

Державний заклад
«Луганський національний університет
імені Тараса Шевченка»

СКІБІНА ОЛЕНА ВОЛОДИМИРІВНА

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

Навчально-методичний посібник



Міністерство освіти і науки України
Державний заклад
«Луганський національний університет
імені Тараса Шевченка»

Кафедра професійної освіти, ресторанного і туристичного
бізнесу

Скібіна О. В.

**ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ
НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ ПОСІБНИК**

для самостійної і індивідуальної роботи

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
денної та заочної форм навчання
спеціальності 015.38 «Професійна освіта»
освітньої-професійної програми «Транспорт»

Полтава
ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка»
2024

УДК 621(076)
ББК 34.4р 3
С42

Рецензенти:

- Козуб Юрій** – професор кафедри математики і інформатики ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», доктор технічних наук, професор
- Маринченко Євгеній** – доцент кафедри професійної освіти та технологій Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка, доктор філософії, доцент

Технологія машинобудування : навчально-методичний посібник для самостійної і індивідуальної роботи (Для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня денної та заочної форм навчання спеціальності 015.38 «Професійна освіта» освітньої-професійної програми «Транспорт») / укладач : О.В. Скібіна. Держ. закл. «Луган. нац. ун-т імені Тараса Шевченка». Полтава : Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2024. 115 с.

Навчально-методичний посібник для самостійної і індивідуальної роботи з дисципліни «Основи технології машинобудування» містить короткі теоретичні відомості; загальні рекомендації до виконання індивідуального завдання; індивідуальні завдання для кожної з тем дисципліни, список рекомендованої літератури.

Навчально-методичний посібник призначено для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 015.38 «Професійна освіта» освітньої-професійної програми «Транспорт».

Рекомендовано до друку навчально-методичною радою ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка» (протокол № 12 від 21 червня 2024 року)

© Скібіна О. В., 2024.

© ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2024.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 РОЗДІЛ I ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПРОЦЕСИ В МАШИНОБУДІВНОМУ ВИРОБНИЦТВІ	7
1.1 Аналіз вихідних даних для проектування технологічних процесів	7
1.2 Відпрацювання конструкції виробу на технологічність	18
1.3 Визначення типу виробництва	28
1.4 Вибір методу отримання заготовок	39
1.5 Питання до розділу I	47
2 РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВОК І СКЛАДЕННЯ МАШИН	49
2.1 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовок деталі	
2.2 Призначення припусків на обробку поверхонь	59
2.3 Призначення режиму різання при свердлінні, зенкеруванні і розгортанні	71
2.4 Розрахунок режиму різання при фрезеруванні	78
2.5 Розрахунок технологічної собівартості	84
2.6 Питання до розділу II	93
ЛІТЕРАТУРА	94
ДОДАТКИ	96

ВСТУП

Дисципліна «Основи технології машинобудування» складена на основі освітньо-професійної програми «Транспорт» підготовки здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 015.38 «Професійна освіта. Транспорт».

Навчальна дисципліна «Основи технології машинобудування» охоплює питання організації машинобудівного виробництва, знайомить здобувачів із сутністю і змістом технологічних процесів виготовлення деталей, складання вузлів і машин, принципами їх (технологічних процесів) проектування. Курс «Основи технології машинобудування» є вибіркоким компонентом підготовки бакалаврів і його викладання здійснюється після освоєння здобувачами загально освітніх фундаментальних дисциплін: «Нарисна геометрія», «Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство», «Теоретична механіка», «Деталі машин», «Теорія машин і механізмів» та є необхідним для формування технічної обізнаності і кваліфікації майбутнього фахівця.

Основним завданням дисципліни – надання студентам цілісних знань про сучасну технологію виготовлення машин та їх елементів на машинобудівних підприємствах різного профілю, про оснащення (верстати, пристрої, інструменти), їх технологічні можливості й використання із врахування типу виробництва й особливостей конструкції машини, про методику розробки технологічних процесів механічної обробки заготовок та складання машин.

У пропонованому навчально-методичному посібнику представлені всі основні етапи технологічного проектування в машинобудівному виробництві, пов'язаного із збіркою виробів і механічною обробкою деталей. Розглянуті етапи технологічного проектування відповідають послідовності їх викладу в курсі „Основи технології машинобудування”, включеному в загальноосвітні стандарти технічних спеціальностей.

