7/0	56,8
					Сс		3	3,7/0	50,0
					Вс, М		2	2,1/5,0	49,6
						3	2,1/5,0	43,1	
2. Основне технологічне устаткування свердлильно-розточувальної групи.									
<i>Вертикально-свердлильні одношпиндельні верстати;</i>									
<i>максимальний діаметр свердління, мм:</i>									
18	2H118	0,87 x 0,59	1,7	3 605	О, Дс,		2	2,9/0	56,2
					Сс		3	2,9/0	56,0
					Вс, М		2	2,0/3,0	33,4
						3	2,0/3,0	33,1	
25	2H125H	0,77 x 0,78	1,5	5 980	О, Дс,		2	2,9/0	56,8
					Сс		3	2,9/0	56,5
					Вс, М		2	2,1/3,2	34,2
						3	2,1/3,2	33,9	
35	2H135B	1,70 x 1,03	4,0	22 425	О, Дс,		2	2,9/0	59,9
					Сс		3	2,9/0	58,4
					Вс, М		2	2,1/3,2	37,0
						3	2,1/3,2	35,9	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	2Н150	2,93 x 0,89	7,5	13 350	О, Дс,	2	3,2/0	63,2
					Сс	3	3,2/0	62,3
					Вс, М	2	2,4/3,0	40,6
					3	2,4/3,0	39,8	
70	2Г175Б	1,70 x 1,03	11,0	28 405	О, Дс,	2	3,2/0	63,9
					Сс	3	3,2/0	62,6
					Вс, М	2	2,5/3,1	41,2
					3	2,5/3,1	39,8	
<i>Вертикально-свердлильні багатошпиндельні верстати з розсувними шпинделями; максимальний хід шпиндельної бабки, мм:</i>								
300	2М150	2,93 x 0,89	7,5	13 570	О, Дс,	2	3,5/0	64,7
					Сс	3	3,5/0	63,8
					Вс, М	2	2,8/3,5	41,4
					3	2,8/3,5	40,6	
500	2Г175М	1,80 x 1,10	11,0	53 630	О, Дс,	2	3,5/0	68,5
					Сс	3	3,5/0	66,1
					Вс, М	2	2,9/3,5	45,0
					3	2,9/3,5	42,8	
<i>Координатно-розточувальні одностійкові верстати особливо високої точності; максимальний діаметр свердління/розточування, мм × розміри робочої поверхні столу, мм:</i>								
8/40 x (200 x 400)	2420	1,12 x 1,03	1,7	30 200	О, Дс,	2	6,0/0	83,3
					Сс	3	6,0/0	81,9
					Вс, М	2	3,0/5,0	53,9
					3	3,0/5,0	52,7	
12/80 x (250 x 450)	2421	1,69 x 0,90	1,0	62 960	О, Дс,	2	6,0/0	87,3
					Сс	3	6,0/0	84,7
					Вс, М	2	3,1/5,0	58,1
					3	3,1/5,0	55,6	
18/125 x (320 x 560)	2431	1,78 x 1,33	2,2	110 400	О, Дс,	2	6,0/0	93,8
					Сс	3	6,0/0	89,2
					Вс, М	2	3,1/5,0	64,5
					3	3,1/5,0	60,3	
30/250 x (630 x 1120)	2Д450	2,76 x 3,30	2,0	148 750	О, Дс,	2	6,0/0	104,6
					Сс	3	6,0/0	98,1
					Вс, М	2	3,2/5,0	77,4
					3	3,2/5,0	71,2	
<i>Координатно-розточувальні верстати двостійкові особливо високої точності; розміри робочої поверхні столу, мм:</i>								
380 x 520	КР-450	1,71 x 1,42	1,0	28 650	О, Дс,	2	6,0/0	84,3
					Сс	3	6,0/0	83,0
					Вс, М	2	3,0/5,0	55,6
					3	3,0/5,0	54,3	
630 x 900	2455	2,91 x 2,24	4,5	261 500	О, Дс,	2	6,0/0	110,7
					Сс	3	6,0/0	101,2
					Вс, М	2	3,0/5,0	82,7
					3	3,0/5,0	73,2	
1000 x 1600	2Е460А	6,30 x 4,22	3,9	505 425	О, Дс,	2	6,0/0	145,2
					Сс	3	6,0/0	126,8
					Вс, М	2	3,0/5,0	119,8
					3	3,0/5,0	101,2	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1400 x 2240	2E470A	7,22 x 4,82	3,9	592 870	О, Дс,	2	6,0/0	155,2
					Сс	3	6,0/0	133,3
					Вс, М	2	3,0/5,0	129,5
						3	3,0/5,0	107,7
<i>Вертикально-розточувальні верстати з координатним столом підвищеної точності; максимальний діаметр свердління/розточування, мм × розміри робочої поверхні столу, мм:</i>								
1670 x (250 x 450)	2У430	1,28 x 1,22	4,6	23 050	О, Дс,	2	6,0/0	82,7
					Сс	3	6,0/0	81,5
					Вс, М	2	3,0/5,0	53,4
						3	3,0/5,0	52,3
30160 x (400 x 710)	2444	2,22 x 2,42	4,5	99 900	О, Дс,	2	6,0/0	94,9
					Сс	3	6,0/0	90,5
					Вс, М	2	3,0/5,0	66,0
						3	3,0/5,0	61,8
<i>Радіально-свердильні верстати; максимальний діаметр свердління, мм × виліт шпинделя, мм:</i>								
25 x 800	2К52	1,80 x 1,07	1,5	11 325	О, Дс,	2	3,5/0	71,1
					Сс	3	3,5/0	70,3
					Вс, М	2	2,8/3,5	64,8
						3	2,8/3,5	64,0
35 x 1200	2А53	2,25 x 0,91	4,5	11 400	О, Дс,	2	3,2/0	70,5
					Сс	3	3,2/0	69,8
					Вс, М	2	2,4/3,5	64,9
						3	2,4/3,5	64,2
50 x 3150	2Р53	5,58 x 1,93	5,5	103 500	О, Дс,	2	3,5/0	85,4
					Сс	3	3,5/0	81,0
					Вс, М	2	2,6/3,5	78,9
						3	2,6/3,5	74,5
76 x 2000	2Н57	3,70 x 1,55	7,0	34 900	О, Дс,	2	3,5/0	78,0
					Сс	3	3,5/0	76,1
					Вс, М	2	2,8/3,5	72,8
						3	2,8/3,5	71,2
<i>Горизонтально-розточувальні верстати з нерухомою передньою стійкою і поворотним столом; діаметр висувного шпинделя, мм × розміри робочої поверхні столу, мм:</i>								
65 x (710x900)	2614	4,30 x 2,74	5,2	58 800	О, Дс,	2	5,2/0	80,0
					Сс	3	5,2/0	76,9
					Вс, М	2	3,0/4,0	57,2
						3	3,0/4,0	54,3
80 x (900x1000)	2М614	4,33 x 2,59	4,5	101 725	О, Дс,	2	6,0/0	92,3
					Сс	3	6,0/0	87,8
					Вс, М	2	3,1/4,0	61,6
						3	3,1/4,0	57,4
90 x (1120x1250)	2620Г	9,30 x 3,60	8,3	113 445	О, Дс,	2	6,0/0	99,4
					Сс	3	6,0/0	93,8
					Вс, М	2	3,1/4,0	70,2
						3	3,1/4,0	64,8
150 x (1500x1800)	2654	10,40 x 5,60	14,0	201550	О, Дс,	2	5,8/0	116,8
					Сс	3	5,8/0	106,8
					Вс, М	2	3,0/4,0	92,1
						3	3,0/4,0	82,4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
180 x (1800x2000)	265B	9,83 x 8,00	14,0	230 350	О, Дс,	2	6,0/0	123,4
					Сс	3	6,0/0	111,3
					Вс, М	2	3,1/4,0	94,9
						3	3,1/4,0	83,3
<i>Горизонтально-розточувальні верстати з нерухомою передньою стійкою і планшайбою, оснащені радіальним супортом; діаметр висувного шпинделя, мм × розміри робочої поверхні столу, мм:</i>								
90 x (1120x1250)	2A620-1	6,10 x 3,95	11,0	303 600	О, Дс,	2	5,5/0	115,6
					Сс	3	5,5/0	103,4
					Вс, М	2	2,6/4,0	89,5
						3	2,6/4,0	77,9
125 x (1600x1800)	2636Г	6,96 x 5,07	19,0	429 870	О, Дс,	2	5,5/0	186,6
					Сс	3	5,0/0	151,9
					Вс, М	2	2,6/4,0	157,9
						3	2,6/4,0	124,6
160 x (1600x1800)	2637	8,16 x 5,07	19,0	430 500	О, Дс,	2	5,6/0	133,3
					Сс	3	5,6/0	115,7
					Вс, М	2	2,6/4,0	105,5
						3	2,6/4,0	88,8
<i>Горизонтально-розточувальні верстати з нерухомою передньою стійкою і підсиленням шпинделем; діаметр висувного шпинделя, мм × розміри робочої поверхні столу, мм:</i>								
110 x (1120x1250)	2622Б	5,70 x 3,60	10,2	112 470	О, Дс,	2	5,6/0	93,4
					Сс	3	5,6/0	88,3
					Вс, М	2	2,6/4,0	67,2
						3	2,6/4,0	62,3
<i>Горизонтально-розточувальні верстати з поперечно-рухомою стійкою і нерухомою плитою; діаметр підсиленого шпинделя, мм:</i>								
175	2656	10,90 x 7,10	17,0	199 800	О, Дс,	2	5,8/0	184,1
					Сс	3	5,8/0	173,2
					Вс, М	2	2,7/4,0	124,1
						3	2,7/4,0	113,7
220	2A660	11,30 x 11,30	55,0	648 350	О, Дс,	2	6,0/0	264,0
					Сс	3	6,0/0	234,5
<i>Горизонтально-розточувальні верстати з поперечно- і поздовжньо-рухомою стійкою і нерухомою плитою; діаметр висувного шпинделя, мм:</i>								
220	2Б660	11,50 x 11,30	55,0	1080550	О, Дс,	2	6,0/0	299,0
					Сс	3	6,0/0	256,3
320	2A680	14,45 x 12,60	100,0	1880960	О, Дс,	2	6,0/0	406,1
					Сс	3	6,0/0	333,8
<i>Вікінчувально-розточувальні напівавтомати; розміри робочої поверхні, мм:</i>								
320 x 500	27060	2,70 x 1,40	4,0	205 160	О, Дс,	2	6,0/0	102,8
					Сс	3	6,0/0	94,6
					Вс, М	2	3,0/5,0	71,6
						3	3,05,0	63,6
500 x 710	2712С	3,25 x 1,25	4,0	258 750	О, Дс,	2	6,0/0	110,6
					Сс	3	6,0/0	100,2
					Вс, М	2	3,0/5,0	79,4
						3	3,0/5,0	69,6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Алмазно-розточувальні горизонтальні багатопиндельні верстати;</i>								
<i>граничний діаметр отвору, мм × розміри робочої поверхні столу, мм:</i>								
(8 - 200) x (320 x 500)	2706	2,10 x 1,00	2,8	35 080	О, Дс,	2	6,0/0	81,2
					Сс	3	6,0/0	79,7
					Вс, М	2	3,0/5,0	50,8
					3	3,05,0	49,2	
(8 - 200) x (500 x 710)	2712	3,00 x 1,25	4,5	54 685	О, Дс,	2	6,0/0	86,0
					Сс	3	6,0/0	83,5
					Вс, М	2	3,0/5,0	56,2
					3	3,0/5,0	53,7	
<i>Алмазно-розточувальні горизонтальні двосторонні верстати з рухомою головою;</i>								
<i>розміри робочої поверхні столу, мм:</i>								
450 x 400	2722	3,10 x 0,98	3,8	35 000	О, Дс,	2	6,0/0	82,0
					Сс	3	6,0/0	80,3
					Вс, М	2	2,8/4,0	50,4
					3	2,8/4,0	48,8	
<i>Алмазно-розточувальні вертикальні одношпиндельні верстати;</i>								
<i>граничний діаметр розточування, мм:</i>								
65 - 165	278Н	1,18 x 1,20	1,7	7 950	О, Дс,	2	6,0/0	77,9
					Сс	3	6,0/0	77,4
					Вс, М	2	2,8/4,0	46,4
					3	2,8/4,0	45,9	
<i>Центрувальні та фрезерно-центрувальні верстати;</i>								
<i>максимальний діаметр виробу, мм:</i>								
125	2А931	2,00 x 1,05	4,4	105 225	О, Дс,	2	3,6/0	56,3
					Сс	3	3,6/0	52,0
					Вс, М	2	3,0/4,0	56,5
					3	3,04,0	52,4	
250	2А912	2,60 x 1,05	3,0	102 750	О, Дс,	2	3,6/0	56,1
					Сс	3	3,6/0	51,8
					Вс, М	2	3,0/4,0	56,1
					3	3,0/4,0	52,0	
3. Основне технологічне устаткування шліфувально-полірувальної групи.								
<i>Круглошліфувальні універсальні верстати підвищеної й особливо високої точності;</i>								
<i>максимальний діаметр виробу, мм:</i>								
100	3У10А	1,36 x 1,70	1,98	77 050	О, Дс,	2	5,2/0	77,8
					Сс	3	5,2/0	74,4
					Вс, М	2	3,6/4,0	39,8
					3	3,6/4,0	36,6	
200	3Е12	2,30 x 2,40	3,5	49 275	О, Дс,	2	5,0/0	74,3
					Сс	3	5,0/0	71,8
					Вс, М	2	3,6/4,0	37,7
					3	3,6/4,0	35,3	
280	3М132	6,10 x 2,58	7,6	87 285	О, Дс,	2	5,3/0	84,9
					Сс	3	5,3/0	80,5
					Вс, М	2	3,6/4,5	47,8
					3	3,6/4,5	43,3	
400	3А141	5,95 x 2,07	7,7	50 600	О, Дс,	2	5,2/0	79,5
					Сс	3	5,2/0	79,9
					Вс, М	2	3,3/4,0	42,3
					3	3,3/4,0	39,7	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
560	3A172	12,48 x 3,70	25	164300	О, Дс,	2	5,2/0	100,2
					Сс	3	5,2/0	91,3
					Вс, М	2	3,4/4,0	65,0
						3	3,4/4,0	56,7
800	3A174	17,17 x 4,29	30,4	195950	О, Дс,	2	5,2/0	108,7
					Сс	3	5,2/0	97,4
					Вс, М	2	3,6/4,0	73,5
						3	3,6/4,0	62,8
<i>Круглошліфувальні врізні напівавтомати підвищеної точності; максимальний діаметр виробу, мм:</i>								
200	3M152	4,90 x 2,30	10	71070	О, Дс,	2	5,0/0	78,7
					Сс	3	5,0/0	75,0
					Вс, М	2	2,9/4,0	42,4
						3	2,9/4,0	40,5
280	3M161E	3,40 x 4,30	22	158180	О, Дс,	2	5,0/0	92,0
					Сс	3	5,0/0	84,8
					Вс, М	2	3,6/4,2	58,3
						3	3,6/4,2	51,6
300	3162	3,32 x 2,36	17,9	21900	О, Дс,	2	4,9/0	72,7
					Сс	3	4,9/0	71,1
					Вс, М	2	2,9/4,0	39,8
						3	2,9/4,0	38,7
400	3M175	8,30 x 2,84	18,5	72415	О, Дс,	2	5,0/0	82,7
					Сс	3	5,0/0	78,7
					Вс, М	2	3,6/5	49,6
						3	3,6/5	45,6
<i>Круглошліфувальні верстати підвищеної точності; максимальний діаметр виробу, мм:</i>								
290	3A423	4,60 x 2,10	7,5	36510	О, Дс,	2	5,0/0	75,1
					Сс	3	5,0/0	72,8
					Вс, М	2	3,6/4,5	40,7
						3	3,6/4,5	38,4
560	3M194	13,07 x 4,00	34,3	505000	О, Дс,	2	5,0/0	141,7
					Сс	3	5,0/0	119,0
					Вс, М	2	3,6/4,5	106,3
						3	3,6/4,5	85,0
800	3M197	17,40 x 4,18	43,4	547400	О, Дс,	2	5,0/0	150,6
					Сс	3	5,0/0	125,8
					Вс, М	2	3,6/4,5	115,8
						3	3,6/4,5	92,0
<i>Безцентрово-шліфувальні верстати підвищеної і високої точності; максимальний діаметр виробу, мм:</i>								
25	3M182A	2,56 x 1,56	5,5	56 750	О, Дс,	2	4,7/0	73,1
					Сс	3	4,7/0	70,3
					Вс, М	2	2,7/4,5	39,5
						3	2,7/4,5	36,9
80	3M184И	3,22 x 2,37	30	75 035	О, Дс,	2	4,9/0	80,3
					Сс	3	4,9/0	76,8
					Вс, М	2	3,0/4,0	48,8
						3	3,0/4,0	45,3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
160	3M185	3,25 x 2,25	22	99 475	О, Дс,	2	5,0/0	84,4
					Сс	3	5,0/0	79,8
					Вс, М	2	3,6/4,5	51,3
						3	3,6/4,5	46,8
<i>Внутрішньо-шліфувальні універсальні верстати підвищеної точності; максимальний діаметр шліфування, мм × довжина шліфування, мм:</i>								
25x50	3K225A	2,29 x 1,77	2,9	68 465	О, Дс,	2	5,0/0	74,5
					Сс	3	5,0/0	71,4
					Вс, М	2	3,0/4,0	34,8
						3	3,0/4,0	31,8
100x125	3A240	2,10 x 1,10	3,2	10 450	О, Дс,	2	4,9/0	65,7
					Сс	3	4,9/0	64,9
					Вс, М	2	2,8/4,0	27,8
						3	2,8/4,0	27,1
200x200	3A228П	3,36 x 1,57	9,3	48 350	О, Дс,	2	5,0/0	73,7
					Сс	3	5,0/0	71,3
					Вс, М	2	3,0/4,0	35,0
						3	3,0/4,0	32,6
400x320	3A229	4,08 x 1,90	11	53 900	О, Дс,	2	5,0/0	77,5
					Сс	3	5,0/0	74,8
					Вс, М	2	3,1/4,0	40,7
						3	3,1/4,0	37,5
500x500	3260	3,80 x 1,55	11	43 150	О, Дс,	2	5,0/0	74,5
					Сс	3	5,0/0	72,3
					Вс, М	2	3,1/4,0	36,7
						3	3,1/4,0	34,5
<i>Внутрішньо-шліфувальні універсальні верстати підвищеної і особливо високої точності; максимальний діаметр шліфування, мм:</i>								
25	3K225B	1,90 x 1,08	2,80	94 250	О, Дс,	2	4,8/0	74,8
					Сс	3	4,8/0	71,0
					Вс, М	2	2,8/4,0	36,9
						3	2,8/4,0	32,4
100	3K227B	4,30 x 2,70	4,3	95 700	О, Дс,	2	4,9/0	78,2
					Сс	3	4,9/0	73,5
					Вс, М	2	2,9/4,0	39,9
						3	2,9/4,0	35,5
200	3K228B	3,47 x 1,40	6,2	108 000	О, Дс,	2	4,9/0	79,3
					Сс	3	4,9/0	74,6
					Вс, М	2	2,9/4,0	41,4
						3	2,9/4,0	36,9
400	3K229B	4,24 x 1,73	7,5	120 000	О, Дс,	2	5,0/0	83,8
					Сс	3	5,0/0	78,4
					Вс, М	2	3,0/4,0	44,9
						3	3,0/4,0	38,8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Пласкошліфувальні верстати з прямокутним столом і горизонтальним шпинделем підвищеної і особливо високої точності; розмір стола, мм:</i>								
125x400	3701	2,10 x 1,60	2,2	52 150	О, Дс,	2	4,7/0	44,5
					Сс	3	4,7/0	42,2
					Вс, М	2	2,7/3,5	32,2
					3	2,7/3,5	30,0	
200x630	3Б71М	2,60 x 1,59	2,0	12 250	О, Дс,	2	4,8/0	40,7
					Сс	3	4,8/0	39,8
					Вс, М	2	2,7/3,5	28,3
					3	2,7/3,5	27,4	
320x1000	3Б721	3,46 x 2,08	5,3	106 800	О, Дс,	2	4,8/0	54,3
					Сс	3	4,8/0	49,8
					Вс, М	2	2,8/3,5	42,6
					3	2,8/3,5	38,3	
320x1250	3Д722	4,00 x 2,13	8,7	92 170	О, Дс,	2	4,9/0	53,1
					Сс	3	4,9/0	48,9
					Вс, М	2	3,0/4,0	42,3
					3	3,0/4,0	38,3	
400x2000	3Б724	5,66 x 2,58	14,9	82 950	О, Дс,	2	4,9/0	55,2
					Сс	3	4,9/0	51,0
					Вс, М	2	2,9/4,0	45,1
					3	2,9/4,0	42,1	
630x2000	3Д725	5,75 x 2,86	15,4	165 945	О, Дс,	2	4,9/0	65,0
					Сс	3	4,9/0	57,8
					Вс, М	2	3,0/4,0	55,6
					3	3,0/4,0	48,7	
<i>Пласкошліфувальні верстати з горизонтальним шпинделем і круглим столом діаметром, мм:</i>								
400	3Д740В	2,10 x 1,97	11	96 715	О, Дс,	2	4,9/0	50,7
					Сс	3	4,9/0	46,4
					Вс, М	2	2,9/3,5	38,0
					3	2,9/3,5	34,0	
800	3Д741В	2,73 x 1,97	15	145 185	О, Дс,	2	4,9/0	59,1
					Сс	3	4,9/0	57,8
					Вс, М	2	2,9/3,5	47,2
					3	2,9/3,5	41,2	
<i>Пласкошліфувальні напівавтомати неперервної дії, двошпиндельні напівавтомати підвищеної точності з круглим столом діаметром 1000 мм</i>								
1000	3П7722	5,32x4,40	30	137 425	О, Дс,	2	4,9/0	62,8
					Сс	3	4,9/0	56,2
					Вс, М	2	3,0/4,0	53,3
					3	3,0/4,0	47,0	
<i>Пласкошліфувальні напівавтомати з прямокутним столом 320x1250 мм і горизонтальним шпинделем підвищеної точності</i>								
320 x1250	3П72-2	4,00 x 2,13	15	113 275	О, Дс,	2	4,9/0	57,8
					Сс	3	4,9/0	52,8
					Вс, М	2	3,0/4,0	48,6
					3	3,0/4,0	52,5	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Пласкошліфувальні напівавтомати з прямокутним столом 320×800 і вертикальним шпинделем підвищеної точності:</i>								
320 x 800	ЗП732	4,00 x 2,13	22	109 880	О, Дс,	2	4,9/0	56,2
					Сс	3	4,9/0	51,3
					Вс, М	2	3,0/4,0	45,9
						3	3,0/4,0	41,4
<i>Пласкошліфувальні напівавтомати з горизонтальним шпинделем високої точності з круглим магнітним столом, мм:</i>								
200 x 630	ЗЕ711В	2,68 x 1,77	4	56 750	О, Дс,	2	5,0/0	45,8
					Сс	3	5,0/0	51,8
					Вс, М	2	3,1/4,0	32,2
						3	3,1/4,0	29,7
<i>Поздовжньо-шліфувальні двостоякові верстати підвищеної точності з розмірами стола, мм:</i>								
710 x 3000	3508	9,72 x 4,55	41,8	224 850	О, Дс,	2	4,8/0	73,1
					Сс	3	4,8/0	62,8
					Вс, М	2	2,8/4,0	63,2
						3	2,8/4,0	54,1
900 x 4000	3510	12,11 x 4,69	44,5	257 900	О, Дс,	2	4,8/0	79,1
					Сс	3	4,8/0	66,9
					Вс, М	2	2,9/4,0	69,3
						3	2,9/4,0	57,6
<i>Координатно-шліфувальні верстати особливо високої точності з розміром стола 250×450 мм</i>								
250 x 450	ЗБ282	1,57 x 1,33	2,4	96 600	О, Дс,	2	4,8/0	48,1
					Сс	3	4,8/0	44,2
					Вс, М	2	3,0/4,0	35,1
						3	3,0/4,0	31,5
<i>Вертикально-хонінгувальні верстати, (градісний діаметр хонінгування), мм x довжина хонінгування, мм</i>								
(30-125) x 500	ЗГ833	1,20 x 1,18	3,0	11 325	О, Дс,	2	4,5/0	55,6
					Сс	3	4,5/0	54,8
					Вс, М	2	2,2/0	44,2
						3	2,2/0	43,6
(50) x 150	ОФ-20	0,88 x 0,79	1,0	11 445	О, Дс,	2	4,3/0	54,1
					Сс	3	4,3/0	53,6
					Вс, М	2	2,0/0	42,9
						3	2,0/0	42,4
(160) x 400	383	1,57 x 1,20	14,6	24 150	О, Дс,	2	4,4/0	57,8
					Сс	3	4,4/0	56,8
					Вс, М	2	2,1/0	47,8
						3	2,1/0	46,7
(250) x 1200	384	2,35 x 1,26	7,2	28 700	О, Дс,	2	4,4/0	58,1
					Сс	3	4,4/0	55,8
					Вс, М	2	2,1/0	47,3
						3	2,1/0	49,1
(500) x 1750	385	3,32 x 1,60	20	57 400	О, Дс,	2	4,5/0	64,6
					Сс	3	4,5/0	61,8
					Вс, М	2	2,2/0	54,9
						3	2,2/0	52,3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Вертикальні хонінгувальні напівавтомати; діаметр отвору, мм × довжина отвору, мм:</i>								
(8-32) × 90	3E820	2,50 × 1,3	1,89	75 325	O, Дс,	2	4,5/0	63,6
					Сс	3	4,5/0	60,2
					Вс, М	2	2,2/0	51,6
						3	2,2/0	48,3
(12-50) × 320	3821	2,60 × 1,85	2,0	54 910	O, Дс,	2	4,5/0	61,8
					Сс	3	4,5/0	59,1
					Вс, М	2	2,3/0	50,1
						3	2,3/0	47,4
(20-80) × 320	3822	2,66 × 1,65	2,75	79 350	O, Дс,	2	4,5/0	65,0
					Сс	3	4,5/0	61,5
					Вс, М	2	2,3/0	53,3
						3	4,5/0	50,0
<i>Притиральні вертикальні напівавтомати підвищеної точності, (граничний діаметр отвору), мм × довжина отвору, мм</i>								
(12-30) × 100	3821Д	2,10 × 1,85	1,85	53 760	O, Дс,	2	4,6/0	61,8
					Сс	3	4,6/0	59,2
					Вс, М	2	2,5/0	49,2
						3	2,5/0	47,4
<i>Полірувальні двосторонні верстати підвищеної точності з найбільшим діаметром круга, мм</i>								
250	3Б852	0,78 × 0,48	1,5	4 370	O, Дс,	2	4,6/0	54,3
					Сс	3	4,6/0	54,2
					Вс, М	2	2,5/0	42,6
						3	2,5/0	42,9
400	3Б854	1,80 × 1,02	5,0	9 430	O, Дс,	2	4,8/0	56,9
					Сс	3	4,8/0	56,3
					Вс, М	2	2,5/0	45,2
						3	2,5/0	44,7
4. Основне технологічне устаткування зубо- і різоброблювальної групи.								
<i>Зубофрезерні автомати та напівавтомати для оброблення циліндричних прямозубих і косозубих коліс; найбільший діаметр коліс, мм × найбільша ширина коліс, мм</i>								
50 (діаметр)	5302	0,79 × 0,44	0,46	25 420	O, Дс,	2	4,3/0	50,6
					Сс	3	4,3/0	49,7
					Вс, М	2	3,3/5,0	41,8
						3	3,3/5,0	40,9
125 × 100	5К301	1,25 × 0,78	4,0	47 750	O, Дс,	2	4,5/0	54,8
					Сс	3	4,5/0	52,9
					Вс, М	2	3,5/5,0	46,1
						3	3,5/5,0	44,3
200 × 160	5306К	1,55 × 0,92	5,5	62 350	O, Дс,	2	4,7/0	57,7
					Сс	3	4,7/0	55,3
					Вс, М	2	3,7/5,0	48,6
						3	3,7/5,0	46,3
320 × 220	53А30	2,30 × 1,50	6,8	90 150	O, Дс,	2	5,0/0	65,5
					Сс	3	5,0/0	61,8
					Вс, М	2	3,6/5,0	55,6
						3	3,6/5,0	52,0
500 × 350	53А50М	2,67 × 1,81	12,5	109 020	O, Дс,	2	4,9/0	66,8
					Сс	3	4,9/0	62,3
					Вс, М	2	3,7/5,0	58,3
						3	3,7/5,0	53,9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
800 x 560	5K328A	3,58 x 1,79	13,9	97 460	О, Дс,	2	5,0/0	67,3
					Сс	3	5,0/0	63,3
					Вс, М	2	3,8/5,0	58,1
						3	3,8/5,0	54,3
1250 x 3400	5B375	9,85 x 4,64	60,7	1358150	О, Дс,	2	5,2/0	217,5
					Сс	3	5,2/0	166,5
					Вс, М	2	3,8/5,0	202,2
						3	3,8/5,0	153,8
<i>Зубофрезерні автомати та напівавтомати підвищеної і особливо високої точності; найбільший зовнішній діаметр коліс, мм * найбільший модуль коліс, мм:</i>								
50 x 1	5303B	0,71 x 0,75	1,1	41 975	О, Дс,	2	4,9/0	54,3
					Сс	3	4,9/0	53,2
					Вс, М	2	3,8/5,0	44,4
						3	3,8/5,0	43,0
80 x 1,5	5304B	1,21 x 1,19	2,5	83 950	О, Дс,	2	4,9/0	59,8
					Сс	3	4,9/0	56,6
					Вс, М	2	3,8/5,0	49,7
						3	3,8/5,0	46,6
125 x 2,5	5K301П	1,32 x 1,12	2,2	44 275	О, Дс,	2	5,0/0	56,5
					Сс	3	5,0/0	54,7
					Вс, М	2	3,9/5,0	46,0
						3	3,9/5,0	44,3
500 x 8	53A50	2,67 x 1,81	12,5	118 160	О, Дс,	2	5,0/0	68,5
					Сс	3	5,0/0	63,8
					Вс, М	2	3,9/5,0	59,1
						3	3,9/5,0	54,6
800 x 30/35	5B373П	8,70 x 3,75	46,0	1290300	О, Дс,	2	5,0/0	206,3
					Сс	3	5,0/0	158,3
					Вс, М	2	3,9/5,0	192,1
						3	3,9/5,0	146,4
<i>Шліцефрезерні горизонтальні напівавтомати, найбільший діаметр коліс, мм * найбільша ширина коліс, мм:</i>								
50 x 80	5B63	1,82 x 1,12	3	43 700	О, Дс,	2	5,1/0	57,3
					Сс	3	5,1/0	55,3
					Вс, М	2	3,6/5,0	46,0
						3	3,6/5,0	44,4
150 x 925	5350A	2,60 x 1,55	11,60	31 450	О, Дс,	2	5,1/0	59,8
					Сс	3	5,1/0	58,1
					Вс, М	2	3,6/5,0	50,7
						3	3,6/5,0	49,0
<i>Зубодовбальні верстати з найбільшим діаметром оброблюваного колеса, мм</i>								
80	5111	1,63 x 1,09	1,77	45 595	О, Дс,	2	5,1/0	43,3
					Сс	3	5,1/0	41,2
					Вс, М	2	3,8/5,0	28,6
						3	3,8/5,0	26,6
200	5122	2,00 x 1,45	4,4	53 990	О, Дс,	2	5,1/0	44,8
					Сс	3	5,1/0	42,3
					Вс, М	2	3,8/5,0	30,3
						3	3,8/5,0	29,4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Зубодовбальні напівавтомати з найбільшим діаметром оброблюваного колеса, мм:</i>								
220	5B12	1,33 x 0,94	1,85	13 800	О, Дс,	2	4,8/0	37,7
					Сс	3	4,8/0	37,1
					Вс, М	2	3,5/5,0	24,6
					3	3,5/5,0	23,9	
500	5140	1,65 x 1,20	4,2	72 600	О, Дс,	2	4,8/0	45,4
					Сс	3	4,8/0	42,4
					Вс, М	2	3,5/5,0	32,2
					3	3,5/5,0	29,3	
800	5M150	4,20 x 1,80	10,8	96 370	О, Дс,	2	5,0/0	52,3
					Сс	3	5,0/0	47,8
					Вс, М	2	3,6/5,0	38,5
					3	3,6/5,0	34,3	
<i>Зубофрезерні верстати для конічних коліс з найбільшим діаметром, мм:</i>								
125	5C237	2,94 x 2,09	8,8	122 185	О, Дс,	2	4,9/0	67,2
					Сс	3	4,9/0	61,9
					Вс, М	2	3,6/5,0	56,9
					3	3,6/5,0	52,0	
320	5C267П	2,94 x 2,09	8,8	264 500	О, Дс,	2	4,9/0	85,6
					Сс	3	4,9/0	74,9
					Вс, М	2	3,7/5,0	75,6
					3	3,7/5,0	65,3	
<i>Зубостругальні напівавтомати для нарізання конічних коліс з прямими зубцями: найбільший діаметр початкового кола колеса, мм:</i>								
125	5T23B	1,62 x 1,05	3,0	96 600	О, Дс,	2	4,5/0	44,9
					Сс	3	4,5/0	41,2
					Вс, М	2	3,8/6,0	32,3
					3	3,8/6,0	28,8	
500	5C276П	2,94 x 2,09	9,0	259 900	О, Дс,	2	4,5/0	66,4
					Сс	3	4,5/0	56,6
					Вс, М	2	3,9/6,0	54,1
					3	3,9/6,0	44,8	
<i>Зубошліфувальні верстати з конічним кругом для циліндричних коліс: найбільший діаметр початкового кола колеса, мм:</i>								
125	5B830	1,95 x 2,00	4,4	118 795	О, Дс,	2	4,9/0	54,4
					Сс	3	4,9/0	49,3
					Вс, М	2	3,8/5,0	44,5
					3	3,8/5,0	39,6	
200	58324	2,84 x 1,89	6,4	112 100	О, Дс,	2	4,9/0	53,9
					Сс	3	4,9/0	49,0
					Вс, М	2	3,8/6,0	44,5
					3	3,8/6,0	39,8	
560	586	3,55 x 2,66	8,5	125 450	О, Дс,	2	4,9/0	56,7
					Сс	3	4,9/0	50,1
					Вс, М	2	3,9/6,0	47,5
					3	3,9/6,0	42,0	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Зубоцифувальні верстати з тарільчастим кругом для циліндричних коліс; найбільший діаметр початкового кола колеса, мм:</i>								
320	5851	3,17 x 1,82	5,5	462 825	О, Дс,	2	4,8/0	96,5
					Сс	3	4,8/0	77,8
					Вс, М	2	3,8/5,0	85,2
					3	3,8/5,0	67,3	
800	5833	3,34 x 2,17	8,5	544 500	О, Дс,	2	4,9/0	107,2
					Сс	3	4,9/0	85,3
					Вс, М	2	3,9/5,0	95,1
					3	3,9/5,0	74,0	
<i>Зубоцифувальні напівавтомати для конічних коліс з прямими і спіральними зубцями; найбільший діаметр колеса, мм:</i>								
320	5A870B	2,65 x 2,10	7,5	393 250	О, Дс,	2	4,8/0	83,2
					Сс	3	4,8/0	68,2
					Вс, М	2	3,8/5,0	71,6
					3	3,8/5,0	57,3	
800	5A872	2,30 x 1,80	12,5	342 000	О, Дс,	2	5,0/0	80,5
					Сс	3	5,0/0	67,3
					Вс, М	2	4,0/5,0	69,2
					3	4,0/5,0	56,7	
<i>Зубоцифувальні напівавтомати для циліндричних коліс діаметром, мм:</i>								
10-125	5891C	1,59 x 1,50	2,8	110 860	О, Дс,	2	5,0/0	53,8
					Сс	3	5,0/0	49,3
					Вс, М	2	4,0/6,0	43,9
					3	4,0/6,0	39,5	
35-320	5851	3,17 x 1,82	5,6	273 700	О, Дс,	2	5,0/0	86,5
					Сс	3	5,0/0	71,4
					Вс, М	2	4,0/6,0	74,8
					3	4,0/6,0	60,4	
150-800	5853	3,34 x 2,16	7,6	371 220	О, Дс,	2	5,0/0	86,5
					Сс	3	5,0/0	71,4
					Вс, М	2	4,0/6,0	74,8
					3	4,0/6,0	60,4	
<i>Зубошевінгувальні верстати для циліндричних коліс діаметром до 125 мм</i>								
125	5712	0,85 x 1,08	1,0	42 400	О, Дс,	2	5,2/0	42,1
					Сс	3	5,2/0	40,3
					Вс, М	2	4,0/6,0	27,7
					3	4,0/6,0	26,0	
<i>Зубошевінгувальні напівавтомати високої точності для коліс діаметром до 320 мм:</i>								
320	5702	2,10 x 1,51	4,7	53 000	О, Дс,	2	5,2/0	45,1
					Сс	3	5,2/0	42,7
					Вс, М	2	4,0/6,0	31,1
					3	4,0/6,0	28,7	
<i>Зубохонінгувальні верстати для оброблення коліс діаметром до 320 мм:</i>								
320	5B913	1,75 x 1,40	10,3	73 500	О, Дс,	2	5,2/0	66,8
					Сс	3	5,2/0	63,8
					Вс, М	2	4,0/5,0	56,7
					3	4,0/5,0	53,6	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Різешлифувальні верстати для зовнішніх різей на виробів діаметром до, мм:</i>								
80	5820	1,65x1,52	3,0	75850	О, Дс,	2	5,2/0	78,9
					Сс	3	5,2/0	75,7
					Вс, М	2	3,5/5,0	41,9
200	5822	2,51 x 2,03	4,5	53 300	Сс	3	3,5/5,0	38,8
					О, Дс,	2	5,2/0	79,3
					Сс	3	5,2/0	76,7
80-280	5897	1,84 x 2,00	6,3	232 530	Вс, М	2	3,8/5,0	44,0
					Сс	3	3,8/5,0	41,4
					О, Дс,	2	5,2/0	100,8
125	5K821B	1,79 x 1,91	4,8	119 025	Сс	3	5,2/0	80,5
					Вс, М	2	3,8/5,0	48,8
					Сс	3	3,8/5,0	43,9
80-280	5897	1,84 x 2,00	6,3	232 530	Вс, М	2	3,8/5,0	64,4
					Сс	3	3,8/5,0	55,3
					О, Дс,	2	5,2/0	100,8
5. Основне технологічне устаткування фрезерної групи								
<i>Вертикально-фрезерні консольні верстати; з розмірами робочої поверхні стола, мм:</i>								
100x800	6102	0,94 x 0,80	1,0	5 850	О, Дс,	2	4,6/0	48,3
					Сс	3	4,6/0	47,9
					Вс, М	2	3,1/4,0	38,6
200x800	6P10	1,44 x 1,87	3,0	16 385	Сс	3	3,1/4,0	38,2
					О, Дс,	2	4,6/0	50,8
					Сс	3	4,6/0	49,8
250x1000	6P11	1,48 x 1,99	5,5	16 155	Вс, М	2	3,1/4,0	41,3
					Сс	3	3,1/4,0	40,3
					О, Дс,	2	4,7/0	51,6
320x1250	6C12	2,00 x 2,23	5,5	28 175	Сс	3	4,7/0	50,6
					Вс, М	2	3,2/4,0	42,2
					Сс	3	3,2/4,0	41,3
400x1600	6P13Б	2,60 x 2,26	15	22 020	О, Дс,	2	4,8/0	54,9
					Сс	3	4,8/0	53,3
					Вс, М	2	3,3/4,0	45,8
400x1600	6P13Б	2,60 x 2,26	15	22 020	Сс	3	3,3/4,0	44,3
					О, Дс,	2	4,8/0	55,8
					Сс	3	4,8/0	54,3
400X100	6540	2,64 x 2,65	7,5	81 535	Вс, М	2	3,3/4,0	47,7
					Сс	3	3,3/4,0	46,3
					О, Дс,	2	4,7/0	64,9
500x1250	6550	2,72 x 3,20	10	85 385	Сс	3	4,7/0	61,1
					Вс, М	2	3,1/4,0	57,0
					Сс	3	3,1/4,0	53,4
500x1250	6550	2,72 x 3,20	10	85 385	О, Дс,	2	4,8/0	57,8
					Сс	3	4,8/0	53,9
					Вс, М	2	3,2/4,0	51,4
								50,3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Поздовжньо-фрезерні одностоякові верстати з розмірами робочої поверхні стола, мм:</i>								
800x2000	6A56Г	3,96 x 5,30	22	4 175	О, Дс,	2	4,8/0	58,1
					Сс	3	4,8/0	50,3
					Вс, М	2	3,2/4,0	51,4
					3	3,2/4,0	50,3	
800x3000	6308	8,06 x 2,80	29,5	152 200	О, Дс,	2	4,8/0	64,3
					Сс	3	4,8/0	57,7
					Вс, М	2	3,2/5,0	56,9
					3	3,2/5,0	50,5	
1250x4000	6У312	10,90 x 4,38	46	495 550	О, Дс,	2	4,9/0	94,6
					Сс	3	4,9/0	91,1
					Вс, М	2	3,3/5,0	104,8
					3	3,3/5,0	85,7	
<i>Поздовжньо-фрезерні двастоякові верстати з розмірами робочої поверхні стола, мм:</i>								
400x1250	6604	3,63 x 2,65	8	18 550	О, Дс,	2	4,6/0	57,1
					Сс	3	4,6/0	55,6
					Вс, М	2	3,0/5,0	52,3
					3	3,0/5,0	50,1	
500x1600	6605	5,40 x 3,55	11	115 575	О, Дс,	2	4,6/0	69,8
					Сс	3	4,6/0	64,3
					Вс, М	2	3,0/5,0	64,8
					3	3,0/5,0	59,6	
800x2500	6Г608	7,45 x 4,10	27,5	220 800	О, Дс,	2	4,8/0	86,5
					Сс	3	4,8/0	77,2
					Вс, М	2	3,3/5,0	82,6
					3	3,3/5,0	73,7	
1000x3200	6Г610	8,75 x 5,00	34,9	268 065	О, Дс,	2	4,8/0	92,9
					Сс	3	4,8/0	81,2
					Вс, М	2	3,2/5,0	88,5
					3	3,2/5,0	77,3	
1250x6000	6662	14,60 x 6,10	112	374 500	О, Дс,	2	5,0/0	130,2
					Сс	3	5,0/0	112,4
					Вс, М	2	3,5/5,0	137,2
					3	3,5/5,0	120,1	
4000x12000	6640	32,00 x 14,30	620	7820000	О, Дс,	2	5,0/0	1046,5
					Сс	3	5,0/0	743,3
					Вс, М	2	3,5/5,0	1017,5
					3	3,5/5,0	728,3	
<i>Широкоуніверсальні верстати з поворотною шпиндельною головкою підвищеної точності: з розмірами робочої поверхні стола, мм:</i>								
200x800	6P80	1,52 x 1,87	3,0	18 170	О, Дс,	2	4,5/0	44,7
					Сс	3	4,5/0	43,8
					Вс, М	2	3,0/4,0	37,5
					3	3,0/4,0	36,5	
250x1000	6P81	1,48 x 1,99	5,5	15 235	О, Дс,	2	4,5/0	45,1
					Сс	3	4,5/0	44,3
					Вс, М	2	3,0/4,0	38,3
					3	3,0/4,0	37,4	
320x1250	6P82	2,30 x 1,95	7,5	16 560	О, Дс,	2	4,7/0	48,8
					Сс	3	4,7/0	47,8
					Вс, М	2	3,2/4,0	42,9
					3	3,2/4,0	41,9	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
400x1600	6P83	2,56 x 2,26	11	19 205	О, Дс,	2	4,8/0	50,9
					Сс	3	4,8/0	49,6
					Вс, М	2	3,4/4,0	45,7
						3	3,4/4,0	44,4
<i>Барабанно-фрезерні верстати для корпусних деталей і торців валів з діаметром барабана до 1000 мм</i>								
1000	6023	3,30 x 1,95	26	99 580	О, Дс,	2	4,9/0	152,9
					Сс	3	4,9/0	148,5
					Вс, М	2	3,5/5,0	118,5
						3	3,5/5,0	114,3
<i>Карусельно-фрезерні верстати з найбільшим діаметром стола, мм</i>								
1000	621М	2,45 x 1,54	10,0	28 600	О, Дс,	2	4,7/0	140,3
					Сс	3	4,7/0	138,8
					Вс, М	2	3,2/4,0	105,8
						3	3,2/4,0	104,3
1500	6М23	2,97 x 2,10	14,0	50 500	О, Дс,	2	4,8/0	146,3
					Сс	3	4,8/0	143,8
					Вс, М	2	3,3/4,0	111,8
						3	3,3/4,0	109,4
<i>Горизонтально-фрезерні консольні верстати з розміром робочої поверхні стола, мм</i>								
160x630	6Н804Г	1,17 x 1,16	1,5	11 050	О, Дс,	2	4,5/0	48,3
					Сс	3	4,5/0	47,6
					Вс, М	2	3,0/4,0	37,7
						3	3,0/4,0	37,0
250x1000	6P81Ш	1,48 x 2,04	5,5	22 135	О, Дс,	2	4,5/0	51,1
					Сс	3	4,5/0	49,9
					Вс, М	2	3,0/0	41,0
						3	3,0/0	39,8
320x1250	6P82Г	2,30 x 1,95	7,5	16 385	О, Дс,	2	4,6/0	51,8
					Сс	3	4,6/0	50,6
					Вс, М	2	3,1/4,0	41,8
						3	3,1/4,0	40,8
400x1600	6P83Ш	2,68 x 2,26	11,0	26 450	О, Дс,	2	4,6/0	54,3
					Сс	3	4,6/0	52,8
					Вс, М	2	3,2/4,0	45,3
						3	3,2/4,0	43,8
530x2000	6Н84Г	4,15 x 2,91	14,0	30 300	О, Дс,	2	4,7/0	57,5
					Сс	3	4,7/0	55,4
					Вс, М	2	3,2/4,0	48,6
						3	3,2/4,0	46,7
<i>Горизонтально-фрезерні консольні універсальні верстати з поворотним столом з розміром робочої поверхні 400 × 1600 мм</i>								
400x1600	6P83	2,56 x 2,26	11,0	19 205	О, Дс,	2	4,7/0	53,9
					Сс	3	4,7/0	52,6
					Вс, М	2	3,2/4,0	44,4
						3	3,2/4,0	43,0
<i>Вертикальні копіювально-фрезерні напівавтомати з розмірами робочої поверхні стола, мм</i>								
280x450	96КП	1,28 x 1,0	3,0	40 250	О, Дс,	2	4,8/0	54,7
					Сс	3	4,8/0	52,9
					Вс, М	2	3,5/5,0	51,8
						3	3,5/5,0	50,2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
320x800	6530K	1,53 x 1,89	4,0	50 600	О, Дс,	2	4,7/0	56,6
					Сс	3	4,7/0	54,3
					Вс, М	2	3,2/5,0	53,6
						3	3,2/5,0	51,4
<i>Копіювально-фрезерні горизонтальні верстати для об'ємного оброблення з розмірами робочої поверхні стола, мм:</i>								
630x1250	6Б443Г	3,50 x 3,00	9,1	265 995	О, Дс,	2	4,8/0	93,8
					Сс	3	4,8/0	82,9
					Вс, М	2	3,6/5,0	94,3
						3	3,6/5,0	83,8
1000x2000	6Б444Г	4,62 x 4,15	20,8	386 975	О, Дс,	2	4,8/0	109,4
					Сс	3	4,8/0	93,3
					Вс, М	2	3,6/5,0	108,7
						3	3,6/5,0	93,3
<i>Шпонково-фрезерні верстати для шпонкових головок з найбільшою шириною 24 мм:</i>								
24	692Р	1,50 x 1,80	2,2	271 975	О, Дс,	2	4,8/0	75,2
					Сс	3	4,8/0	65,0
					Вс, М	2	3,1/4,0	65,9
						3	3,1/4,0	56,3
6. Основне технологічне устаткування стругальної, довбальної і протязної груп								
<i>Поздовжньо-стругальні двостоякові верстати з розмірами робочої поверхні стола, мм:</i>								
900x3000	7110	7,95 x 3,70	75,0	117 185	О, Дс,	2	3,8/0	60,7
					Сс	3	3,8/0	54,9
					Вс, М	2	2,5/4,0	60,9
						3	2,5/4,0	55,6
1120x4000	7112	9,95 x 4,20	100	149 500	О, Дс,	2	3,8/0	68,5
					Сс	3	3,8/0	61,0
					Вс, М	2	2,5/4,0	70,0
						3	2,5/4,0	62,8
1400x6000	7116	14,00 x 4,50	100	205 850	О, Дс,	2	4,0/0	83,8
					Сс	3	4,0/0	73,4
					Вс, М	2	3,0/4,0	86,9
						3	3,0/4,0	77,0
<i>Поздовжньо-стругальні двостоякові верстати з розмірами робочої поверхні стола, мм:</i>								
900x6000	7210-6	13,60 x 4,00	75,0	138 575	О, Дс,	2	4,2/0	160,3
					Сс	3	4,2/0	152,8
					Вс, М	2	-	-
						3	-	-
1120x4000	7212	9,95 x 4,50	100	169 625	О, Дс,	2	4,0/0	151,9
					Сс	3	4,0/0	144,0
					Вс, Дс	2	2,6	126,3
						3	2,6	118,4
1400x6000	7216	14,00 x 4,80	100	250 355	О, Дс,	2	4,1/0	167,1
					Сс	3	4,1/0	155,3
					Вс, М	2	2,7/5,0	141,3
						3	2,7/5,0	129,8
<i>Поздовжньо-стругально-фрезерні верстати з розмірами робочої поверхні стола, мм:</i>								
1120x4000	7212Г	9,95 x 5,00	42	234 770	О, Дс,	2	4,2/0	74,0
					Сс	3	4,2/0	61,2
1400x6000	7216Г	14,00 x 5,45	55	312 225	О, Дс,	2	4,2/0	91,7
					Сс	3	4,2/0	76,8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Поперечно-стругальні верстати з ходом повзуна (мін/макс), мм</i>								
20/500	7Е35	2,35 x 1,23	5,5	18 110	О, Дс,	2	3,6/0	58,8
					Сс	3	3,6/0	57,8
					Вс, М	2	2,3/4,0	29,4
					3	2,3/4,0	28,3	
150/1000	7310Д	3,70 x 1,83	11,0	32 890	О, Дс,	2	3,7/0	63,8
					Сс	3	3,7/0	61,8
					Вс, М	2	2,4/4,0	35,2
					3	2,4/4,0	33,3	
<i>Довбальні верстати з ходом довбача, мм</i>								
100	7А412	1,95 x 0,98	1,5	17 135	О, Дс,	2	4,2/0	60,5
					Сс	3	4,2/0	59,6
					Вс, М	2	2,5/4,0	25,8
					3	2,5/4,0	25,0	
200-1200	7410	6,00 x 4,40	45,0	230 000	О, Дс,	2	4,3/0	63,8
					Сс	3	4,3/0	62,7
					Вс, М	2	2,6/4,0	28,9
					3	2,6/4,0	27,8	
380	7430	2,50 x 1,95	8,7	18 900	О, Дс,	2	4,4/0	63,9
					Сс	3	4,4/0	62,7
					Вс, М	2	2,7/4,0	28,9
					3	2,7/4,0	27,7	
500	7М450	2,92 x 2,00	10,0	45 200	О, Дс,	2	4,5/0	68,6
					Сс	3	4,5/0	66,2
					Вс, М	2	2,8/4,0	33,3
					3	2,8/4,0	31,0	
<i>Горизонтально-протяжні верстати для внутрішнього протягування одинарні; номінальне тягове зусилля (кН) x найбільша довжина робочого ходу салазок або каретки, мм</i>								
50x1000	7505	3,75 x 0,80	7,1	14 670	О, Дс,	2	4,3/0	66,1
					Сс	3	4,3/0	65,1
					Вс, М	2	2,8/5,0	32,2
					3	2,8/5,0	31,2	
200x1550	7Б56	7,20 x 2,10	30,0	78 485	О, Дс,	2	4,5/0	80,5
					Сс	3	4,5/0	76,4
					Вс, М	2	3,0/5,0	47,2
					3	3,0/5,0	43,3	
<i>Вертикально-протяжні верстати для внутрішнього протягування одинарні; номінальне тягове зусилля (кН) x найбільша довжина ходу робочих салазок, мм</i>								
50x1000	7Б64	2,87 x 1,35	11,0	53 130	О, Дс,	2	4,4/0	71,8
					Сс	3	4,4/0	69,3
					Вс, М	2	3,0/5,0	37,5
					3	3,0/5,0	35,1	
100x1250	7Б65	3,29 x 1,33	22,0	64 975	О, Дс,	2	4,5/0	75,4
					Сс	3	4,5/0	72,5
					Вс, М	2	3,1/5,0	41,5
					3	3,1/5,0	38,7	
200x1550	7Б66-1	3,86x1,39	30,0	84 065	О, Дс,	2	4,5/0	79,4
					Сс	3	4,5/0	75,6
					Вс, М	2	3,1/5,0	46,3
					3	3,1/5,0	42,7	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Вертикально-протяжні верстати для зовнішнього протягування одинарні; номінальне тягове зусилля (кН) x найбільша довжина ходу робочих салазок, мм</i>								
320	7Д430	3,00 x 2,17	11,0	40 940	О, Дс,	2	4,6/0	72,3
					Сс	3	4,6/0	70,2
					Вс, М	2	3,2/5,0	37,3
					3	3,2/5,0	35,2	
50x1000	7Б74	3,15 x 1,29	11,0	53 705	О, Дс,	2	4,2/0	71,3
					Сс	3	4,2/0	68,8
					Вс, М	2	2,8/4,0	37,9
					3	2,8/4,0	36,6	
200x1600	7Б76-1	4,30 x 1,39	30,0	86 825	О, Дс,	2	4,6/0	79,6
					Сс	3	4,6/0	75,6
					Вс, М	2	3,2/5,0	45,5
					3	3,2/5,0	41,8	
7. Основне технологічне устаткування відрізної та розрізної групи								
<i>Відрізні верстати, які працюють абразивним кругом, для пруткового матеріалу з діаметром круга, мм</i>								
200	8220	0,90 x 0,50	3,0	4 745	О, Дс,	2	2,8/0	94,7
					Сс	3	2,8/0	94,4
					Вс, М	2	2,5/0	73,5
					3	2,5/0	73,2	
400	8240	1,37 x 1,16	10,0	10 700	О, Дс,	2	2,8/0	98,3
					Сс	3	2,8/0	97,7
					Вс, М	2	4,5/0	78,3
					3	4,5/0	77,7	
<i>Стричково-відрізні напівавтомати для заготовок діаметром з найбільшим розміром, мм</i>								
125	8541	1,85 x 1,12	1,1	17 765	О, Дс,	2	3,0/0	78,2
					Сс	3	3,0/0	77,2
					Вс, М	2	2,8/0	60,5
					3	2,8/0	59,8	
500	8Б545	3,32 x 3,00	4,4	70 150	О, Дс,	2	3,0/0	87,3
					Сс	3	3,0/0	83,7
					Вс, М	2	2,8/0	69,8
					3	2,8/0	66,2	
<i>Відрізні верстати, які працюють дисковими пилами, для заготовок діаметром, мм</i>								
160	8641	2,09 x 1,21	4,5	16 250	О, Дс,	2	3,0/0	37,8
					Сс	3	3,0/0	36,1
					Вс, М	2	2,8/0	30,3
					3	2,8/0	29,5	
500	8Г681	4,00 x 3,16	18,5	75 725	О, Дс,	2	3,2/0	51,6
					Сс	3	3,2/0	47,8
					Вс, М	2	3,0/0	45,7
					3	3,0/0	42,1	
<i>Фрезерно-відрізні автомати з діаметром диска 710 мм</i>								
710	8В66А	2,57 x 1,60	7,5	15 550	О, Дс,	2	3,2/0	74,0
					Сс	3	3,2/0	73,0
					Вс, М	2	3,0/0	47,8
					3	3,0/0	46,8	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Відрізні ножівкові верстати для заготовок діаметром до 250 мм</i>								
250	8Б72К	1,50x0,75	1,5	1 518	О, Дс,	2	2,8/0	75,2
					Сс	3	2,8/0	74,8
					Вс, М	2	2,5/0	58,1
						3	2,5/0	57,7
8. Основне технологічне устаткування з числовим програмним керуванням								
<i>Токарно-карусельні верстати для виробів діаметром до, мм</i>								
1250	1512Ф3	2,88 x 3,61	30,0	371 450	О, Дс,	2	3,5/4,0	83,7
					Сс	3	3,5/4,0	68,7
					Вс, М	2	2,2/6,0	79,7
						3	2,2/6,0	65,5
1600	1516Ф3	3,14 x 3,81	30,0	393 300	О, Дс,	2	3,6/4,0	87,2
					Сс	3	3,6/4,0	71,2
					Вс, М	2	2,4/6,0	83,3
						3	2,4/6,0	68,1
3200	1Л532Ф1	5,43 x 6,12	55,0	308 200	О, Дс,	2	3,9/4,0	89,3
					Сс	3	3,9/4,0	75,9
					Вс, М	2	2,5/6,0	89,7
						3	2,5/6,0	76,8
<i>Токарно-гвинторізні і токарні верстати для виробів діаметром до, мм</i>								
320	16Б16Ф3-06	3,73 x 2,74	7,1	204 700	О, Дс,	2	4,0/4,0	58,8
					Сс	3	4,0/4,0	50,1
					Вс, М	2	2,7/5,0	52,7
						3	2,7/5,0	44,4
400	16К20РФ3-С5	3,36 x 1,71	11,0	169 335	О, Дс,	2	4,0/4,0	54,9
					Сс	3	4,0/4,0	47,8
					Вс, М	2	2,5/5,0	49,3
						3	2,5/5,0	42,4
630	1М63Ф101	3,53 x 1,68	15,0	38 525	О, Дс,	2	4,0/4,0	39,9
					Сс	3	4,0/4,0	37,8
					Вс, М	2	2,6/5,0	35,8
						3	2,6/5,0	33,8
<i>Токарні напівавтомати для виробів діаметром до, мм</i>								
200	1И611ПМФ3	1,85 x 1,04	3,0	136 275	О, Дс,	2	4,0/4,0	47,9
					Сс	3	4,0/4,0	42,5
					Вс, М	2	2,7/6,0	42,5
						3	2,7/6,0	37,3
320	1734Ф3	3,64 x 3,94	19,5	346 955	О, Дс,	2	4,0/4,0	80,7
					Сс	3	4,0/4,0	66,3
					Вс, М	2	2,6/6,0	75,6
						3	2,6/6,0	62,0
500	1751Ф3	3,94 x 3,86	19,5	386 860	О, Дс,	2	4,0/4,0	85,5
					Сс	3	4,0/4,0	69,6
					Вс, М	2	2,7/6,0	80,3
						3	2,7/6,0	65,1
<i>Вертикально-свердлильні верстати з найбільшим діаметром свердління, мм:</i>								
18	2Н118Ф2	1,45 x 1,40	1,7	37 500	О, Дс,	2	3,0/5,0	36,9
					Сс	3	3,0/5,0	36,8
					Вс, М	2	2,3/5,0	32,9
						3	2,3/5,0	31,3