Особлива увага приділена послідовному розгляду наступних питань: проектування технологічних процесів

збірки; аналіз вихідних даних для розробки технологічних процесів виготовлення деталей машин; обґрунтування методу здобуття заготовок; розробка маршрутних і операційних технологічних процесів; технологічне забезпечення якості виробів.

Кожен розділ навчально-методичного посібника включає коротку теоретичну частину, приклади вирішень типових завдань, набори вправ і завдань, окремі довідкові дані. Така структура навчального посібника дозволяє рекомендувати його як для групових занять з викладачем, так і для самостійного використання здобувачами вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 015.38 «Професійна освіта. Транспорт».

В результаті вивчення дисципліни здобувач має

знати: особливості виготовлення різних видів заготовок; принципи базування заготовок при їх обробці на верстатах; методи обробки заготовок різанням; вплив якості поверхневого шару деталі на її довговічність та працездатність; принципи проектування технологічних процесів механічної обробки; основи нормування;

вміти: аналізувати робоче креслення деталі з точки зору технологічності виготовлення; розраховувати припуски на обробку; вибирати оптимальний спосіб виготовлення заготовок; складати план обробки деталі, вибирати устаткування, різальні та вимірювальні інструменти; визначати техніко-економічні показники технологічного процесу.

Вивчення дисципліни «Основи технології машинобудування» сприятиме формуванню таких загальних і спеціальних (фахових) компетентностей:

ЗК 1. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК 2. Здатність виявляти ініціативу та підприємливість.

СК 1. Здатність аналізувати ефективність проектних рішень, пов'язаних з підбором, експлуатацією, удосконаленням, модернізацією технологічного обладнання та устаткування галузі/сфери відповідно до спеціалізації.

СК 2. Здатність використовувати відповідне програмне забезпечення для вирішення професійних завдань, відповідно до спеціалізації.

СК 3. Здатність використовувати у професійній діяльності основні положення, методи, принципи фундаментальних та прикладних наук.

СК 4. Здатність виконувати розрахунки технологічних процесів в галузі.

СК 5. Здатність збирати, аналізувати та інтерпретувати інформацію (дані) відповідно до спеціалізації.

СК 6. Здатність організувати ефективну діяльність структурних підрозділів підприємств автомобільного транспорту з експлуатації, технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів, їх систем та елементів.

1 РОЗДІЛ I

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПРОЦЕСИ В МАШИНОБУДІВНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

1.1 Аналіз вихідних даних для проєктування технологічних процесів

Мета роботи – навчитися аналізувати робочі креслення деталей при розробці технологічних процесів (ТП) механічної обробки.

1.1.1 Загальні положення

Проєктування технологічного процесу механічної обробки є комплексним завданням, для вирішення якого у конкретних умовах треба знайти оптимальний варіант отримання деталі, забезпечивши при цьому якість і точність обробки відповідно до технічних умов.

Мета проєктування технологічних процесів передбачає наступне:

- встановити тип виробництва з попереднім розрахунком темпу або розміру партії;
- вибрати метод отримання заготовки і сформулювати виявлені вимоги до неї;
- скласти план обробки заготовки із зазначенням прийнятих баз, послідовності та змісту технологічних операцій і переходів;
- визначити проміжні припуски та допуски на розміри заготовки по переходах;
- встановити режими різання та норми часу на операції;
- визначити необхідне обладнання, пристрої, робочі й вимірвальні інструменти, а також потрібну робочу силу.

Крім того, запроєктований технологічний процес сприяє визначенню вихідних даних для організації постачання основними й допоміжними матеріалами, календарного планування, технічного контролю, інструментального та транспортного господарства.

Технологічні процеси розробляють при проєктуванні нових і реконструкції діючих підприємств, а також при організації виготовлення нових видів продукції. Крім того, на

діючих підприємствах при випуску освоєних виробів має місце коригування або розробка нових технологій. Це пов'язано з поточним конструктивним удосконаленням об'єктів виробництва та впровадженням останніх досягнень науки й техніки у даній галузі.

Під час проектування нових і реконструкції діючих підприємств розроблені процеси є основою всього проекту. Він визначає потрібне обладнання, виробничі площі, транспортні засоби, матеріали, необхідну робочу силу. Від рівня технологічних розробок залежать техніко-економічні показники діяльності підприємства.

При організації випуску на діючому підприємстві нових об'єктів розробка технологічних процесів відбувається перед комплексом підготовчих і організаційних робіт. На її підставі виявляються можливості застосування існуючого та необхідність придбання нового обладнання, визначається необхідна кількість робочої сили, інструментів, транспортних засобів та ін.