Продовження додатка 151

1	2	3	4	5	6	7	8	9
35	2P135Ф2-1	1,86 x 2,17	4,7	135 700	О, Дс,	2	3,0/5,0	49,3
					Сс	3	3,0/5,0	43,7
					Вс, М	2	2,3/5,0	44,8
						3	2,3/5,0	39,3
<i>Горизонтально-розточувальні верстати з розміром робочої поверхні стола, мм:</i>								
500x500	HP500-ПМФ4	4,45 x 4,65	14,0	1094225	О, Дс,	2	4,0/5,0	168,1
					Сс	3	4,0/5,0	127,8
					Вс, М	2	3,0/5,0	150,9
						3	3,0/5,0	112,5
1120x1 250	2620ГФ1	5,30 x 3,65	11,8	160 310	О, Дс,	2	4,0/5,0	65,8
					Сс	3	4,0/5,0	58,8
					Вс, М	2	3,0/5,0	55,5
						3	3,0/5,0	48,7
1120x1 250	2A620Ф1-1	6,10 x 3,95	17,5	323 840	О, Дс,	2	4,0/5,0	84,2
					Сс	3	4,0/5,0	71,3
					Вс, М	2	3,0/5,0	73,0
						3	3,0/5,0	60,8
1600x1800	2636ГФ2	6,96 x 5,07	32,5	595 700	О, Дс,	2	4,1/5,1	118,6
					Сс	3	4,1/5,1	95,4
					Вс, М	2	3,1/5,1	105,8
						3	3,1/5,1	83,8
<i>Фрезерно-розточувальні верстати з висуваним шпинделем діаметром 200 мм</i>								
200	2Г660Ф2	15,80 x 6,70	179,5	2477525	О, Дс,	2	4,2/5,0	373,8
					Сс	3	4,2/5,0	285,1
					Вс, М	2	3,2/6,0	370,2
						3	3,2/6,0	280,5
<i>Координатно-розточувальні верстати з розмірами робочої поверхні стола 630x900 мм</i>								
630x900	2455АФ1	2,97 x 2,57	5,8	439 875	О, Дс,	2	4,5/5,0	127,4
					Сс	3	4,5/5,0	109,9
					Вс, М	2	3,5/5,0	93,0
						3	3,5/5,0	76,2
630x900	2455АФ2	2,87 x 2,39	8,9	573 850	О, Дс,	2	4,5/5,0	144,8
					Сс	3	4,5/5,0	122,1
					Вс, М	2	3,5/5,0	109,7
						3	3,5/5,0	88,1
<i>Круглошліфувальні верстати з найбільшим розміром шліфувального круга 600 мм:</i>								
600	3M151Ф2	5,40 x 2,40	40,0	242 075	О, Дс,	2	4,2/4,5	65,1
					Сс	3	4,2/4,5	54,7
					Вс, М	2	3,0/5,0	60,3
						3	3,0/5,0	50,3
<i>Пласкошліфувальні верстати з розміром робочої поверхні стола, мм:</i>								
200x400	3E711ВФ3-1	3,03 x 2,36	7,5	176 350	О, Дс,	2	4,2/4,5	53,8
					Сс	3	4,2/4,5	46,2
					Вс, М	2	3,0/5,0	46,3
						3	3,0/5,0	39,2
320x630	3E721ВФ1-1	2,82 x 2,22	7,5	104 650	О, Дс,	2	4,3/4,6	47,6
					Сс	3	4,3/4,6	43,0
					Вс, М	2	3,1/5,0	41,8
						3	3,1/5,0	37,4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Координатно-шліфувальні верстати з розмірами робочої поверхні стола 630×900 мм</i>								
630x900	3289АФ1	2,97 x 2,57	6,7	476 100	О, Дс,	2	4,3/4,6	89,9
					Сс	3	4,3/4,6	70,7
					Вс, М	2	3,2/5,0	80,3
						3	3,2/5,0	61,9
<i>Вертикально-фрезерні верстати з розмірами робочої поверхні стола, мм:</i>								
250x1000	6Р11Ф31	2,26 x 2,23	5,5	203 550	О, Дс,	2	4,0/4,5	103,7
					Сс	3	4,0/4,5	95,3
					Вс, М	2	3,0/4,5	73,3
						3	3,0/4,5	65,3
400x1600	6Р13Ф3-37	3,45 x 4,30	7,5	185 725	О, Дс,	2	4,0/4,5	104,7
					Сс	3	4,0/4,5	96,4
					Вс, М	2	3,0/4,5	74,9
						3	3,0/4,5	67,2
<i>Фрезерні широкоуніверсальні інструментальні верстати з розмірами робочої поверхні стола, мм:</i>								
200x500	6Б75ВФ1	1,52 x 1,25	1,5	64 110	О, Дс,	2	4,0/4,5	83,8
					Сс	3	4,0/4,5	81,1
					Вс, М	2	3,0/4,5	53,8
						3	3,0/4,5	51,2
250x630	6Б76ПФ2	1,94 x 1,55	3,0	213 900	О, Дс,	2	4,0/4,5	104,2
					Сс	3	4,0/4,5	95,7
					Вс, М	2	3,0/4,5	73,6
						3	3,0/4,5	65,3
<i>Вертикально-фрезерні верстати з хрестоподібним столом з розміром робочої поверхні, мм</i>								
250x630	6520Ф3-36	1,48 x 1,89	4,0	116 725	О, Дс,	2	4,0/4,5	92,3
					Сс	3	4,0/4,5	87,4
					Вс, М	2	3,0/4,5	62,3
						3	3,0/4,5	57,7
250x630	ЛФ260МФ3	2,00 x 2,02	10,5	288 075	О, Дс,	2	4,2/5,0	106,1
					Сс	3	4,2/5,0	97,5
					Вс, М	2	3,2/5,0	74,8
						3	3,2/5,0	66,7
500x1000	6550Ф3	5,00 x 4,38	10,5	288 075	О, Дс,	2	4,0/4,5	119,8
					Сс	3	4,0/4,5	107,7
					Вс, М	2	3,0/4,5	90,4
						3	3,0/4,5	78,8
630x1600	654Ф3	3,31 x 4,57	15,0	272 030	О, Дс,	2	4,2/5,0	120,7
					Сс	3	4,2/5,0	109,3
					Вс, М	2	3,1/5,0	91,1
						3	3,1/5,0	80,1
<i>Поздовжньо-фрезерні верстати для об'ємного оброблення з розмірами робочої поверхні стола, мм</i>								
630x1250	6Б443Г-Ф3	3,50 x 3,00	8,5	434 930	О, Дс,	2	4,2/5,0	107,5
					Сс	3	4,2/5,0	91,1
					Вс, М	2	3,2/5,0	94,8
						3	3,2/5,0	79,1
1000x2000	6Б444Ф3	4,62 x 4,15	19,7	556 025	О, Дс,	2	4,2/5,0	123,4
					Сс	3	4,2/5,0	102,2
					Вс, М	2	3,2/5,0	110,1
						3	3,2/5,0	89,8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Поздовжньо-фрезерні розточувальні верстати з розмірами робочої поверхні стола, мм</i>								
800x2500	6М608Ф1	9,35 x 7,00	37,0	492 890	О, Дс,	2	4,2/5,0	155,0
					Сс	3	4,2/5,0	134,1
					Вс, М	2	3,5/5,0	123,2
						3	3,5/5,0	103,2
1000x x1600	6М610Ф3-1	8,65 x 7,00	40,0	556 255	О, Дс,	2	4,5/5,0	167,3
					Сс	3	4,5/5,0	143,0
					Вс, М	2	3,5/5,0	132,3
						3	3,5/5,0	109,2
1000x3150	6М610Ф1-08	10,30 x 8,00	56,0	624 735	О, Дс,	2	4,5/5,0	176,6
					Сс	3	4,5/5,0	150,1
					Вс, М	2	3,5/5,0	142,6
						3	3,5/5,0	117,3
<i>Свердлильно-фрезерно-розточувальні верстати типу "Оброблювальний центр" з інструментальним магазином і розмірами робочої поверхні стола, мм:</i>								
250x320	6902ПМ-Ф2	2,12 x 1,65	4,0	484 150	О, Дс,	2	4,5/5,0	138,5
					Сс	3	4,5/5,0	120,6
					Вс, М	2	3,5/5,0	102,0
						3	3,5/5,0	84,9
400x500	6904ВМФ2	2,79 x 2,06	6,5	489 190	О, Дс,	2	4,5/5,0	139,8
					Сс	3	4,5/5,0	121,8
					Вс, М	2	3,5/5,0	103,4
						3	3,5/5,0	86,1
400x1600	6М140Ф3	2,40 x 2,00	11,0	125 695	О, Дс,	2	4,6/5,0	102,3
					Сс	3	4,6/5,0	97,3
					Вс, М	2	3,6/5,0	68,3
						3	3,6/5,0	63,6
400x1600	6ВР13Ф3	2,40 x 2,00	11,0	97 750	О, Дс,	2	4,6/5,0	99,1
					Сс	3	4,6/5,0	95,1
					Вс, М	2	3,6/5,0	65,3
						3	3,6/5,0	61,3
630x800	6906ВМФ2	3,10 x 2,16	9,0	449 650	О, Дс,	2	4,6/5,0	137,0
					Сс	3	4,6/5,0	120,2
					Вс, М	2	3,6/5,0	100,6
						3	3,6/5,0	84,7

9. Основне технологічне устаткування агрегатного типу

<i>Компоновка агрегатного верстата</i>	<i>Балансова вартість, грн.</i>	<i>Нормативна собівартість 1 хв. роботи, коп.</i>
Вертикальний одноколонний з поворотним столом	120 000	30,2
Вертикальний <i>n</i> -колонний з поворотним столом	80 000 + 40 000 <i>n</i>	20,1 + 10,1 <i>n</i>
Вертикальний одноколонний зі стаціонарним пристроєм	100 000	22,2
Горизонтальний односторонній з поворотним столом	110 000	24,4
Горизонтальний <i>n</i> -сторонній з поворотним столом	73 000 + 37 000 <i>n</i>	16,3 + 8,1 <i>n</i>
Горизонтальний односторонній зі стаціонарним пристроєм	84 000	18,9
Горизонтальний <i>n</i> -сторонній зі стаціонарним пристроєм	56 000 + 37 000 <i>n</i>	12,6 + 6,3 <i>n</i>
Горизонтальний односторонній з поворотним барабаном	150 000	33,3
Горизонтальний <i>n</i> -сторонній з поворотним барабаном	100 000 + 50 000 <i>n</i>	22,2 + 11,1 <i>n</i>

- Примітки. 1. Агрегатні верстати використовуються в умовах великосерійного та масового виробництва.
- Площу агрегатного верстата дозволяється визначати з умови 2,67 м² для однієї одночасно оброблюваної заготовки.
 - Змінність роботи устаткування – 2, 3.
 - Середній розряд робітника-верстатника – 4,2 для всіх умов роботи верстата.
 - Середній розряд робітника-налагоджувача – 5,1 для всіх умов роботи верстата.

Конструкції затискних пристроїв (вибірково). Розрахункові формули для визначення сили затиску

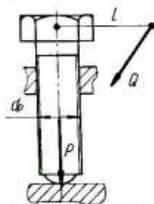
1. Гвинтові механізми

Прийняті позначення:

- M – момент на руках і ключа, Н·мм;
 Q – вихідне зусилля, Н;
 P – зусилля затиску, Н;
 q – опір пружини (сила розтискання пружини), Н;
 i – коефіцієнт підсилення силового механізму;
 L_i – довжина плеча, мм;
 d_p – зовнішній діаметр різі гвинта, мм;
 d_{cp} (r_{cp}) – середній діаметр (радіус) різі гвинта, мм;
 D_s (R_s) – внутрішній діаметр (радіус) опорного торця гвинта (гайки), мм;
 D , (R_s) – зовнішній діаметр (радіус) опорного торця гвинта (гайки), мм;
 $D_{сф}$ ($R_{сф}$) – діаметр (радіус) сферичної поверхні торця гвинта (гайки), мм;
 α – кут підйому різі, град. (для метричної різі з великим кроком $\alpha = 2^\circ 30'$);
 β – кут західного конуса отвору затискача під сферичну поверхню торця гайки, град.;
 φ – опорний кут торця п'яти, град.;
 η – коефіцієнт, який враховує втрати від тертя у шарнірі (на осі) затискача;
 φ – кут тертя на поверхні, яка підлягає затиску (між опорним торцем затискача і заготовкою)
 $(\operatorname{tg} \varphi = f = 0,10\text{--}0,15)$, град.;
 φ_{np} – приведений кут тертя у різі, град. ($\varphi_{np} = 10^\circ 30'$).

У всіх розрахункових формулах не наведені значення коефіцієнтів тертя f ($\operatorname{tg} \varphi$) приймати рівними 0,10; не наведені значення коефіцієнтів η , які враховують втрати від тертя у разі передавання зусилля, приймати рівними 0,85.

1.1. Гвинт зі сферичним торцем



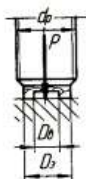
$$Q = P \frac{l}{i}$$

$$i = \frac{L}{r_{cp} \operatorname{tg} (\alpha + \varphi_{np})}$$

для гвинтів М8 – М52:

$$Q = P \frac{d_p}{10 L}$$

1.2. Гвинт з кільцевою поверхнею опорного торця



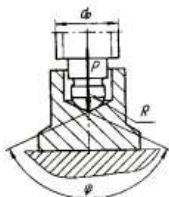
$$Q = P \frac{l}{i}$$

$$i = \frac{L}{r_{\varphi} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) + \frac{1}{3} f \frac{D_s^3 - D_0^3}{D_s^2 - D_0^2}}$$

для гвинтів М8 – М52:

$$Q = P \frac{0,1 d_p + 0,05 \frac{D_s^3 - D_0^3}{D_s^2 - D_0^2}}{L}$$

1.3. Гвинт зі сферичним торцем радіусом R та опорною п'ятою



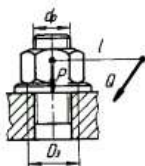
$$Q = P \frac{l}{i}$$

$$i = \frac{L}{r_{\varphi} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) + f R_{\varphi} \operatorname{ctg} \frac{\psi}{2}}$$

для гвинтів М8 – М52:

$$Q = P \frac{0,1 d_p + 0,15 R_{\varphi} \operatorname{ctg} \frac{\psi}{2}}{L}$$

1.4. Гвинт-гайка



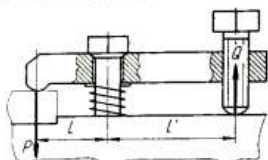
$$Q = P \frac{l}{i}$$

$$i = \frac{l}{r_{\varphi} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) + f R \operatorname{ctg} \frac{\psi}{2}}$$

для гвинтів М8 – М52:

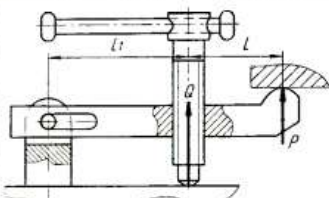
$$Q = P \frac{0,1 l + 0,05 \frac{D_0^3 - d_p^3}{D_0^2 - d_p^2}}{l}$$

1.5. Комбіновані багатоланкові механізми



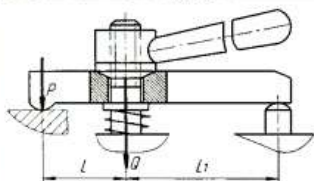
$$Q = P \frac{L l}{L_1 \eta} = P_1 \frac{L}{L_1} \cos \alpha \frac{l}{\eta}$$

$$M = P \frac{d_{cp}}{2} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \frac{L l}{L_1 \eta} = Q \frac{d_{cp}}{2} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)$$

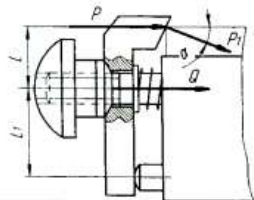


$$Q = P \frac{L + L_1}{L_1}$$

$$M = P \frac{L + L_1}{L_1} \frac{d_{cp}}{2} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) = Q \frac{d_{cp}}{2} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)$$



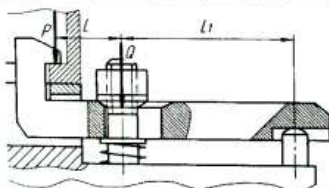
$$Q = P \frac{L + L_1}{L_1} + q$$



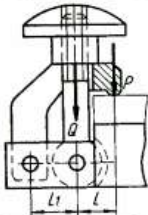
$$M = \left(P \frac{L - L_1}{L_1} + q \right) \times$$

$$\times \left[\frac{d_{cp}}{2} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + R_{c\varphi} \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2} f \right] =$$

$$= Q \left[\frac{d_{cp}}{2} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + R_{c\varphi} \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2} f \right]$$



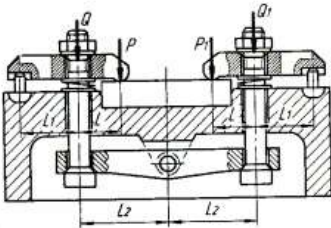
$$P_1 = \frac{P}{\cos \alpha}$$



$$Q = P \frac{L + L_1}{L_1}$$

$$M = P \frac{L + L_1}{L_1} \left[\frac{d_{cp}}{2} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \frac{2 R_1^3 - R_2^3}{3 R_1^2 - R_2^2} f \right] =$$

$$= Q \left[\frac{d_{cp}}{2} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \frac{2 R_1^3 - R_2^3}{3 R_1^2 - R_2^2} f \right]$$



$$Q = P \frac{L + L_1}{L_1} + q$$

$$M = \left(P \frac{L + L_1}{L_1} + q \right) \times$$

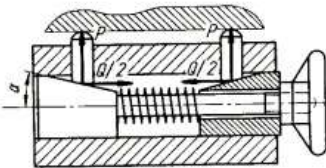
$$\times \left[\frac{d_{cp}}{2} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + R_{c\varphi} \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2} f \right] =$$

$$= Q \left[\frac{d_{cp}}{2} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + R_{c\varphi} \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2} f \right]$$

$$P_1 = (Q_1 - q) \frac{l_1}{l + l_1}$$

$$Q_1 = Q \eta_1$$

де $\eta_1 = 0,70-0,80$ – коефіцієнт, який враховує втрати на тертя у разі передавання зусилля на правий затискач



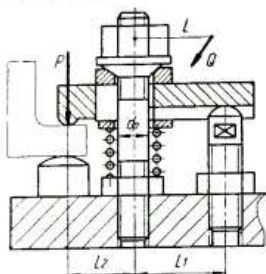
$$Q = (2P + q) \left[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2 \right] \frac{l}{\eta_1}$$

$$M = (2P + q) \times \left[\frac{d_{cp}}{2} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \frac{2 R_1^3 - R_2^3}{3 R_1^2 - R_2^2} f \right] \times$$

$$\times \left[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2 \right] \frac{l}{\eta_1} =$$

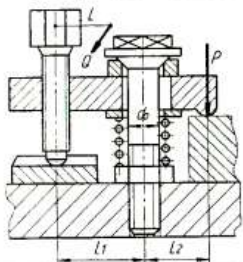
$$= Q \left[\frac{d_{cp}}{2} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \frac{2 R_1^3 - R_2^3}{3 R_1^2 - R_2^2} f \right]$$

де η_1 – коефіцієнт, який враховує втрати на тертя у ланці типу "клин"; $\operatorname{tg} \varphi_1$ – коефіцієнт тертя на скосі клина; $\operatorname{tg} \varphi_2$ – коефіцієнт тертя у напрямі клинів



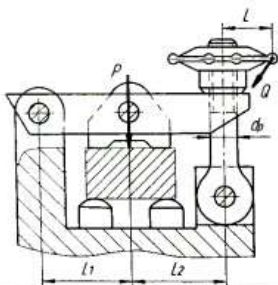
$$Q = P \frac{1}{i}$$

$$i = \frac{L}{r_{\varphi} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\varphi}) + \frac{1}{3} f \frac{D_2^3 - d_p^3}{D_2^2 - d_p^2}} \cdot \frac{L_1}{L_1 + L_2} \eta$$



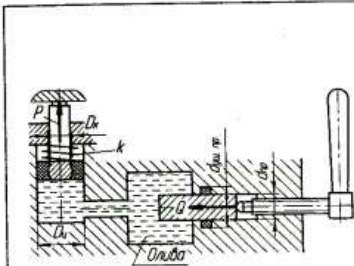
$$Q = P \frac{1}{i}$$

$$i = \frac{L}{r_{\varphi} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\varphi})} \cdot \frac{L_1}{L_2} \eta$$



$$Q = P \frac{1}{i}$$

$$i = \frac{L}{r_{\varphi} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\varphi}) + \frac{1}{3} f \frac{D_2^3 - d_p^3}{D_2^2 - d_p^2}} \cdot \frac{L_1 + L_2}{L_1} \eta$$



$$Q = (P + T_{сп} + q) \frac{d_{пл.сп}^2}{D_c^2}$$

$$M = \left[\left[(P + T_{сп} + q) \frac{d_{пл.сп}^2}{D_c^2} \right] + T_{ш} \right] \times$$

$$\times \frac{d_{сп}}{2} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) =$$

$$= (Q + T_{ш}) \frac{d_{сп}}{2} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)$$

$$q = k (T_{ш} + T_{сп})$$

де $T_{ш}$ – втрати на тертя в ущільненні плунжера, Н; $T_{сп}$ – втрати на тертя в ущільненні поршня, Н; k – опір відповідної пружини ($k = 1,2$)

2. Важливі механізми

Прийняті позначення:

Q – вихідне зусилля, Н;

P – зусилля затиску, Н;

q – опір пружини (сила розтискання пружини), Н;

i – коефіцієнт підсилення силового механізму;

L_k – довжина плеча, мм;

H_j – висота плеча, мм;

$d(r)$ – діаметр (радіус) осі обертання затискача, мм;

$D_{сф} (R_{сф})$ – діаметр (радіус) сферичної поверхні торця гвинта (гайки), мм;

φ – кут тертя між опорним торцем затискача і заготовкою ($\operatorname{tg} \varphi = f = 0,10-0,15$);

φ_0 – кут тертя на осі ($\operatorname{tg} \varphi_0 = f_0 = 0,05-0,15$);

φ_1 – кут тертя на сферичній головці болта ($\operatorname{tg} \varphi_1 = f_1 = 0,10-0,15$);

φ_2 – кут тертя на напрямних штока ($\operatorname{tg} \varphi_2 = f_2 = 0,10-0,15$);

α і α_1 – кути між плечами важеля і напрямом дії зусилля, град.;

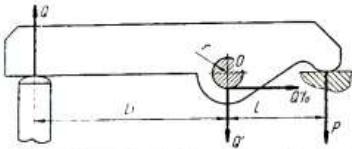
β – додатковий кут до кута α , який враховує втрати від тертя на осях, град.

$$(\beta = \arcsin f \frac{d}{L} = 1^\circ);$$

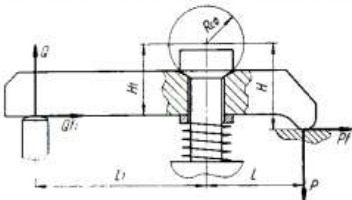
η – коефіцієнт, який враховує втрати від тертя у шарнірі (на осі) затискача чи в проміжному шарнірі (проміжних шарнірах);

У всіх розрахункових формулах наведені значення коефіцієнтів тертя f , ($\operatorname{tg} \varphi$) приймати рівними 0,10; наведені значення коефіцієнтів η_j , які враховують втрати від тертя у разі передавання зусилля, приймати рівними 0,85.

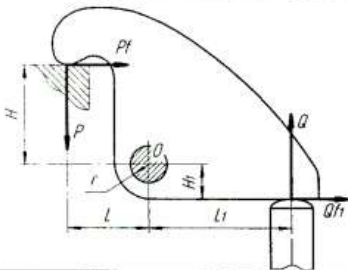
2.1. Важіль (хулачок), який сприймає зусилля від плунжера штовхання (плунжера тяги)



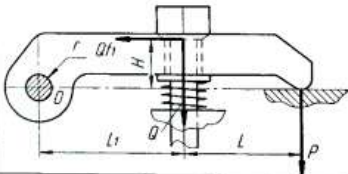
$$Q = P \frac{L + rf_0}{L_1 - rf_0}$$



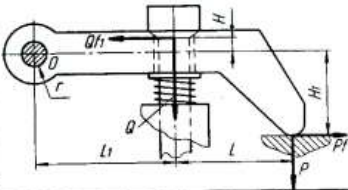
$$Q = P \frac{L + Hf + R_{c\phi}f_0}{L_1 - H_1f_1 - R_{c\phi}f_0}$$



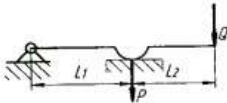
$$Q = P \frac{L + Hf + rf_0}{L_1 - H_1f_1 - rf_0}$$



$$Q = P \frac{(L + L_1) + \left(\frac{L + L_1}{L_1} - 1\right)rf_0}{L_1 - Hf_1}$$



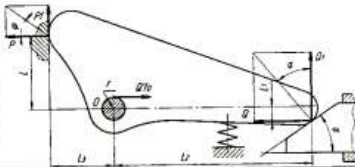
$$Q = P \frac{(L + L_1) + \left(\frac{L + L_1}{L_1} - 1 \right) r f_0 + H_1 f}{L_1 - H f_1}$$



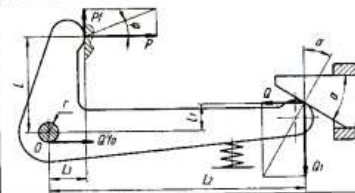
$$Q = P \frac{l}{i}$$

$$i = \frac{L_1 + L_2}{L_1} \eta$$

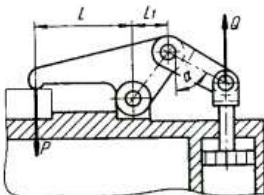
2.2. Важіль (хулачок), який сприймає зусилля від клинної (скошеної) частини плунжера (штока)



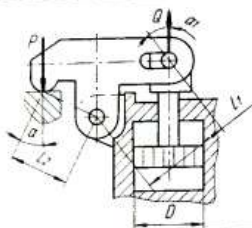
$$Q = P \frac{l}{l_2 \operatorname{ctg}(\alpha + \varphi) - l_1} \frac{l}{\eta}$$



2.3. Комбіновані багатоланкові механізми

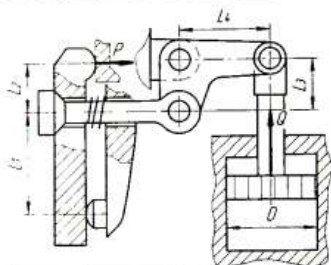


$$Q = P \frac{L}{L_1} \frac{\cos \alpha}{\eta}$$



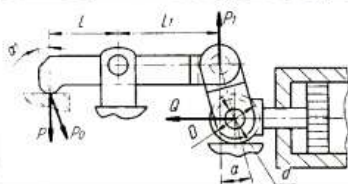
$$Q = P \frac{l}{i}$$

$$i = \frac{L_1 \cos \alpha_1 \eta}{L_2 \cos \alpha}$$



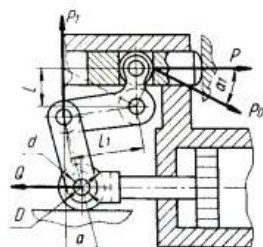
$$Q = P \frac{l}{i}$$

$$i = \frac{L_3}{L_2} \cdot \frac{L_1}{L_1 + L_2} \eta$$



$$Q = P \left[\operatorname{tg}(\alpha + \beta) + \operatorname{tg} \varphi \frac{d}{D} \right] \frac{L}{L_1} \frac{l}{\eta} =$$

$$= P_1 \left[\operatorname{tg}(\alpha + \beta) + \operatorname{tg} \varphi \frac{d}{D} \right]$$



$$P_1 = P \frac{L}{L_1} \frac{l}{\eta}$$

при заданому зусиллі P_0 :

$$Q = P_0 \left[\operatorname{tg}(\alpha + \beta) + \operatorname{tg} \varphi \frac{d}{D} \right] \frac{L}{L_1} \frac{\cos \alpha_1}{\eta}$$

	$Q = P \frac{l}{i}$ $i = \frac{1}{2} \frac{1}{\operatorname{tg}(\theta + \beta)} \frac{1}{\operatorname{tg} \theta_1} \eta$
	$Q = 2P \frac{L}{L_1} \operatorname{tg}(\alpha + \beta) \frac{1}{\eta} =$ $= 2P_1 \operatorname{tg}(\alpha + \beta)$ $P_1 = P \frac{L}{L_1} \frac{1}{\eta}$ <p>при заданому зусиллі P_0:</p> $Q = 2P_0 \frac{L}{L_1} \operatorname{tg}(\alpha + \beta) \frac{1}{\eta}$
	$Q = P \frac{L}{L_1} \frac{1}{\eta}$ <p>при рівності пліч нижнього коромисла:</p> $Q = \frac{P_0 + q}{\eta} \cdot \frac{L + L_2}{L} = \frac{P_0 + q}{\eta_1} \cdot \frac{L}{L + L_2} \frac{1}{\eta}$ $P_0 = P \frac{L + L_2}{L} - q; \quad P_0 = P_1 \frac{1}{1 - \frac{3L_0}{H} f_3} + q$ <p>f_3 ($\operatorname{tg} \varphi$) – коефіцієнт тертя на напрямній Г-подібного затискача ($f_3 = 0,05-0,15$); η – коефіцієнт, який враховує втрати від тертя у ланці верхнього затискача; η_1 – коефіцієнт, який враховує втрати від тертя у шарнірах коромисла</p>
	$Q = \left(P \frac{L + L_1}{L_1} + q \right) \cdot \frac{L_2}{L_2} \cdot \frac{1}{\eta_1} = (P_1 + q) \cdot \frac{L_2}{L_2} \cdot \frac{1}{\eta}$ $P_1 = P \cdot \frac{L + L_1}{L_1} \cdot \frac{1}{\eta}$ <p>η – коефіцієнт, який враховує втрати від тертя у шарнірі верхнього затискача; η_1 – коефіцієнт, який враховує втрати від тертя у шарнірах нижнього затискача</p>

	$Q = P \frac{L_1}{L} \cdot \frac{L_2}{L_3} \cdot \frac{1}{\eta^2} = P_1 \frac{L_2}{L_3} \cdot \frac{1}{\eta_1}$ $P_1 = P \cdot \frac{L}{L_1}$ <p>η – коефіцієнт, який враховує втрати від тертя у шарнірі верхнього затискача</p>
	$Q = 2 \left(\frac{P}{1-T} + q \right) \cdot \frac{L}{L_1} \cdot \frac{1}{\eta} = 2(P_1 + q) \cdot \frac{L}{L_1} \cdot \frac{1}{\eta}$ $P_1 = P_1 \frac{1}{T}$ $T = 1 - \frac{3L_0}{H} f_2$ <p>f_2 ($\text{tg } \varphi_2$) – коефіцієнт тертя на напрямних повзунів ($f_2 = 0,05-0,15$); η – коефіцієнт, який враховує втрати від тертя на передньому кулачку</p>
	$Q = P \frac{1}{i}$ $i = \frac{L_1}{L_2 \cdot [\text{tg}(\alpha + \beta) + \text{tg } \varphi]} \eta$
	$Q = P \frac{1}{i}$ $i = \frac{L_1}{L_2} \cdot \frac{1}{2 [\text{tg}(\alpha + \beta)]} \eta$

3. Ексцентрикові механізми

Прийняті позначення:

M – момент на рухів'ї ексцентрика, Н·мм;

Q – вихідне зусилля, Н;

P – зусилля затиску, Н;

q – опір пружини (сила розтискання пружини), Н;

i – коефіцієнт підсилення силового механізму;

L_1 – довжина плеча, мм;

D – діаметр ексцентрика, мм;

e – ексцентриситет ексцентрика, мм;

α – кут повороту ексцентрика від початкового положення, град.;

θ – кут між плечем важеля і напрямом дії зусилля, град.;

φ – кут тертя у місці прикладання затискного зусилля ($\operatorname{tg} \varphi = f = 0,12-0,15$);

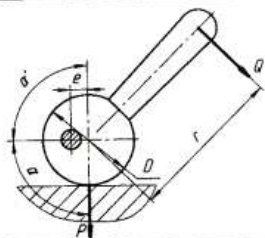
H_j – висота плеча, мм;

r – радіус осі обертання затискача (ексцентрика), мм;

η – коефіцієнт, який враховує втрати від тертя у шарнірній частині затискача ($\eta = 0,80 \dots 0,90$).

У всіх розрахункових формулах наведені значення коефіцієнтів тертя f_j ($\operatorname{tg} \varphi$), прийняті рівними 0,10; наведені значення коефіцієнтів η_j , які враховують втрати від тертя при передаванні зусилля, прийняті рівними 0,85.

3.1. Простий ексцентрик



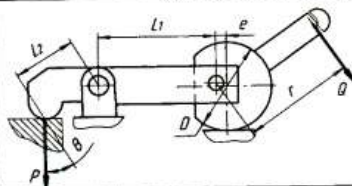
$$Q = P \frac{l}{i}$$

$$i \approx \frac{r}{e [1 + \sin(\alpha' + \varphi)]}$$

При $\varphi \approx 8^\circ$ ($f = 0,12-0,15$) і $\alpha' = 82^\circ$:

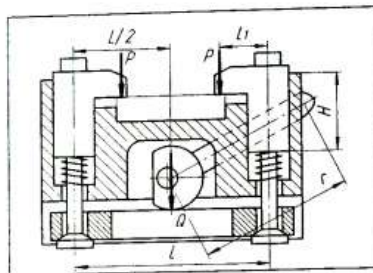
$$Q = P \frac{2e}{r}$$

3.2. Комбіновані багатоланкові механізми



$$Q = P \frac{l}{i}$$

$$i \approx \frac{r}{e [1 + \sin(\alpha' + \varphi)]} \cdot \frac{L_1}{L_2 \cos \theta} \cdot \eta$$



$$M = Q [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2] r$$

$$Q = 2 \left(\frac{P}{T} + q \right) \cdot \frac{L}{\eta}$$

$$T = 1 - \frac{3L}{H} f$$

4. Клинові та клино-плунжерні механізми

Прийняті позначення:

1 – плунжер;

2 – клин;

3 – корпус пристрою;

Q – вихідне зусилля, Н;

P – зусилля затиску, Н;

q – опір пружини (сила розтискання пружини), Н;

i – коефіцієнт підсилення силового механізму;

L_1 – довжина плеча, мм;

H_1 – висота плеча, мм;

D – діаметр ролика, мм;

d – діаметр осі, мм;

α – кут клина, град.;

f ($\operatorname{tg} \varphi$) – коефіцієнт тертя на скосі клину, град. ($\operatorname{tg} \varphi = f = 0,10-0,15$);

f_1 (φ_1) – коефіцієнт тертя між напрямною клина і корпусом, град. ($\operatorname{tg} \varphi_1 = f_1 = 0,10-0,15$);

f_2 (φ_2) – коефіцієнт тертя між напрямною плунжера і корпусом, град. ($\operatorname{tg} \varphi_2 = f_2 = 0,01-0,15$);

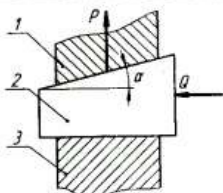
φ_{np} – приведений кут тертя між клином 2 і роликом, град. ($\operatorname{tg} \varphi_{np} = f d / D$);

φ_{1np} – приведений кут тертя між клином 2 і роликом, град. ($\operatorname{tg} \varphi_{1np} = f_1 d / D$);

η – коефіцієнт, який враховує втрати від тертя у затискачі ($\eta = 0,80 \dots 0,95$);

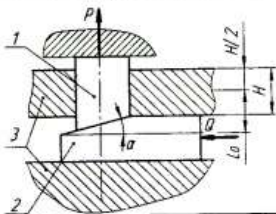
У всіх розрахункових формулах наведені значення коефіцієнтів тертя f_1 ($\operatorname{tg} \varphi_1$) приймати рівними 0,10; наведені значення коефіцієнтів η_1 , які враховують втрати від тертя у разі передавання зусилля, приймати рівними 0,85.

4.1. Клинові та клино-плунжерні механізми



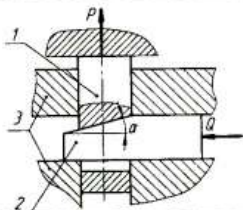
$$Q = P \frac{l}{i}$$

$$i = \frac{l}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1}$$



$$Q = P \frac{l}{i}$$

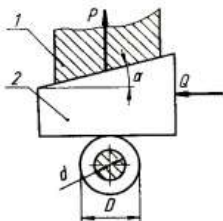
$$i = \frac{l - \frac{3L_0}{a} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \operatorname{tg} \varphi_2}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1}$$



$$Q = P \frac{l}{i}$$

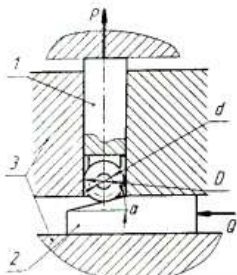
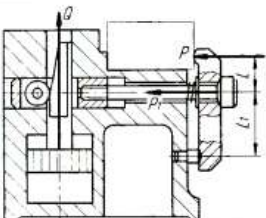
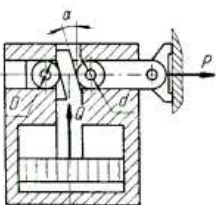
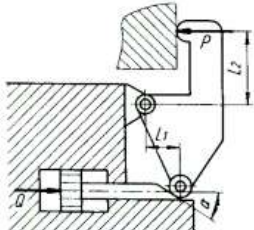
$$i = \frac{l - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \operatorname{tg} \varphi_2}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1}$$

4.2. Клинові та клино-плунжерні механізми з роликом



$$Q = P \frac{l}{i}$$

$$i = \frac{l}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_{1np}}$$

	$Q = P \frac{l}{i}$ $i = \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) \operatorname{tg} \varphi_2}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_1}$
4.3. Комбіновані багатоланкові механізми	
	$Q = \left(P \frac{L}{L_1 \eta} \right) [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_2] \frac{l}{\eta} =$ $= P_1 [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_2] \frac{l}{\eta}$ $P_1 = P \frac{L}{L_1} + q$
	$Q = P [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_2] \frac{l}{\eta}$
	$Q = P \frac{l}{i}$ $i = \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np})}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_1} \cdot \frac{L_1}{L_2} \cdot \eta$

	$Q = \left(P \frac{L}{L_1 \eta_1} + q \right) \cdot \left[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{1, \text{np}}) + \operatorname{tg} \varphi_2 \frac{d}{D} \right] \cdot \frac{l}{\eta} =$ $= (Q_1 + q) \cdot \left[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{1, \text{np}}) + \operatorname{tg} \varphi_2 \frac{d}{D} \right] \cdot \frac{l}{\eta}$
	$Q = P \cdot \left[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2 \right] \cdot \frac{L + L_1}{L_1} \cdot \frac{l}{\eta} =$ $= Q_1 \cdot \left[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2 \right] \cdot \frac{L + L_1}{L_1} \cdot \frac{l}{\eta} =$
	$Q = 2 \left[\frac{P}{1 - \frac{3L_0}{H} f_2} + q \right] \cdot \left[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{1, \text{np}}) + \operatorname{tg} \varphi_2 \right] \cdot \frac{l}{\eta} =$ $= 2 [P_1 + q] \cdot \left[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{1, \text{np}}) + \operatorname{tg} \varphi_2 \right] \cdot \frac{l}{\eta}$

5. Цангові (багатоклинові) механізми

Прийняті позначення:

1 – плунжер;

2 – клин;

3 – корпус пристрою;

Q – вихідне зусилля, Н;

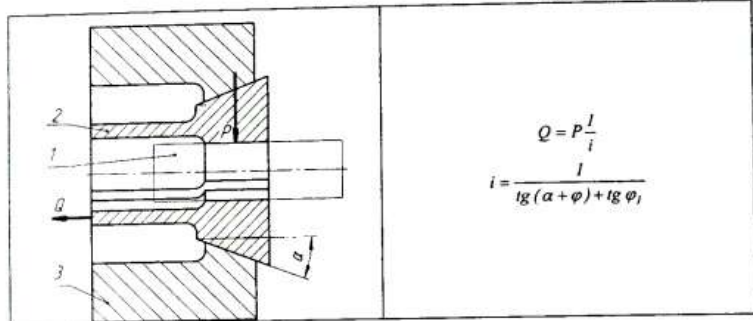
P – зусилля затиску, Н;

i – коефіцієнт підсилення силового механізму;

α – кут конуса цанги, град.;

φ – кут тертя між цангою і корпусом пристрою, град. ($\operatorname{tg} \varphi = f = 0,10-0,15$);

φ_1 – кут тертя між заготовкою і цангою, град. ($\operatorname{tg} \varphi_1 = f_1 = 0,10-0,15$).



6. Гідропластові механізми

(механізми з тонкостінною пружнодеформованою втулкою)

Прийняті позначення:

1 – затискна втулка;

2 – плунжер;

3 – гідропластовий наповнювач;

M_{max} – максимальний крутний момент, Н·м;

Q – вихідне зусилля, Н;

P – зусилля затиску, Н;

q – зусилля зворотної пружини, Н

D – діаметр посадки заготовки, мм;

$D_{пл,р}$ – діаметр робочого плунжера, мм;

$D_{пл,н}$ – діаметр натискного плунжера, мм;

ΔD – пружна деформація затискної втулки, мм;

h – товщина тонкостінної частини затискної втулки, мм;

δ – натяг затиску, мм;

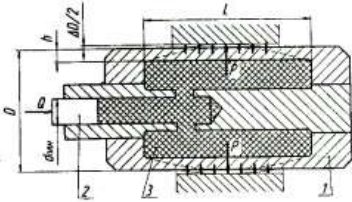
S_{max} – максимальний початковий зазор між заготовкою і затискною втулкою, мм;

E – модуль пружності матеріалу гідропластового наповнювача, МПа;

p – гідростатичний тиск, МПа;

η – ККД механізму ($\eta = 0,90-0,95$).

6.1. Прості гідропластові механізми



$$Q = \frac{\pi d_0^2}{4} p$$

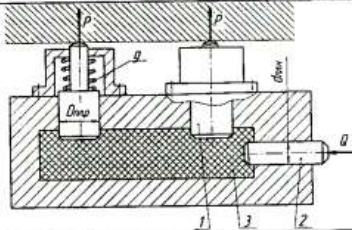
$$p = \frac{2 \Delta D E h}{D^2} \text{ - для втулок з } l > 0,3 D$$

$$p = \frac{2 \Delta D E h}{D l} \text{ - для втулок з } l < 0,3 D$$

$$M_{\max} = 250 \sqrt{\left(\frac{2h}{D}\right)^3} \delta D^2 f$$

$$\delta = \Delta D - S_{\max}$$

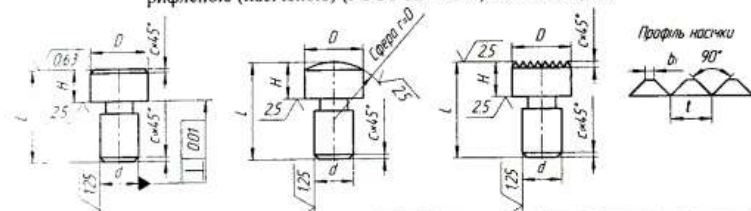
6.2. Комбіновані багатованкові механізми



$$Q = (P + q) \cdot \left(\frac{d_{\text{н.н.}}}{D_{\text{н.р.}}}\right)^2 \cdot \frac{l}{\eta}$$

Конструктивні параметри встановлювальних елементів

1. Постійні опори з плоскою (ГОСТ 13440-68), сферичною (ГОСТ 13441-68) та рифленою (насіченою) (ГОСТ 13442-68) головками, мм



Позначення за ГОСТ			D	H	L	d (поле допуску s7)	Маса 100 шт., кг не більше, для ГОСТ			
13440-68	13440-68	13440-68					13440-68	13441-68	13442-68	
7034-0261	7034-0311		5	3	7	3	0,1	0,06	-	
7034-0262	7034-0312			5			0,1	0,1	-	
7034-0263	7034-0313		6	4	11	4	0,1	0,1	-	
7034-0264	7034-0314			6			0,2	0,2	-	
7034-0265	7034-0315		8	4	12		0,3	0,3	-	
7034-0266	7034-0316			6			0,4	0,4	-	
7034-0267	7034-0317		10	8	16	6	0,5	0,5	-	
7034-0268	7034-0318			6			0,6	0,6	0,6	
7034-0269	7034-0319		7034-0362	8	16		0,7	0,7	0,7	
7034-0270	7034-0320		7034-0363	10	18		0,8	0,8	0,8	
7034-0271	7034-0321		7034-0364	12	6	16	8	0,9	0,9	0,9
7034-0272	7034-0322		7034-0365		8			18	1,1	1,1
7034-0273	7034-0323		7034-0366	16	10	20	10	1,3	1,3	1,3
7034-0274	7034-0324		7034-0367		12			22	1,5	1,5
7034-0275	7034-0325		7034-0368	20	16	26	12	1,8	1,8	1,8
7034-0276	7034-0326		7034-0369		8			20	2,0	1,9
7034-0277	7034-0327	7034-0370	16	10	22	10	2,3	2,1	2,3	
7034-0278	7034-0328	7034-0371		12			24	2,6	2,4	2,6
7034-0278	7034-0328	7034-0371	20	12	24	12	2,6	2,4	2,6	
7034-0279	7034-0329	7034-0372		16			28	3,2	3,1	3,2
7034-0280	7034-0330	7034-0373	16	20	32	12	3,9	3,7	3,9	
7034-0281	7034-0331	7034-0374		10			26	3,8	3,5	3,8
7034-0282	7034-0332	7034-0375	20	12	28	12	4,3	4,0	4,3	
7034-0283	7034-0333	7034-0376		16			32	5,3	5,0	5,3
7034-0284	7034-0334	7034-0377	20	20	36	12	6,3	6,0	6,3	
7034-0285	7034-0335	7034-0378		25			40	7,4	7,2	7,5
7034-0286	7034-0336	7034-0379	32	48			9,2	8,9	9,2	

Примітки: 1. Опори з плоскою головкою ГОСТ 13440-68 використовують для встановлення невеликих заготовок обробленими поверхнями. Допустимий тиск на опору 40МПа. Матеріал опор діаметром $D \leq 12$ мм – сталь У7А, діаметром $D > 12$ мм – сталь 20Х. Опори із сталі 20Х цементують на глибину 0,8–1,2 мм. Твердість всіх вказаних опор HRC_E 56–61.

2. Опори з сферичною головкою ГОСТ 13441-68 використовують для встановлення невеликих заготовок необробленими поверхнями. Допустиме навантаження на одну опору при обробленні сталевих заготовок: 2 кН при $D=10$ мм, 5 кН при $D=16$ мм, 12 кН при $D=25$ мм, 30 кН при $D=40$ мм. При обробленні заготовок з кольорових металів та сплавів допустиме навантаження зменшують на 30–40 %. Матеріал – див. п.1.

3. Опори з рифленою (насиченою) головкою використовуються для встановлення невеликих заготовок необробленими поверхнями (частіше боковими). Допустиме навантаження на одну опору в 2 рази більше ніж для опор із сферичною голівкою такого ж діаметра. Матеріал – сталь 45, твердість HRC_E 41,5–46,5.

4. $c = 0,4$ мм при $D = 5$ мм; $c = 0,6$ мм при $6 \leq D \leq 8$ мм; $c = 1,0$ мм при $10 \leq D \leq 16$ мм; $c = 1,6$ мм при $20 \leq D \leq 32$ мм; $c = 2,5$ мм при $D = 40$ мм.

5. $c_1 = 0,4$ мм при $D = 5$ мм; $c_1 = 0,6$ мм при $6 \leq D \leq 8$ мм; $c_1 = 1,0$ мм при $10 \leq D \leq 16$ мм; $c_1 = 1,6$ мм при $D \geq 32$ мм.

6. $b_1 = 0,4$ мм та $t = 2$ мм при $D \leq 20$ мм; $b_1 = 1,0$ мм та $t = 3$ мм при $25 \leq D \leq 32$ мм; $b_1 = 2,0$ мм та $t = 5$ мм при $D = 40$ мм.

7. В опорах з плоскою головкою граничні відхилення розміру Н по h6 або з припуском для шліфування +0,2 ... +0,3 мм. Для опор з припуском параметр шорсткості $R_z \leq 40$ мкм. В опорах зі сферичною і з рифленою (насиченою) головками граничні відхилення розміру Н по h12.

8. Допуск перпендикулярності торця опори з плоскою головкою відносно поверхні діаметром d задають тільки для опор, у яких граничне відхилення розміру Н по h6.

9. З'єднання опор з наскрізними отворами корпусу пристрою виконують за посадками Н7/г6 або Н7/п6. Допускається в отвори корпусу під опори запресовувати сталеві гартовані втулки, що підвищує ремонтпридатність пристрою. Верхні торці втулок шліфують, що дозволяє не шліфувати опори.

10. Опори, наведені у таблиці, називають також опорними штирями.

11. Приклад умовного позначення опори з плоскою головкою розмірами $D = 5$ мм, $H = 3$ мм та з граничними відхиленнями – h6:

Опора 7034-0261 h6 ГОСТ 13440-68.

Те саме, з розміром $H_{+0,3}^{+0,2}$:

Опора 7034-0261 h6 ГОСТ 13441-68.

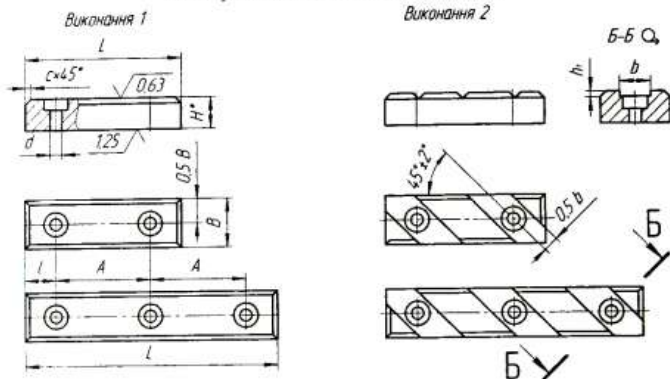
Те саме, опора зі сферичною головкою:

Опора 7034-0311 ГОСТ 13440-68.

Те саме, опора з насиченою головкою та розмірами $D = 10$ мм, $H = 6$ мм:

Опора 7034-0361 h6 ГОСТ 13442-68.

2. Опорні пластини (ГОСТ 4743-68), мм



Потачешня	Виконання	H	L	B	A		l	d	h ₁	b	Кількість отворів	Маса 100 шт., кг, не більше
					Номинал	Граничне відхилен.						
7034-0451	1	5	25	10	13	±0,1	6	3,4				0,8
7034-0452			32		20							1,1
7034-0453		6	12	16	±0,12	8	4,5			1,5		
7034-0454	2	6	40	14	24	±0,12	10	5,5	1	8	2	1,9
7034-0455									1	8		1,8
7034-0456	1	8	60	14	40	±0,12	10	5,5			2	2,9
7034-0457									2	1		12
7034-0458	1	10	100	16	30	±0,15	15	6,6	1	12	2	4,3
7034-0459									2			3
7034-0460	2	10	60	16	35	±0,15	15	6,6			3	11
7034-0461									1	1,6		14
7034-0462	1	12	80	20	40	±0,25	20	9			2	12,8
7034-0463									2			3
7034-0464	2	12	120	20	40	±0,25	20	9	1,6	16	3	11,9
7034-0465									1			2
7034-0466	1	16	100	25	60	±0,25	20	9			2	28,8
7034-0467									2			3
7034-0468	2	16	160	25	60	±0,25	20	9	1,6	16	2	27,4
7034-0469									1			3
7034-0470	2	16	100	25	60	±0,25	20	9			3	27,4
7034-0470									1			3

Примітки: 1. Опорні пластини призначені для встановлення середніх та великих заготовок обробленими площинними поверхнями. Пластини виконання 1 використовують для бокових та верхніх опор.

2. Допустимий тиск на опору – 40 МПа.

3. Матеріал – сталь 20Х, твердість HRC_E 56 -61, цементувати на глибину 0,8 – 1,2 мм.

4. Граничні відхилення розміру Н по h6 або з припуском для шліфування +0,2 ... + 0,3 мм. Шорсткість площинної поверхні пластини до шліфування R_Z ≤ 40 мкм.

5. c = 0,6 мм при Н ≤ 8 ; c = 1,0 мм при 10 ≤ Н ≤ 16 ; c = 1,6 мм при Н ≥ 20 .

7. Приклад умовного позначення опорної пластини виконання 1 з розмірами Н = 5 мм, L = 25 мм та полем допуску розміру Н по h6:

Пластина 7034-0451 h6 ГОСТ 4743-68

Те саме, з розміром $H_{+0,2}^{+0,3}$.

Пластина 7034-0451 ГОСТ 4743-68

3. Опорні шайби до встановлювальних пальців (ГОСТ 17777-72), мм



Позначення	d	D	D ₁	b	Маса, кг, не більше
7034-0551	10	30	20	8	0,022
7034-0552	12	36	24	10	0,037
7034-0553	14	38	26		0,042
7034-0554	18	48	32	12	0,085
7034-0555	22	53	36		0,103
7034-0556	26	60	42	14	0,160
7034-0557	34	67	50		0,186
7034-0558	42	85	63	20	0,366
7034-0559	52	105	80	25	0,760

Примітки: 1. Матеріал – сталь 20Х.

2. Твердість HRC_E 56 -61, цементувати на глибину 0,8 – 1,2 мм.

3. Граничні відхилення розміру Н по h6 або з припуском для шліфування +0,2 ... + 0,3 мм.

4. Розміри Н, h, d₁, c – див табл. 14.

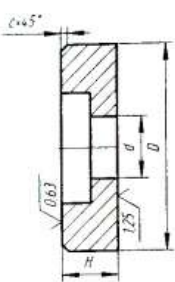
5. Приклад умовного позначення опорної шайби діаметром d = 10 мм з розміром $H_{+0,2}^{+0,3}$:

Шайба 7034-0551 ГОСТ 17777-72.

Те саме, з полем допуску Н по h6:

Шайба 7034-0551 h6 ГОСТ 17777-72.

4. Опорні шайби (ГОСТ 17778-72), мм

	Позначення	H	D	d	Маса 100 шт., кг, не більше
	7034-0571	5	16	3,4	0,7
	7034-0572	6	18	4,5	1,0
	7034-0573	8	20	5,5	1,6
	7034-0574	10	25	6,6	3,2
	7034-0575	12	32	9	6,3
	7034-0576	16	40		13,4

Примітки: 1. Матеріал – сталь 20Х.

2. Твердість HRC_E 56 -61, цементувати на глибину 0,8 – 1,2 мм.

3. Граничні відхилення розміру H по h6 або з припуском для шліфування +0,2 ... +0,3 мм.

4. Шорсткість поверхні А до шліфування $R_z \leq 40$ мкм. Параметри шорсткості після шліфування задаються окремо.

5. Поверхні під кріпильні деталі за ГОСТ 12876-67.

6. $c = 1,0$ мм при $H = 16$ мм; для решти шайб $c = 0,6$ мм.

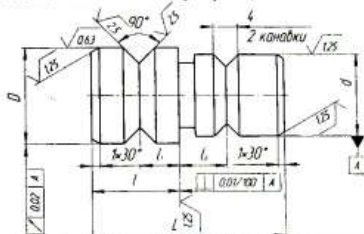
7. Приклад умовного позначення опорної шайби при $H = 5$ мм з граничним відхиленням розміру H по h6:

Шайба 7034-0571 h6 ГОСТ 17778-72

Те саме, з розміром $H_{+0,3}^{+0,2}$:

Шайба 7034-0571 ГОСТ 17778-72.

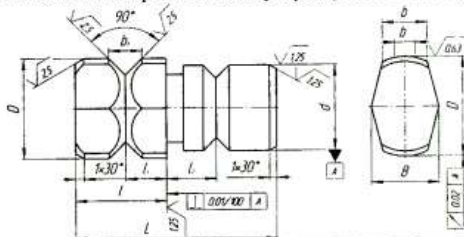
5. Встановлювальні пальці з упором (ГОСТ 16896-71), мм



Позначення	D	d	L	l	l ₁	l ₂	b	Маса, кг, не більше	
	Поле допуску g6								
7030-2501	10	8	22	12	6	5	4	0,007	
7030-2502	12	10	28	16	8	6		0,02	
7030-2503	16	12	40	24	12	8		5	0,04
7030-2504	20	16	45			10		6	0,09

Примітки: 1. Матеріал – сталь У7А, твердість HRC_E 51,5 -56.
2. Приклад умовного позначення пальця діаметром D=10 мм:
Палець 7030-2501 ГОСТ 16898-71.

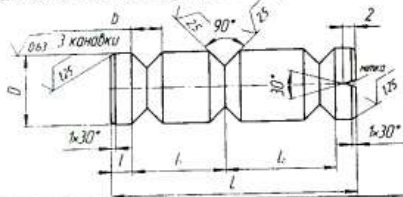
6. Встановлювальні зрізані пальці з упором (ГОСТ 16899-71), мм



Позначення	D (поле допуску g6)	B	b	b ₁	b ₂	B ₃	Маса, кг, не більше
7030-2511	10	8	2	3	4	5	0,006
7030-2512	12	10			0,015		
7030-2513	16	14	3	4	5	6	0,034
7030-2514	20	18			6	9	0,07

Примітки: 1. Матеріал – сталь У7А, твердість HRC_E 51,5 -56.
2. Розміри d, L, l, l₁, l₂ – як для встановлювальних пальців з упором (ГОСТ 16896-71), мм.
3. Приклад умовного позначення пальця діаметром D=10 мм:
Палець 7030-2511 ГОСТ 16899-71.

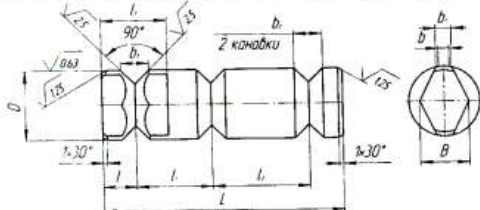
7. Встановлювальні циліндричні пальці (ГОСТ 16900-71), мм



Позначення	D (поле допуску g6)	L	l	l ₁	l ₂	b	Маса, кг, не більше
7030-2521	10	50	6	14	18	4	0,03
7030-2522	12	60	8	18	22	5	0,05
7030-2523	16	85	12	28	30	6	0,13
7030-2524	20	100		32	36		0,24

Примітки: 1. Матеріал – сталь У7А, твердість HRC_E 51,5 -56.
2. Приклад умовного позначення пальця діаметром D=10 мм:
Палець 7030-2521 ГОСТ 16900-71.

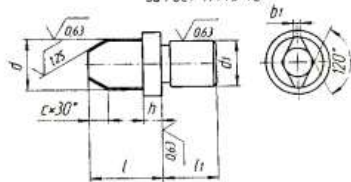
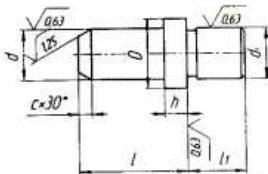
8. Встановлювальні циліндричні зрізані пальці (ГОСТ 16901-71), мм



Позначення	D (поле допуску g6)	B	b	b ₃	l ₃	Маса, кг, не більше
7030-2531	10	9	2	5	14	0,03
7030-2532	12	10			18	0,05
7030-2533	16	14	4	6	26	0,125
7030-2534	20	18				8

Примітки: 1. Матеріал – сталь У7А, твердість HRC_E 51,5 -56.
2. Розміри L, l, l₁, l₂ – такі самі, як в табл. додатка 153 для тих самих D.
3. Приклад умовного позначення пальця діаметром D=10 мм:
Палець 7030-2531 ГОСТ 16901-71.

9. Пальці встановлювальні циліндричні високі (ГОСТ 17774-72) та встановлювальні зрізані високі (ГОСТ 17775-72), мм
за ГОСТ 17774-72* за ГОСТ 17775-72*



Позначення ГОСТ		Для пальців за ГОСТ 17774-72 та ГОСТ 17775-72						l для пальців за ГОСТ	
17774-72	17775-72	d (g6 або f7)	D (h12)	d ₁ (p6)	l ₁	h	c	17774-72	17775-72
7030-1231	7030-1261	понад 4 до 6	10	6	8	4	1,6	12	10
7030-1232	7030-1262							16	14
7030-1233	7030-1263	понад 6 до 8	12	8	10	5	2,5	18	
7030-1234	7030-1264							22	
7030-1235	7030-1265	понад 8 до 10	14	10	12	7	4	20	16
7030-1236	7030-1266							25	20
7030-1237	7030-1267	понад 10 до 12	18	12	14	7	4	30	25
7030-1238	7030-1268							34	28
7030-1239	7030-1269	понад 12 до 16	18	12	14	7	4	28	22
7030-1240	7030-1270							34	28

Відсоткове співвідношення типів основного технологічного устаткування

Верстати	Цех автомобільного заводу			Цех верстатобудівного заводу	Цех заводу під'їмально-транспортного устаткування	Цех інструментального заводу	Цех тракторного та моточайного заводу	Інші цехи
	двигунів	коробок передач	віток втулок					
Токарні	6,9	10,7	21,9	8,6	6,3	12,3	8,3	12,3
Свердлильні та розточувальні	7,2	10,6	16,9	14,1	9,9	6,5	9,6	9,2
Шліфувальні, хонінгувальні, полірувальні, доводочні, притирочні	14,5	13,2	12,4	13,3	12,0	25,1	15,6	8,6
Фрезерні	5,5	5,1	4,2	21,3	23,9	12,3	5,6	21,3
Зубооброблювальні	3,1	17,7	8,6	2,6	9,6	0,6	14,3	8,3
Протяжні	2,2	2,9	2,0	2,1	6,2	1,1	1,9	1,1
Довбальні, стругальні	---	---	0,2	0,9	0,5	0,8	0,9	1,2
Агрегатні	16,8	8,6	8,3	8,9	9,3	9,5	19,6	15,6
Спеціальні	24,3	19,0	10,6	12,6	13,9	18,6	18,2	18,3
Інші	19,5	12,2	14,9	15,6	8,4	13,2	11,6	4,1

**Кількість верстатів загострювального відділення
(у відсотках від кількості обслуговуваних верстатів)**

<i>Серійність виробництва</i>	<i>Кількість обслуговуваних верстатів</i>		
	<i>до 200</i>	<i>200 – 500</i>	<i>понад 500</i>
Масове, великосерійне	5	4	3
Середньо-, дрібносерійне, одиничне	4	3	3

Дільниця для ремонту технологічного оснащення

<i>Кількість обслуговуваних верстатів</i>	<i>Кількість верстатів дільниці при серійності:</i>		
	<i>Масове, великосерійне</i>	<i>Середньосерійне</i>	<i>Дрібносерійне, одиничне</i>
до 100	4	3	3
101 ... 200	5	4	3
201 ... 300	6	5	4
301 ... 400	7	6	5
401 ... 500	8	7	6
501 ... 600	9	8	6
601 ... 700	10	9	7
701 ... 800	11	10	8
801 ... 900	12	11	9
901 ... 1000	13	12	10

**Кількість верстатів ремонтного відділення (ремонтної бази)
та майстерні енергетика цеху**

<i>Кількість обслуговуваних верстатів</i>	<i>Кількість верстатів ремонтного відділення</i>	<i>Кількість обслуговуваних верстатів</i>	<i>Кількість верстатів ремонтного відділення</i>
до 150	2 ... 4	501 ... 600	7 ... 9
151 ... 200	3 ... 5	601 ... 700	9 ... 12
201 ... 300	4 ... 6	701 ... 800	10 ... 13
301 ... 400	5 ... 7	801 ... 900	11 ... 14
401 ... 500	6 ... 8	901 ... 1000	12 ... 15

Площі цехових допоміжних дільниць та комор, м²

Кількість обслуговуваних верстатів	Майстерня енергетика цеху	Дільниця збирання та перероблення стружки	Дільниця для приготування МОР	Комора мастил	Комора допоміжних (технологічних) матеріалів
до 100	15	75 ... 85	35 ... 50	15	6
101 ... 200	20 ... 25	85 ... 105	50 ... 70	20 ... 25	6 ... 12
201 ... 300	25 ... 35	110 ... 125	75 ... 100	25 ... 30	12 ... 15
301 ... 400	35 ... 45	130 ... 150	100 ... 130	30 ... 35	15 ... 18
401 ... 500	45 ... 55	155 ... 175	125 ... 150	35 ... 40	18 ... 21
501 ... 600	55 ... 70	170 ... 200	140 ... 170	40 ... 50	21 ... 27
601 ... 700	65 ... 95	190 ... 125	160 ... 200	50 ... 60	27 ... 33
701 ... 800	90 ... 120	120 ... 160	200 ... 245	60 ... 70	33 ... 39
801 ... 900	120 ... 150	160 ... 200	245 ... 300	70 ... 90	39 ... 48
901 ... 1000	150 ... 185	200 ... 240	300 ... 350	90 ... 110	48 ... 60

Дані для розрахунку площ цехових комор (складів)

Комора (склад)		Норми запасу (календарних днів) зберігання при типі виробництва:				Норми вантажонапруженості під ґрунтою площі (т/м ²), яку займають матеріали питомою масою 7,2 ... 8 т/м ³	Коефіцієнт використання площі
назва	призначення	одиночному та дрібносерійному	середньосерійному	великосерійному	масовому		
Сортового металу (матеріалів)	Зберігання сортового прокату	7	5	4	2	2,5	0,25...0,30
Заготовок	Зберігання великих виливків та кованок	15	8	3	1	3,0	
	Зберігання середніх та дрібних виливків та кованок	20	12	5	3	4,0 (у тарі)	
Міжопераційний, проміжний	Зберігання напівфабрикатів важких і великих деталей	10	6	2	---	2,5	0,25...0,30 (підлоговий транспорт)
	Зберігання напівфабрикатів середніх і дрібних деталей	20	12	3	---	3,5	0,35...0,40 (підвісний транспорт)
Вузлів	Зберігання складених вузлів	12	8	4	1	3,5	0,45...0,50
Купованих виробів	Зберігання стандартних виробів та виробів, отриманих за кооперацією	18	12	7	3	4,0 (у тарі)	0,25...0,30


















Примітка. Наведені у додатку норми вантажонапруженості на 1 м² належать до середньосерійного виробництва; для іншої серійності використовувати коефіцієнти: одиначне й дрібносерійне виробництво – 0,8, великосерійне – 1,1, масове – 1,2.













Комора (склад)	Показник для розрахунку площі	Механічні цехи				Складальні цехи, на одного виробничого робітника (у найбільшу зміну), м ²
		Норма площі, м ² на верстат при роботі у 2 зміни і характері виробництва				
		одиночному, дрібносерійному	середньосерійному	великосерійному	масовому	
Інструментально-роздавальна (ІРК)	Кількість виробничих верстатів	1,25	0,65	0,55	0,25	0,30–0,45 для великосерійного та масового виробництва; 0,35–0,60 для середньосерійного виробництва; 0,5–1,0 для дрібносерійного та одиночного виробництва
Пристроїв	Кількість виробничих верстатів	1,15	0,55	0,40	0,20	
Абразивів	Кількість шліфувальних, полірувальних, заточувальних верстатів	1,05	0,50	0,40	0,45	

Примітка. Для механоскладального цеху площі відповідних комор для обслуговування механічних та складальних дільниць підсумовують.

Умовні позначення, які використовуються на компоновальних планах механоскладальних цехів і технологічних планах дільниць

<i>Назва</i>	<i>Умовне позначення</i>	<i>Назва</i>	<i>Умовне позначення</i>
А. Компоновальні плани.			
Капітальна стіна		Підвальне приміщення з відміткою рівня підлоги	
Легкі перегородки усіх типів		Антресолі, вентиляційні камери і майданчики	
Прорізи дверні у всіх стінах		Проїзд	
Умовна межа дільниці (відділення), не огорожена		Тунель, канал	
Колона будівлі		Залізничний шлях (тупик)	
Санітарний вузол		Центральний розподільвальний пункт, трансформаторні підстанції	
Б. Плани розташування устаткування.			
<i>1. Будівельні елементи.</i>			
Капітальна стіна		Одностворчасті двері	
Суцільна перегородка до низу чи стелі		Двостворчасті двері і брами	
Засклена перегородка		Розсувні двері і брами	
Перегородка зі сіткою		Тунель, канал	
Металева перегородка (з листа)		Люк	
Звукоізолювальна перегородка		Трап	
Бар'єр		Колона залізобетонна з фундаментом	
Вікно		Колона металева з фундаментом	

Назва	Умовне позначення	Назва	Умовне позначення
Б. Плани розташування устаткування.			
<i>2 Підведення промислових рідин, газів і електричного струму; вентиляювання і відсмоктування.</i>			
Підведення холодної води		Підведення емульсії	
Підведення холодної та гарячої води		Підведення содового розчину	
Підведення холодної води з відведенням у каналізацію		Підведення оливи (сульфорезолу)	
Підведення холодної води з раковиною на стіні чи перегородці		Місцевий вентиляційний відсмоктувач	
Злив у каналізацію		Підведення спецструмів	
Підведення пари		Місцеве освітлення	
Підведення стисненого повітря $p=0,63$ МПа (6 атм.)		Щит керування	
Підведення стисненого повітря $p=0,4$ (4 атм.)		Пожежний кран	
Підведення газу			

Наименование	Условное обозначение	Наименование	Условное обозначение
В. Нарисуйте в соответствии с требованиями			
Нарисуйте условное обозначение конденсатора на плате		Модуль конденсатора	
Нарисуйте условное обозначение резистора на плате		Модуль резистора	
Нарисуйте условное обозначение диода на плате		Модуль диода	
Нарисуйте условное обозначение лампы накаливания на плате		Лампа	
Нарисуйте условное обозначение аккумулятора		Аккумулятор	
Нарисуйте условное обозначение конденсатора		Конденсатор	

Назва	Умовне позначення	Назва	Умовне позначення
Б. Плани розташування устаткування.			
<i>3. Технологічне устаткування.</i>			
Токарний автомат і напівавтомат		Внутрішньо-шліфувальний верстат	
Токарно-револьверний верстат		Безцентрово-шліфувальний верстат	
Токарно-гвинторізний верстат		Зубофрезерний верстат	
Вертикально-свердильний верстат		Універсально-фрезерний верстат	
Радіально-свердильний верстат		Вертикально-фрезерний верстат	
Горизонтально-розточувальний верстат		Горизонтально-фрезерний верстат	
Координатно-розточувальний верстат		Фрезерно-центрувальний верстат	
Алмазно-розточувальний верстат		Поперечно-стругальний верстат	
Круглошліфувальний верстат		Поздовжньо-стругальний верстат	
Пласкошліфувальний верстат		Довбальний верстат	

Назва	Умовне позначення	Назва	Умовне позначення
В. Підіймально-транспортне устаткування (компонувальні плани і плани розташування).			
Кран мостовий електричний		Стрічковий транспортер	
Кран мостовий опорний однобалковий		Рольганг	
Кран підвісний однобалковий		Жолоб, склиз	
Кран козловий електричний		Монорейка з тельфером	
Консольно-поворотний кран (у плані)		Монорейка з пневматичним підіймачем	
Підвісний ланцюговий конвеєр з монорейкою		Гідропідіймач	
Підйом і спуск підвісного конвеєра		Ліфт-підіймач	

Коди основних видів заготовок (вибірково)

<i>Вид заготовки</i>	<i>Код</i>
Сталь великосортова низьковуглецева	09312X
Сталь середньосортова низьколегована	09322X
Сталь дрібносортова низьколегована	09332X
Сталь сортова конструкційна	09501X
Сталь сортова вуглецева	09503X
Сталь сортова інструментальна	0966XX
Сталь сортова швидкорізальна	0962XX
Труба безшовна вуглецева	134XXX
Виливок з кувального чавуну	41111X
Виливок з сірого чавуну	41112X
Виливок з легованого чавуну	41114X
Виливок з вуглецевої сталі	41121X
Виливок з легованої сталі	41123X
Штамповка з чорних металів	41211X
Поковка з прокату чорних металів	41212X
Поковка з прокату кольорових металів	41222X
Металоконструкції зварні корпусні	41333X
Металоконструкції зварні циліндричні	41336X

Коди професій

<i>Професія</i>	<i>Код</i>	<i>Професія</i>	<i>Код</i>
Верстатник на спеціальних верстатах (в т.ч. агрегатних)	17845	Різешліфувальник	17003
Довбальник	11868	Розмічувальник	16641
Заточувальник	12260	Свердильник	17335
Зубонарізувальник	12287	Слюсар-інструментальник	17461
Зубошліфувальник	12290	Слюсар механоскладальних робіт	17474
Оператор автоматичних ліній	14972	Стругальник	17960
Оператор верстатів з ЧПК	15292	Токар	18217
Полірувальник	15887	Токар-карусельник	18219
Пресувальник	16014	Токар-напівавтоматник	18225
Протягувальник	16458	Токар-розточувальник	18235
Різальник на пилах та верстатах	16937	Фрезерувальник	18632
Різефрезерувальник	17001	Шліфувальник	18873

Коди технологічних операцій. Механічне оброблення

<i>Операція</i>	<i>Код</i>
01. Автоматні	
Автоматно-лінійна	0101
02. Агрегатні	
Агрегатна	0202
03. Довбальні	
Довбальна	0303
04. Зубооброблювальні	
Зубодовбальна	0404
Зубозаокруглювальна	0504
Зубонакатувальна	0604
Зубообкочувальна	0704
Зубоприпрацьовувальна	0804
Зубопритиральна	0904
Зубопротягувальна	1004
Зубостругальна	1104
Зуботокарна	1204
Зубофрезерна	1304
Зубохонінгувальна	1404
Зубошвінгувальна	1504
Зубошліфувальна	1604
Спеціальна зубооброблювальна	1704
Шліснакатувальна	1804
Шліцестругальна	1904
Шліцефрезерна	2004
05. Комбіновані	
Комбінована	2105
06. Викінчувальні	
Вібробразивна	2206
Галтувальна	2306
Викінчувальна	2406
Обпилювальна	2506
Полірувальна	2606
Притиральна	2706
Суперфінішна	2806
Хонінгувальна	2906
07. Відрізні	
Абразивно-відрізна	3007
Пило-відрізна	3107
Анодно-відрізна	3207
Плазмо-відрізна	3307
Токарно-відрізна	3407
Фрезерно-відрізна	3507
08. Програмні	
Розточувальна з ЧПК	3608
Свердлильна з ЧПК	3708
Токарна з ЧПК	3808
Фрезерна з ЧПК	3908
Шліфувальна з ЧПК	4008

<i>Операція</i>	<i>Код</i>
09. Протягувальні	
Вертикально-протягувальна	4109
Горизонтально-протягувальна	4209
10. Розточувальні	
Алмазно-розточувальна	4310
Вертикально-розточувальна	4410
Горизонтально-розточувальна	4510
Координатно-розточувальна	4610
11. Різснарізувальні	
Болтонарізувальна	4711
Гайконарізувальна	4811
Різснакатувальна	4911
12. Свердлильні	
Вертикально-свердлильна	5012
Горизонтально-свердлильна	5112
Координатно-свердлильна	5212
Радіально-свердлильна	5312
Свердлильно-центрувальна	5412
13. Стругальні	
Поперечно-стругальна	5513
Поздовжньо-стругальна	5613
14. Токарні	
Автоматна токарна	5714
Вальцетокарна	5814
Лоботокарна	5914
Різетокарна	6014
Спеціальна токарна	6114
Токарна безцентрова	6214
Токарно-гвинторізна	6314
Токарно-затилувальна	6414
Токарно-карусельна	6514
Токарно-копіювальна	6614
Токарно-револьверна	6714
Торцепідрізна центрувальна	6814
15. Фрезерувальні	
Барабанно-фрезерувальна	6915
Вертикально-фрезерувальна	7015
Горизонтально-фрезерувальна	7115
Гравіювальна-фрезерувальна	7215
Карусельно-фрезерувальна	7315
Копіювальна-фрезерувальна	7415
Поздовжньо-фрезерувальна	7515
Різефрезерувальна	7615
Спеціальна фрезерувальна	7715
Універсально-фрезерувальна	7815
Фрезерувально-центрувальна	7915
Шпонко-фрезерувальна	8015

Коди технологічних операцій. Слюсарно-складальні роботи

<i>Операція</i>	<i>Код</i>
16. Слюсарні	
Відрізна	0001
Відтиналина	0002
Гравіювальна	0003
Доводочна	0004
Завивальна	0005
Зачищувальна	0006
Згинальна	0007
Зенкерувальна	0008
Змашувальна	0009
Калібрувальна	0010
Керувальна	0011
Називальна	0012
Нарізувальна	0013
Обпилювальна	0014
Обчищувальна	0015
Полірувальна	0016
Правильна	0017
Розвальцювальна	0018
Розвертальна	0019
Розмічувальна	0020
Розрізна	0021
Свердлильна	0022
Слюсарна	0023
Шабрувальна	0024

<i>Операція</i>	<i>Код</i>
17. Складальні	
Базувальна	0025
Балансувальна	0026
Закріплювальна	0027
Запресовувальна	0028
Згинувальна	0029
Застібальна	0030
Клепальна	0031
Контрувальна	0032
Маркувальна	0033
Пломбувальна	0034
Розбиральна	0035
Розгвинчувальна	0036
Розпломбувальна	0037
Розпресувальна	0038
Розшплінтувальна	0039
Розштифтувальна	0040
Складальна	0041
Склеювальна	0042
Стопорна	0043
Установлювальна	0044
Центрувальна	0045
Шплінтувальна	0046
Штифтувальна	0047

Коди технологічного устаткування

<i>Верстат</i>	<i>Код</i>
Агрегатні	
Агрегатний	
горизонтальний одностояковий	381881
горизонтальний багатостояковий	381884
вертикальний одностояковий	381885
вертикальний багатостояковий	381887
Інші агрегатні	38188X
Відрізні	
Пило-відрізний	381762
Інші відрізи	38176X
Токарні	
Токарний автомат	
одношпиндельний	381111
багатошпиндельний	381114
Токарно-револьверний	
з вертикальною віссю	381131
з горизонтальною віссю	381133
Токарно-затилувальний	381143
Інші токарні	3811XX
Розточувальні	
Вертикально-розточувальний	381262
Горизонтально-розточувальний	381261
Координатно-розточувальний	381263
Інші розточувальні	38126X
Свердлильні	
Вертикально-свердлильний	381213
Радіально-свердлильний	381217
Інші свердлильні	38121X
Протягувальні	
Вертикально-протягувальний	
для внутрішнього протягування	381753
для зовнішнього протягування	381754
Горизонтально-протягувальний	381751
Стругальні	
Поздовжньо-стругальний	381713
Інші стругальні	3817XX
Довбальні	
Довбальний	381718

<i>Верстат</i>	<i>Код</i>
Фрезерувальні	
Барабанно-фрезерний	38167X
Вертикально-фрезерний	
консольний	381611
з хрестовим столом	381612
спеціальний	381861
Горизонтально-фрезерний	
консольний	381621
універсальний	381631
широкоуніверсальний	381632
Поздовжньо-фрезерний	
одностояковий	381661
двостояковий	381667
Різефрезерний	381623
Інші фрезерні	3816XX
Зубооброблювальні	
Зубодовбальний	381571
Зубостругальний	381520
Зубофрезерний	381572
Зубошліфувальний	381574
Зубошліфувальний	
абразивним шнеком	381561
конічним кругом	381562
тарілчастим кругом	381563
Інші зубооброблювальні	3815XX
Різенарізувальні	
Різенарізувальний	381743
Шліфувальні	
Безцентрово-шліфувальний	381314
Внутрішньошліфувальний	381312
Круглошліфувальний	581311
Пласкошліфувальний	381313
Різешліфувальний	381316
Заточувальний	38136X
Інші шліфувальні	3813XX
Викінчувальні	
Полірувальний	381337
Інші викінчувальні	38133X

**Ключові слова основних і допоміжних технологічних переходів
механічного оброблення (вибірково)**

<i>Ключове слово</i>	<i>Код</i>
Вальцювати	01
Відрізати	16
Гравіювати	04
Довести	05
Довбати	06
Заокруглити	07
Затилувати	09
Зенкерувати, зенкувати	10
Накатати	12
Нарізати	13
Обкатати	14
Підрізати	17
Полірувати	18
Притерти	19
Протягнути	21
Розвальцювати	23
Розвернути	22
Розкагати	24
Розсвердлити	25
Розточити	26

<i>Ключове слово</i>	<i>Код</i>
Свердлити	27
Стругати	28
Суперфінішувати	29
Точити	30
Фрезерувати	36
Хонінгувати	31
Цекувати	34
Центрувати	35
Шевінгувати	32
Шліфувати	33
Вивірити	80
Закріпити	81
Зняти	90
Перевстановити і закріпити	84
Перемістити	86
Підтиснути	87
Перевірити	88
Установити	91
Установити і вивірити	92
Установити, вивірити і закріпити	93

**Ключові слова основних і допоміжних технологічних переходів
складання (вибірково)**

<i>Ключове слово</i>	<i>Код</i>
Базувати	02
Балансувати	01
Відрізати	16
Відрубати	27
Гравіювати	04
Довести	45
Завити	03
Закріпити	81
Запресувати	08
Застопорити	12
Зачистити	07
Згинувати	39
Зігнути	05
Зенкувати	13
Змастити	89
Калібрувати	09
Кернувати	14
Клепати	18
Контрувати	22
Маркувати	23
Навити	11
Нанести	26

<i>Ключове слово</i>	<i>Код</i>
Нарізати	13
Правити	17
Притерти	20
Пломбувати	30
Полірувати	19
Розвернути	24
Розвальцювати	33
Розгвинтити	32
Розібрати	35
Розмітити	31
Розпресувати	33
Розрізати	21
Розшпінтувати	34
Розштифувати	37
Свердлити	29
Скласти	41
Склеїти	40
Установити	91
Центрувати	38
Шабрувати	42
Шпінтувати	43
Штифувати	44

Вид оброблюваної поверхні (елемента) деталі

внутрішній	ступінчастий
глухий	T-подібний
зовнішній	типу "Ластівчин хвіст"
кільцевий	ущільнювальний
конічний	фасонний
криволінійний	шліцевий
наскрізний	шпонковий
спіральный	

Оброблювані поверхні та конструктивні елементи

буртик	виточка
галтель	деталь
заготовка	зубець (зубці)
канавка	контур
конус	лиска (лиски)
отвір (отвори)	паз
поверхня	пружина
різь	рифлення
ступінь (ступені)	сфера
торець	фаска
шнек	циліндр

Додаткова інформація, що використовується під час формулювання технологічних переходів (механічне оброблення)

відповідно до креслення (ескізу)	одночасно
з підрізуванням торця (торців)	остаточно
за копіром	попередньо
за програмою	попередньо
за кресленням (ескізом)	попередньо

Додаткова інформація, що використовується під час формулювання технологічних переходів (складання)

відповідно до креслення (ескізу)	за шаблоном
за кресленням (ескізом)	за реперними точками
за розміткою	з точністю
за трафаретом	забезпечуючи

Коди технологічного оснащення (вибірково)

<i>Назва</i>	<i>Код вищої групи</i>
Патрони токарні	396110
Лещата машинні	396131
Головки ділильні універсальні	396141
Столи поворотні	396151
Центри обертові	392841
Пристрої універсальні збірні переналаджувані	396181
Пристрої спеціальні	39618X
Прилади для розмірного настроювання поза верстатом металорізальних інструментів для верстатів з ЧПК	394650
Плити розмічувальні	393550
Ключі гайкові, торцеві, трубні, спеціальні	392650
Інструменти допоміжні для верстатів з ЧПК	392801

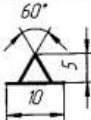


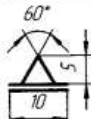


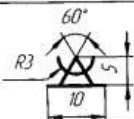


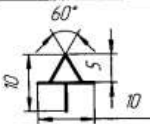



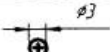

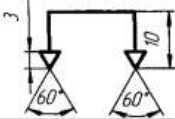
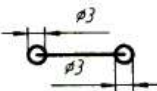

Коди вимірювальних засобів (вибірково)


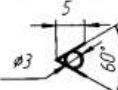
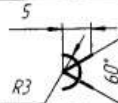

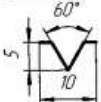


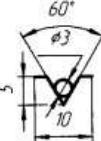





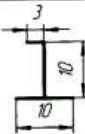


<i>Назва</i>	<i>Код вищої групи</i>
Штангенінструмент: штангенциркулі	393311
Мікрометричний інструмент: мікрометри гладкі	393410
мікрометри різеві	393420
глибиноміри	393440
нутроміри	393450
Калібри (пробки та скоби) гладкі	393120
Калібри (пробки та скоби) різеві	393140
Шаблони	393800
Лінійки лекальні	393510
Плити перевірки	393550
Індикатори важільно-пружинні	394130
Прилади вимірювальні універсальні	394300
Прилади активного контролю	394630

Коди металорізальних інструментів (вибірково)

<i>Назва</i>	<i>Код вищої групи</i>
Довбачі: зубцеларизувальні	392410
Зенкери: швидкорізальні твердосплавні суцільні для верстатів з ЧПК	391610 391620 391690
Зенківки: конічні для верстатів з ЧПК	391630 391690
Мітчики: з вуглецевої сталі ручні швидкорізальні машинно-ручні твердосплавні суцільні для верстатів з ЧПК	391310 391330 391350 391391
Плашки круглі	391510
Протяжки	392302
Різці: швидкорізальні твердосплавні суцільні з твердосплавними пластинами для верстатів з ЧПК	392110 392101 392104 392190
Розвертки: машинні швидкорізальні машинні твердосплавні суцільні для верстатів з ЧПК	391720 391740 391790
Свердла: швидкорізальні спіральні загального призначення з циліндричним хвостовиком твердосплавні суцільні для верстатів з ЧПК і автоматичних ліній	391210 391303 391290
Фрези: дискові та торцеві швидкорізальні дискові та торцеві твердосплавні суцільні зубцеларизувальні кінцеві та насадні для верстатів з ЧПК	391802 391801 391810 391820 391890
Шевери дискові	392430
Інструмент різнакатувальний	392500
Інструмент алмазний шліфувальний: на органічній зв'язці алмазний шліфувальний на металевій зв'язці алмазний шліфувальний на керамічній зв'язці	397110 397120 397130
Інструмент абразивний: з електрокорунду з карбіду кремнію	398110 398150

Опори, затискачі та установчі елементи. Графічне зображення (ГОСТ 3.1107-81)



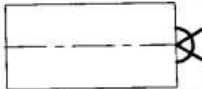

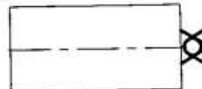
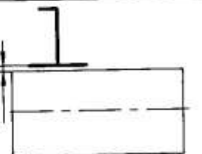
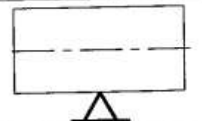
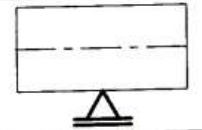
Назва	Позначення на видах		
	спереду, позаду	зверху	знизу
Опори та затискачі			
Опори			
Нерухома			
Рухома			
Плавюча			
Регульована			
Затискачі			
Одинарний			
Подвійний			

Назва	Позначення на видах		
	спереду, позаду	зверху	знизу
Встановлювальні елементи			
Центр нерухомий		Позначення відсутні	
Центр обертовий		Позначення відсутні	
Центр плаваючий		Позначення відсутні	
Оправка циліндрична			
Оправка кулькова (роликів)			
Оправка цангова, гідропластова			
Патрон повідковий			

Умовні позначення робочих поверхонь установних та затискних елементів

Назва	Умовне позначення
Плеската	
Сферична	
Циліндрична (кулькова)	
Призматична	
Конічна	
Ромбовидна	
Тригранна	
Рельєф робочої поверхні (рифлена, різева, шліцева тощо)	

Приклади використання позначень опор, затискних і установних елементів на картах ескізів

Назва	Умовне позначення
Центр нерухомий (гладкий)	
Центр рифлений	
Центр плаваючий	
Центр обертовий	
Центр зворотний обертовий з рифленою поверхнею	
Патрон повідковий	
Льонет нерухомий	
Льонет рухомий	

Назва	Умовні позначення
Оправка циліндрична	
Оправка конічна, роликова	
Оправка різьба, циліндрична з зовнішньою різьбою	
Оправка шлицева	
Оправка цангова	
Опора регульована з сферичною випуклою робочою поверхнею	
Затискач пневматичний з циліндричною рифленою робочою поверхнею	

Назва	Умовне позначення
Лещата з призматичними губками та пневматичним затискачем	
У кодукторі з центруванням на циліндричний палець	
У трикулачковому патроні з механічним затиском, з упором в торець, з підтисканням обертовим центром, з кріпленням в рухомому люнеті	
На конічний оправці з гідропластовим затискачем, з упором в торець на рифлену поверхню і з підтисканням обертовим центром	

Примітки до додатків 176–178.

1. Допускається рухому плаваючу та регульовану опори на видах зверху та знизу позначати як нерухому опору.
2. Встановлювально-затискні пристрої необхідно позначати як комбінацію позначень установчих засобів та затискачів.
3. Для подвійних затискачів довжина плеча встановлюється розробником залежно від віддалі між точками прикладення сил. Допускаються спрощені позначення.
4. Позначення опор та установчих засобів, крім центрів, допускається наносити на виносні лінії до відповідних поверхонь.
5. Позначення зворотних центрів необхідно виконувати у дзеркальному зображенні.
6. Затискні пристрої позначають: пневматичний – Р; гідравлічний – Н; електричний – Е; магнітний – М; електромагнітний – ЕМ; решта – без позначення;
7. Позначення видів засобів затиску наносять з лівого боку від позначення затискача.
8. Кількість точок прикладення сили записують з правого боку від позначення затискача.
9. На схемах, що мають декілька проєкцій, допускається на окремих проєкціях не вказувати позначення опор, затискачів тощо.
10. Декілька однойменних опор, допускається позначати їх кількістю з правого боку від позначення опори.
11. Допускається відхилення від розмірів графічних позначень, вказаних у таблицях.

Коди металорізальних інструментів, які використовують для проектування операційно-налагоджувальних схем технологічних налагоджень (вибірково)

Код	Вид інструменту	Код	Вид інструменту
1. Різці.			
2110 – різці з швидкорізальних сталей токарні			
2111	прохідні відгінуті	2115	прорізні, фаскові та канавкові
2112	прохідні прямі	2116	пазові, фасонні, тангенціальні, копіювальні
2113	упорні, підрізні, чистові	2117	різеві
2114	відрізні		
2120 – різці з швидкорізальних сталей розточувальні, стругальні, довбальні, зубостругальні тощо			
2121	розточувальні	2126	зубостругальні
2122	розточувальні державкові	2128	спеціальні, в тому числі автоматні
2123	стругальні	2129	пластини з швидкорізальної сталі
2125	довбальні		
2130 – різці твердосплавні напайні			
2131	токарні прохідні, підрізні різеві	2135	токарні прорізні, фаскові, пазові, фасонні
2133	токарні розточувальні	2136	стругальні
2134	токарні відрізні	2137	державкові розточувальні
2150 – різці твердосплавні збірні з механічним кріпленням багатограних пластин (крім різців для верстатів з ЧПК й автоматичних ліній)			
2151	токарні прохідні	2153	токарні різеві
2152	токарні розточувальні	2154	автоматно-револьверні
2160 – різці твердосплавні			
2161	розточувальні для координатно-розточувальних верстатів	2162	розточувальні для токарних автоматів
		2163	розточувальні для токарних верстатів
2190 – різці твердосплавні та збірні з механічним кріпленням багатограних пластин для верстатів з ЧПК й автоматичних ліній			
2191	токарні прохідні	2195	токарні канавкові
2192	токарні для контурного точіння	2197	вставки різеві
2193	розточувальні	2198	оправки розточувальні і підрізні
2194	токарні різеві		
2. Фрези			
1820 – фрези з швидкорізальних сталей кінцеві обдирні, копіювальні, шпонкові для Т-подібних і сегментних пазів			
1821	кінцеві з циліндричним хвостовиком	1826	шпонкові з циліндричним хвостовиком
1822	кінцеві з конічним хвостовиком	1827	шпонкові з конічним хвостовиком
1823	кінцеві з різьбовим хвостовиком	1828	для Т-подібних пазів і сегментних пазів
1824	обдирні з конічним хвостовиком		
1825	копірні з конічним хвостовиком		
1830 – фрези з швидкорізальних сталей торцеві, циліндричні, дискові відрізні та прорізні			
1831	торцеві	1835	дискові двосторонні
1832	циліндричні	1836	відрізні
1833	дискові тресторонні	1837	прорізні
1834	дискові пазові		

Код	Вид інструменту	Код	Вид інструменту
1850 – фрези твердосплавні (крім спеціальних та для верстатів з ЧПК)			
1851	зубообробні суцільні	1855	торцеві збірні з механічним кріпленням багатограних та круглих пластин
1852	кінцеві суцільні	1856	шпонкові, дискові, прорізнi та інші суцільні фрези
1853	кінцеві та циліндричні з припаяними пластинами і коронками	1857	шпонкові з припаяними пластинами
1854	торцеві з припаяними пластинами	1858	дискові тристоронні, двосторонні, пазові з припаяними пластинами
1880 – фрези спеціальні			
1881	з швидкорізальної сталі	1882	твердосплавні
1890 – фрези для верстатів з ЧПК й автоматичних ліній			
1891	кінцеві з швидкорізальної сталі	1894	кінцеві твердосплавні з припаяними пластинами
1892	торцеві твердосплавні з припаяними пластинами	1895	торцеві твердосплавні збірні з механічним кріпленням багатограних та круглих пластин
1893	для Т-подібних пазів твердосплавні з припаяними пластинами		
3. Свердла			
1210 – свердла з швидкорізальних сталей спіральні загального призначення з циліндричним хвостовиком			
1211	короткої серії праві	1214	середньої серії ліві
1212	короткої серії ліві	1215	довгої серії
1213	середньої серії праві	1216	потовщені (малорозмірні)
1220 – свердла з швидкорізальних сталей спіральні загального призначення з конічним хвостовиком			
1221	нормальної довжини	1222	довгі та подовжені
1230 – свердла з швидкорізальної сталі спіральні для певних матеріалів			
1231	для легких сплавів з циліндричним хвостовиком	1233	для важкооброблюваних матеріалів з циліндричним хвостовиком
1232	для легких сплавів з конічним хвостовиком	1234	для важкооброблюваних матеріалів з конічним хвостовиком
		1235	для чавуну
1240 – свердла з швидкорізальних сталей комбіновані, центрувальні, конічні			
1241	комбіновані	1243	конічні
1242	центрувальні		
1250 – свердла з швидкорізальних сталей для глибоких отворів			
1251	спіральні з отворами для охолодження і латроні до них	1252	шнекові
		1253	кільцеві

Код	Вид інструменту	Код	Вид інструменту
1260 – свердла твердосплавні (крім спеціальних)			
1261	спіральні з циліндричним хвостовиком вкорочені	1265	спіральні суцільні з конічним хвостовиком
1262	спіральні суцільні з циліндричним хвостовиком короткої серії	1266	спіральні з припаяними пластинами з циліндричним хвостовиком
1263	спіральні суцільні з циліндричним хвостовиком середньої серії	1267	спіральні з припаяними пластинами з конічним хвостовиком
1264	спіральні суцільні з потовщеним циліндричним хвостовиком (малорозмірні)	1268	центрувальні й інші комбіновані суцільні
1270 – свердла спеціальні			
1271	з швидкорізальної сталі	1272	твердосплавні
1290 – свердла з швидкорізальної сталі для верстатів з ЧПК й автоматичних ліній			
1291	спіральні з циліндричним хвостовиком вкорочені (надкороткі)	1294	спіральні з конічним хвостовиком вкорочені
1292	спіральні з циліндричним хвостовиком короткої серії	1295	спіральні з конічним хвостовиком короткої серії
1293	спіральні з циліндричним хвостовиком середньої серії	1296	ступінчасті, пластинчасті (перові) тощо
4. Зенкери і зенківки			
1610 – зенкери з швидкорізальних сталей			
1611	з циліндричним хвостовиком	1614	насадні суцільні
1612	з конічним хвостовиком суцільні	1615	насадні збірні
1613	з конічним хвостовиком збірні		
1620 – зенкери твердосплавні (крім спеціальних)			
1621	з циліндричним хвостовиком	1623	з конічним хвостовиком збірні
1622	з конічним хвостовиком і припаяними пластинами	1624	насадні з припаяними пластинами
		1625	насадні збірні
1630 – зенківки конічні			
1631	з швидкорізальних сталей (60°)	1634	з швидкорізальних сталей (120°)
1632	з швидкорізальних сталей (75°)	1635	твердосплавні
1633	з швидкорізальних сталей (90°)		
1640 – зенківки підрізні			
1641	з швидкорізальних сталей однобічні	1643	твердосплавні однобічні
1642	з швидкорізальних сталей двобічні	1644	твердосплавні двобічні
1650 – зенківки циліндричні для оброблення опорних поверхонь під кріпильні деталі			
1651	з швидкорізальних сталей з циліндричним хвостовиком	1654	з швидкорізальних сталей насадні
1652	з швидкорізальних сталей з конічним хвостовиком	1655	твердосплавні з конічним хвостовиком
		1657	твердосплавні насадні
1680 – зенкери спеціальні			
1681	з швидкорізальних сталей	1682	твердосплавні

Код	Вид інструменту	Код	Вид інструменту
1690 – зенкери та зенківки для верстатів з ЧПК й автоматичних ліній			
1691	зенкери з швидкорізальних сталей з циліндричним хвостовиком	1695	зенківки з швидкорізальних сталей циліндричні для оброблення опорних поверхонь під кріпильні деталі
1692	зенкери з швидкорізальних сталей з конічним хвостовиком	1696	пластини підрізи для верстатів з ЧПК
1694	зенківки з швидкорізальних сталей конічні	1697	головки розточувальні для верстатів з ЧПК
6. Розвертки			
1720 – розвертки з швидкорізальних сталей машинні з циліндричним та конічним хвостовиками			
1721	з циліндричним хвостовиком	1724	з циліндричним хвостовиком та подовженою робочою частиною
1722	з конічним хвостовиком суцільні	1725	з конічним хвостовиком та подовженою робочою частиною
1723	з конічним хвостовиком збірні		
1730 – розвертки з швидкорізальних сталей машинні насадні			
1731	суцільні	1732	насадні
1740 – розвертки твердосплавні (крім спеціальних та для верстатів з ЧПК)			
1741	з циліндричним хвостовиком суцільні	1745	насадні з напаяними пластинами
1742	з конічним хвостовиком суцільні	1746	насадні збірні з напаяними пластинами
1744	з конічним хвостовиком з напаяними пластинами		
1750 – розвертки конічні			
1751	з конусністю 1:50, 1:30, 1:20	1753	з конусністю 1:16
1752	під конуси Морзе	1754	з іншими конусностями
1790 – розвертки для верстатів з ЧПК			
1791	з швидкорізальних сталей	1792	твердосплавні
7. Різеобробні інструменти			
1330 – мітчики з швидкорізальних сталей машинно-ручні			
1331	для метричної різі	1335	для конічної трубної різі
1332	для циліндричної трубної різі (муфтові)	1336	для трапецеподібної різі (мітчики-протяжки, мітчики-прошивки)
1333	для циліндричної дюймової різі		
1334	для конічної дюймової різі	1337	для круглої різі
1350 – мітчики твердосплавні			
1351	суцільні	1352	з припаяними пластинами
1390 – мітчики для верстатів з ЧПК			
1391	машинні		
1510 – плашки різьбонарізні круглі			
1511	для метричної різі діаметром до 16 мм (включно)	1513	для трубної циліндричної різі
		1514	для конічної різі
1512	для метричної різі діаметром понад 16 мм	1515	для круглої різі
		1516	спеціальні

Код	Вид інструменту	Код	Вид інструменту
1810 – фрези з інструментальних сталей різеві			
1818	з швидкорізальних сталей різеві	1819	з швидкорізальних сталей різеві спеціальні
8. Зубообробні інструменти			
1811	фрези з інструментальних сталей зубообробні дискові	2462	головки зубообробні для конічних гіпоїдних коліс з круговими зубцями
1812	фрези з швидкорізальних сталей зубообробні пальцеві	2463	головки зубообробні для спеціальних зубчастих коліс
1813	фрези шнекові дрібномодульні для циліндричних зубчастих коліс з евольвентним профілем	2464	головки зубопротягувальні для конічних коліс
		2465	головки зубодовбальні
1814	фрези шнекові модульні для циліндричних зубчастих коліс з евольвентним профілем	2466	різці до головок зубообробних для конічних коліс з прямими зубцями
		2467	різці до головок зубообробних для конічних гіпоїдних коліс з круговими зубцями
1815	фрези шнекові під шевр, пітчеві й інші спеціальні	2468	різці до головок зубопротягувальних
1816	фрези шнекові для шнекових валів	2469	головки твердосплавні для зубчастих коліс і різці до них
1817	фрези шнекові для нарізування зубців прочок і коліс з зачепленням Новикова, шнекових і конічних	2471	головки підвищеної точності для оброблення конічних коліс
		2472	головки зубопротягувальні підвищеної точності для оброблення конічних коліс
1851	фрези твердосплавні зубообробні сушльні	2476	різці до головок підвищеної точності для оброблення конічних коліс
2125	різці з швидкорізальних сталей зубоструталні й обкатні		
2411	довбачі зубообробні прямозубі хвостові	2477	різці до головок підвищеної точності для оброблення конічних коліс
2412	довбачі зубообробні прямозубі дискові	2481	гребінки зубообробні прямозубі чистові фланковані
2413	довбачі зубообробні прямозубі чашкові		
2414	довбачі зубообробні косозубі хвостові праві	2482	гребінки зубообробні прямозубі чистові нефланковані
2415	довбачі зубообробні косозубі хвостові ліві		
2416	довбачі зубообробні косозубі дискові праві	2483	гребінки зубообробні прямозубі чорнові
2417	довбачі зубообробні косозубі дискові ліві		
2421	довбачі шліцеві	2484	гребінки зубообробні косозубі чистові праві
2431	шевери дискові праві		
2432	шевери дискові ліві	2485	гребінки зубообробні косозубі чистові ліві
2451	довбачі твердосплавні		
2452	шевери твердосплавні	2486	гребінки зубообробні косозубі чорнові праві
2461	головки зубообробні для конічних коліс з прямими зубцями	2487	гребінки зубообробні косозубі чистові ліві

Код	Вид інструменту	Код	Вид інструменту
9. Протяжки і прошивки			
2310 – протяжки круглі			
2311	сталеві суцільні з одним хвостовиком	2314	сталеві збірні з двома хвостовиками
2312	сталеві суцільні з двома хвостовиками	2315	твердосплавні з одним хвостовиком
2313	сталеві збірні з одним хвостовиком	2316	твердосплавні з двома хвостовиками
2320 – протяжки для нециліндричних отворів			
2321	для тригранних отворів	2324	для шестигранних отворів
2322	для чотиригранних отворів	2325	для восьмигранних отворів
2323	для п'ятигранних отворів	2326	для інших фасонних отворів
2330 – протяжки шліцеві прямобічні			
2331	сталеві з центруванням по зовнішньому діаметру, суцільні з одним хвостовиком	2335	сталеві з центруванням по внутрішньому діаметру суцільні
2332	те саме, з двома хвостовиками	2336	те саме, суцільні з двома хвостовиками
2333	те саме, збірні, з одним хвостовиком	2337	те саме збірні з одним хвостовиком
2334	те саме, збірні, з двома хвостовиками	2338	те саме збірні з двома хвостовиками
		2339	твердосплавні
2340 – протяжки сталеві шліцеві з евольвентним, трикутним та іншими профілями			
2341	суцільні з евольвентним профілем і центруванням по профілю зубців	2343	суцільні з евольвентним профілем і центруванням по зовнішньому діаметру
2342	те саме, збірні	2344	те саме, збірні
		2345	з трикутним профілем
2350 – протяжки шапкові			
2351	сталеві для прямобічних пазів	2353	твердосплавні
2352	сталеві для пазів з фасками		
2360 – протяжки пласкі			
2361	сталеві для оброблення площин	2363	сталеві для оброблення шліцевих валів
2362	твердосплавні для оброблення площин	2364	твердосплавні для оброблення шліцевих валів
2370 – прошивки			
2371	круглі сталеві	2373	шліцеві сталеві
2372	круглі твердосплавні	2374	шліцеві твердосплавні

Коди допоміжних інструментів, які використовують для проектування операційно-налагоджувальних схем технологічних налагоджень (вибірково)

1. Інструменти для токарних верстатів

- 1.1. Патрони для нарізання різі (мітчиками, плашками)
Патрон 6161-XXXX ГОСТ 21938-76
- 1.2. Втулки для плашок до патронів для нарізання різі
Втулка 6140-XXXX ГОСТ 21939-76
- 1.3. Втулки для мітчиків до патронів для нарізання різі
Втулка 6142-XXXX ГОСТ 21940-76

2. Інструменти для токарно-револьверних верстатів

- 2.1. Втулки перехідні з буртом і внутрішнім конусом Морзе
Втулка 6105-XXXX ГОСТ 17178-71
- 2.2. Опорки хитні для насадних розверток
Опорка 6232-XXXX ГОСТ 20506-75
- 2.3. Опорки хитні для розверток з конічним хвостовиком
Опорка 6240-XXXX ГОСТ 20507-75
- 2.4. Опорки хитні для розверток з циліндричним хвостовиком
Опорка 6242-XXXX ГОСТ 20508-75
- 2.5. Патрони повідкові для хитних опорок
Патрон 6155-XXXX ГОСТ 20505-75
- 2.6. Патрони цангові для прутка
Патрон 6151-XXXX ГОСТ 17200-71
- 2.7. Цанги затискні для інструментів з циліндричним хвостовиком
Цанга 6113-XXXX ГОСТ 17201-71
- 2.8. Патрони для мітчиків
Патрон 6161-XXXX ГОСТ 22627-77
- 2.9. Втулки до патронів для мітчиків
Втулка 6142-XXXX ГОСТ 22628-77
- 2.10. Патрони для плашок
Патрон 6161-XXXX ГОСТ 21941-76
- 2.11. Втулки до патронів для плашок
Втулка 6140-XXXX ГОСТ 21942-76

3. Інструменти для токарно-револьверних автоматів

- 3.1. Втулки затискні з буртом для інструментів з циліндричним хвостовиком
Втулка 6117-XXXX XX ГОСТ 18070-72
- 3.2. Втулки затискні для інструментів з циліндричним хвостовиком
Втулка 6107-XXXX XX ГОСТ 18069-72

4. Інструменти для свердлильних та розточувальних верстатів

- 4.1. Втулки перехідні для кріплення інструментів з кінчним хвостовиком
Втулка 6100-XXXX ГОСТ 13598-85
- 4.2. Оправки хитні для насадних розверток з кінчним хвостовиком
Оправка 6230-XXXX ГОСТ 21232-75
- 4.3. Оправки хитні для насадних розверток з хвостовиком конусністю 7:24
Оправка 6230-XXXX ГОСТ 21233-75
- 4.4. Патрони для швидкозмінних інструментів
Патрон 6251-XXXX ГОСТ 14077-83
- 4.5. Втулки перехідні швидкозмінні жорсткі для інструментів з кінчним хвостовиком
(з можливістю регулювання довжини вильоту)
Втулка 6120-XXXX ГОСТ 13409-83
- 4.6. Втулки перехідні швидкозмінні жорсткі для мітчиків (з можливістю регулювання довжини вильоту)
Втулка 6143-XXXX ГОСТ 15936-70
- 4.7. Оправки розточувальні консольні з кріпленням різця під кутом 90° та кінчним хвостовиком
Оправка 6300-XXXX ГОСТ 21221-75
- 4.8. Те ж, з кріпленням різця під кутом 60°
Оправка 6300-XXXX ГОСТ 21222-75
- 4.9. Те ж, з кріпленням різця під кутом 45°
Оправка 6300-XXXX ГОСТ 21223-75
- 4.10. Оправки розточувальні консольні з хвостовиком конусністю 7:24 з кріпленням різця під кутом 90°
Оправка 6300-XXXX ГОСТ 21224-75
- 4.11. Те ж, з кріпленням різця під кутом 60°
Оправка 6300-XXXX ГОСТ 21225-75
- 4.12. Те ж, з кріпленням різця під кутом 45°
Оправка 6300-XXXX ГОСТ 21226-75
Оправка 6222-XXXX ГОСТ 26541-85
- 4.13. Оправки з конусністю 7:24 для насадних торцевих фрез для верстатів з ЧПК
Оправка 6222-XXXX ГОСТ 26538-85
- 4.14. Оправки з торцевою шпонкою та кінчним хвостовиком (конус Морзе) для торцевих фрез
Оправка 6220-XXXX ГОСТ 13041-83

5. Інструменти для фрезерних верстатів

- 5.1. Оправка з циліндричною цапфою та хвостовиком конусністю 7:24 для горизонтально-фрезерних верстатів
Оправка 6225-XXXX ГОСТ 15067-75
- 5.2. Те ж, з підтримуючою втулкою
Оправка 6225-XXXX ГОСТ 15068-75
- 5.3. Оправка з хвостовиком (конус Морзе) і з циліндричною цапфою для горизонтально-фрезерних верстатів
Оправка 6224-XXXX ГОСТ 15069-75
- 5.4. Те ж, з підтримуючою втулкою
Оправка 6224-XXXX ГОСТ 15070-75

Коди верстатних пристроїв, які використовують для проектування операційно-налагоджувальних схем технологічних налагоджень (вибірково)

1. Патрони самоцентрувальні двокулачкові
Патрон 7102-XXXX ГОСТ 14903-69
2. Патрони самоцентрувальні трикулачкові
Патрон 7100-XXXX ГОСТ 2675 -80
3. Патрони самоцентрувальні дво- та трикулачкові клинові та важільно-клинові
Патрон 7102-XXXX-X-XX ГОСТ 24351-80
4. Патрони токарні повідкові
Патрон 7108-XXXX ГОСТ 2571 -71
5. Патрони повідкові для різевих кінців шпинделів
Патрон 7108-XXXX ГОСТ 2572 -71
6. Оправки з розрізними цапгами для точних робіт (базування деталей по отвору та торцю)
Оправка 7112-XXXX ГОСТ 31.1066.02-85
7. Кондуктори скальчасті консольні з пневматичним затиском
Кондуктор 7300-XXXX ГОСТ 16889-71
8. Кондуктори скальчасті порталні з пневматичним затиском
Кондуктор 7300-XXXX ГОСТ 16892-71
9. Центри верстатні обертові
Центр 2842-XXXX ГОСТ 8742 -75
10. Хомутики повідкові для токарних та фрезерних робіт
Хомутик 7107-XXXX ГОСТ 2578 -70
11. Хомутики повідкові для шліфувальних робіт
Хомутик 7107-XXXX ГОСТ 16488-70
12. Центри верстатні упорні
Центр 2844-XXXX ГОСТ 2575 -79
13. Гідроциліндри односторонньої дії з суцільним штоком на номінальний тиск 10 МПа (100 атм.) для верстатних пристроїв
Циліндр 7021-XXXX ОСТ 2 Г21-3-86
14. Гідроциліндри односторонньої дії з порожнистим штоком на номінальний тиск 10 МПа (100 атм.) для верстатних пристроїв
Циліндр 7021-XXXX ОСТ 2 Г21-4-86
15. Гідроциліндри двосторонньої дії на номінальний тиск 10 МПа (100 атм.) для верстатних пристроїв
Циліндр 7021-XXXX ОСТ 2 Г22-3-86
16. Пневмоциліндри обертові з повітрепідвідною муфтою
Пневмоциліндр 7020-XXXX ГОСТ 21821-76

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аграновский А.Л., Ланда В.М. Проектирование технологических процессов с использованием оргавтоматов. – К.: Техніка, 1985. – 96 с.
2. Агрегатные станки средних и малых размеров / Под общ. ред. Ю.В. Тимофеева. – М.: Машиностроение, 1985. – 248 с.
3. Альбом по проектированию приспособлений / Базров Б.М., Сорокин А.И., Губарь В.А. и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 121 с.
4. Ансеров Н.А. Приспособления для металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1975. – 300 с.
5. Антонюк В.Е., Королев В.А., Башеев С.М. Справочник конструктора по расчету и проектированию станочных приспособлений. – Минск: Беларусь, 1969. – 420 с.
6. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. – М.: Машиностроение, 1978.
7. Баранчукова И.М., Гусев А.А., Ковальчук Е.Р. и др. Проектирование технологии / Под общ. ред. Ю.М.Соломенцева. – М.: Машиностроение, 1990. – 416 с.
8. Богуслаев В.А., Леховицер В.А., Смирнов А.С. Станочные приспособления. – Запорожье: Изд-во ОАО "Мотор Сич", 2000. – 461 с.
9. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування технологічного спорядження. – Львів: Світ, 2001. – 296 с.
10. Божидарнік В.В, Григор'єва Н.С., Шабайкович В.А. Технологія виготовлення деталей виробів: Навч. посібник. – Луцьк: Надстир'я, 2006. – 592 с.
11. Болотин Х.Л., Костромин Ф.П. Станочные приспособления. – М.: Машиностроение, 1979. – 300 с.
12. Боровский Г.В., Григорьев С.Н., Маслов А.Р. Справочник инструментальщика / Под общ. ред. А.Р. Маслова. – М.: Машиностроение, 2005. – 464 с.
13. Верейна Л.И. Обработка на строгальных и долбежных станках. Справочник. Библиотека технолога. – М.: Машиностроение, 2002. – 394 с.
14. Гавриш А. П., Ефремов А.И. Автоматизация технологической подготовки машиностроительного производства. – К.: Техніка, 1982. – 215 с.
15. Гельфгат Ю.И. Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения. – М.: Высшая школа, 1986. – 271 с.
16. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Минск: Высшэйшая школа, 1983. – 256 с.
17. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1979. – 300 с.
18. Григурко І.О., Брендюля М.Ф., Доценко С.М. Технологія машинобудування (дипломне проектування): Навч. посібник. – Львів: Новий Світ-2000, 2007. – 767 с.
19. Григурко І.О., Брендюля М.Ф., Доценко С.М. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування). – Львів: Новий Світ – 2000, 2006. – 576 с.

20. Гришкевич А.В., Цымбал И.Л. Проектирование операций механической обработки. – Харьков: Вища школа, 1985. – 144 с.
21. Гусев А.А., Ковальчук Е.Р., Колесов И.М. и др. Технология машиностроения (специальная часть). – М.: Машиностроение, 1986. – 460 с.
22. Долматовский Г.А. Справочник технолога по обработке металлов резанием. М.: Госуд. научн.-техн. изд-во машиностр. лит-ры, 1962. – 1239 с.
23. Егоров М.Е. Основы проектирования машиностроительных заводов. – М.: Высшая школа, 1969. – 480 с.
24. Егоров М.Е., Дементьев В.И., Дмитриев В.Л. Технология машиностроения. – М.: Высш. шк., 1976. – 526 с.
25. Ермаков Ю.М. Комплексные способы эффективной обработки резанием. Библиотека технолога. – М.: Машиностроение, 2005. – 272 с.
26. Канарчук В.Е., Токаренко В.М., Балабашов А.Н. Основы проектирования и реконструкции механических цехов и участков машиностроительных и ремонтных производств. – К.: Вища школа, 1988. – 224 с.
27. Ковшов А.Н. Технология машиностроения. – М.: Машиностроение, 1987. – 320 с.
28. Когут М.С. Механоскладальні цехи і дільниці у машинобудуванні. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2000. – 352 с.
29. Лебедев Л.В., Мнацаканян В.У., Погонин А.А. и др. Технология машиностроения. – М.: Академия, 2006. – 528 с.
30. Мамаев В.С., Осипов Е.Г. Основы проектирования машиностроительных заводов. – М.: Машиностроение, 1974. – 290 с.
31. Маталин А.А. Технология машиностроения. – Ленинград: Машиностроение, 1985. – 496 с.
32. Мельников Г.Н., Вороненко В.П. Проектирование механосборочных цехов. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.
33. Металорізальні інструменти. Проектування: Навч. посібник / Кукляк М.Л., Афтаназів І.С., Юрчишин І.І. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2003. – 556 с.
34. Мосталыгин Г.П., Толмачевский Н.Н. Технология машиностроения. – М.: Машиностроение, 1990. – 288 с.
35. Нефедов Н.А. Дипломное проектирование в машиностроительных колледжах. – М.: Высшая школа, 1986. – 239 с.
36. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту. – М.: Машиностроение, 1984. – 445 с.
37. Новиков М.П. Основы технологии сборки машин и механизмов. – М.: Машиностроение, 1980 – 592 с.
38. Обработка металлов резанием. Справочник технолога / Под ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение, 2004. – 784 с.

39. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Массовое производство. – М.: Машиностроение, 1974. – 136 с.
40. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть II. Нормативы режимов резания. – М.: Центр. бюро нормативов по труду Госуд. ком. СССР по труду и социальным вопросам, 1990. – 473 с.
41. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарно-сборочные работы при сборке машин (массовое и крупносерийное производство). – М.: ЦБНТ, НИИТ, 1973. – 148 с.
42. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарно-сборочные работы. Серийное производство. – М.: Машгиз, 1964.
43. Общемашиностроительные нормативы режимов резания и времени для технического нормирования. – М.: Машгиз, 1965.
44. Отделочные операции в машиностроении: Справочник / Под общ. ред. П.А. Руденко. – К.: Техніка, 1990. – 150 с.
45. Размерный анализ конструкций: Справочник / С.Г. Бондаренко, О.Н. Чердынников, В.П. Губий, Т.М. Игнатцев; Под общ. ред. С.Г. Бондаренко. – К.: Техніка, 1989. – 150 с.
46. Размерный анализ технологических процессов обработки / И.Г. Фридендер, В.А. Иванов, М.Ф. Барсуков, В.А. Слуцкер; Под общ. ред. И.Г. Фридендера. – Ленинград: Машиностроение, 1987. – 141 с.
47. Расчеты экономической эффективности новой техники. Справочник / Под общ. ред. К.М. Великанова. – Ленинград: Машиностроение, 1990. – 448 с.
48. Режимы резания. Справочник / Под общ. ред. Ю.В. Барановского. – М.: Машиностроение, 1973. – 407 с.
49. Руденко П.О. Проекування технологічних процесів у машинобудуванні. – Київ: Вища школа, 1993. – 414 с.
50. Руденко П.А., Павленко П.Н. Оптимизация структуры технологической операции обработки детали с ЭПЖ на многооперационном станке // Автоматизация производственных процессов в машиностроении и приборостроении. – Львов, 1988. – Вып. 27. – 128 с.
51. Руденко П.А., Харламов Ю.А., Плескач В.М. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. – К.: Вища шк., 1991. – 242 с.
52. Руденко П.О., Харламов Ю.О., Шустик О.Г. Вибір, проектування і виробництво заготовок деталей машин. – К.: Вища школа, 1993. – 288 с.
53. Рудь В.Д. Курсове проектування з технології машинобудування: Навч. Посібник. – Луцьк: ІСДО, 1996. – 300 с.
54. Руководство к дипломному проектированию по технологии машиностроения, металлорежущим станкам и инструментам // Под общ. ред. Л.В. Худобина. – М.: Машиностроение, 1988. – 288 с.

55. Сборка и монтаж изделий машиностроения: Справочник. В 2-х т. / Под ред. В.С. Корсакова, В.К. Замятина. – М.: Машиностроение, 1983.

56. Справочник инструментальщика / Под ред. Ординарцева П.Л. – М.: Машиностроение, 1989. – 756 с.

57. Справочник машиностроителя. В 6-и т. / Под ред. Э.А. Сатяля. – М.: Машгиз, 1956. – 760 с.

58. Справочник нормировщика-машиностроителя. Техническое нормирование станочных работ / Под ред. Стружестраха Е.И. – М.: Машиностроение, 1961. – 900 с.

59. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой и др. – М.: Машиностроение, 2003.

60. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. / Под ред. В.М. Кована. – М.: Машгиз, 1963.

61. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. / Под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова. – М.: Машиностроение, 1984.

62. Стискин Г.М., Топчиев В.А., Корнилов В.Н. Схемы типовых технологических наладок металлорежущих станков. Альбом. – Липецк, 1989. – 176 с.

63. Терликова Т.Ф., Мельников А.С., Баталов В.И. Основы конструирования приспособлений. – М.: Машиностроение, 1980. – 120 с.

64. Технологичность конструкции изделия: Справочник / Ю.Д. Амиров, Т.К. Алферова, П.Н. Волков и др.; Под общ. ред. Ю.Д. Амирова. – М.: Машиностроение, 1990. – 768 с.

65. Технология машиностроения (специальная часть) / С.А. Картавов. – Київ: Вища школа, 1984. – 272 с.

66. Токаренко В.М. Технологія автодорожного машинобудування і ремонт машин: Курсове проектування. – Київ: Вища школа, 1992. – 127 с.

67. Уткин Н.Ф. Приспособления для механической обработки. – Ленинград: Лениздат, 1983. – 175 с.

68. Худобин Л.В., Гурьянихин В.Ф., Берзин В.Р. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебн. пособие. – М.: Машиностроение, 1989. – 288 с.

69. Экономика и организация производства в дипломных проектах / Под ред. К.М. Великанова. – Ленинград: Машиностроение, 1986. – 285 с.

Книги для навчання і роботи!



Кодра Ю. В., Стоцько З. А.
**КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН**

*Навчальний посібник. – 2008. – 312 с.
ФІSBN 978-966-553-803-5*

Коротко викладено метрологічні основи контролю лінійних розмірів, розглянуто елементи і структуру засобів вимірювань, контрольно-вимірювальні пристрої, що ґрунтуються на різних фізичних явищах і застосовуються як в автоматизованому технологічному обладнанні, так і у спеціальних контрольно-сортувальних автоматах. Розглянуто пристрої автоматичного активного і післяопераційного контролю, а також типові схми контрольно-сортувальних автоматів.

Навчальний посібник може бути використаний під час вивчення дисциплін, що стосуються проектування технологічного обладнання із засобами автоматичного контролю, під час виконання курсових та дипломних проектів студентами машинобудівних спеціальностей, а також може бути корисний інженерно-технічним працівникам підприємств, що працюють у галузі автоматичного контролю.

Видавництво Львівської політехніки

вул. Ф. Колесси, 2, каб. 23А, м. Львів, 79000

тел./факс (032) 258-22-42, тел. (032) 258-21-46, vlp.com.ua, vmr@vlp.com.ua



НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Юрчишин Ігор Іванович
Литвиняк Ярослав Мирославович
Грицай Ігор Євгенович
Кукляк Микола Лук'янович
Кусий Ярослав Маркіянович
Ступницький Вадим Володимирович
Яцюк Василь Антонович
Кук Андрій Михайлович
Махоркін Євгеній Миколайович
Свізінський Василь Павлович

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

Редактор *Галина Клим*
Технічний редактор *Лілія Саламін*
Комп'ютерне верстання *Олени Катачиної*
Художник-дизайнер *Уляна Кеleman*

Здано у видавництво 13.08.09. Підписано до друку 22.09.09.
Формат 70×100^{1/16}. Папір офсетний. Друк офсетний.
Умовн. друк. арк. 8,9. Обл.-вид. арк. 7,8.
Наклад 300 прим. Зам. 90213.

Видавництво Національного університету "Львівська політехніка"
Поліграфічний центр Видавництва
Національного університету "Львівська політехніка"
Рестраційне свідоцтво серії ДК № 751 від 27.12.2001 р.

вул. Ф. Колесси, 2, Львів, 79000
тел. +38 (032) 258 21 46, факс +32 (032) 258 21 36
vlp.com.ua, ел. пошта: vmr@vlp.com.ua