Для розробки технологічних процесів механічної обробки деталей, вибору і проектування технологічної оснастки, розрахунку режимів різання та технічних норм часу на обробку деталей необхідні вихідні дані й матеріали: робоче креслення деталі та складальної одиниці; робоче креслення заготовки; технічні умови на виготовлення, що характеризують точність і якість обробки її поверхні, а також особливі вимоги (твердість, структура, термічна обробка, балансування); програма випуску деталей; умови здійснення розробленого технічного процесу (діюче виробництво, перспективний процес); термін (у роках), протягом якого повинна бути виконана програма випуску деталей. У випадку нерівномірного за часом випуску, програмне завдання вказується за роками або іншими періодами часу.

При проектуванні процесів для діючих або реконструктивних підприємств необхідно також мати відомості про наявне обладнання, нормалізовану та спеціальну оснастку, площу та інші місцеві виробничі умови.

У процесі розробки технологічних процесів користуються різними довідковими та нормативними матеріалами: каталогами і паспортами обладнання; стандартами на інструменти, деталі та

вузли пристроїв; стандартами і нормами на різальний і вимірювальний інструмент; нормативами за точністю та шорсткістю; стандартами та виробничими нормами на припуски і допуски для поковок, штампувальних заготовок, зливок і заготовок з прокату; заводськими або галузевими нормами операційних припусків і допусків; нормами точності верстатів і пристроїв; розробленими типовими технологічними процесами обробки аналогічних деталей; відомчими галузевими нормативами; керівними матеріалами по режимах різання та нормах часу, що розроблені на підприємстві.

Грамотно виконане креслення деталі дає вичерпну інформацію про її форму, розміри, точність розмірів, форми і розташування, шорсткості поверхні, матеріали, твердості, якості поверхневого шару, габаритах і масі деталі, використаних стандартах і технічних умовах, способі маркіровки та ін. Креслення деталі середньої складності містить близько сотні характеризуючих її параметрів.

Завдання фахівця – спроектувати ТП так, щоб жоден параметр не залишився без уваги. В першу чергу, необхідно чітко уявити собі службове призначення деталі і умови її роботи.

Під **службовим призначенням** деталі розуміють характер виконуваних нею службових функцій (передача зусилля або крутячого моменту, переміщення, фіксація, поворот, базування і та ін.) і вимоги до їх виконання (точність, довговічність, надійність та ін.)

Під **умовами роботи** деталі розуміють якісну і кількісну характеристику чинників, що впливають на неї (характер і величину навантажень, напругу в небезпечних перетинах, тертя в контакті, швидкість, тиск, температура, характер зношування і та ін.).

Деталь містить багато поверхонь, кожна з яких виконує певні функції. За допомогою одних поверхонь деталь виконує своє службове призначення, інші поверхні служать для установки деталі у вузлі або для приєднання інших деталей. Треті поверхні не беруть участь в роботі і служать для додання деталі певної форми. Відповідно до різного призначення поверхонь розрізняються і вимоги до них. Щоб проаналізувати

ці вимоги необхідно систематизувати поверхні деталі по їх службовому призначенню.

Поверхні деталі діляться на тих, що *сполучаються* взаємодіють з поверхнею іншої деталі, і *вільні*, оформляючи конфігурацію деталі. У свою чергу, поверхні, що сполучаються, можуть виконувати різні функції. *Виконавчі* - поверхні, за допомогою яких виріб виконує своє службове призначення безпосередньо (поверхня шківів, що стикається з приводним пасом, поверхня різи в гвинтових механізмах, робоча поверхня зубів коліс, поверхні лопаток, що взаємодіють із робочим середовищем у твердому, рідкому, газоподібному станах, поверхні відбивачів світлових, теплових і інших потоків).

Під час обробки деталей та вузлів на верстатах вони повинні бути правильно орієнтовані відносно механізмів і вузлів верстатів, які визначають траєкторію руху інструментів.

Базою в машинобудуванні називають поверхню, лінію або точку деталі, щодо якої орієнтуються інші деталі виробу або інші поверхні даної заготовки при їх конструюванні, складанні, механічній обробці та вимірюванні.

За своїм призначенням бази поділяються на конструкторські, вимірювальні та технологічні.

Поверхні деталі, що визначають положення даної та інших деталей у вузлі (складальній одиниці), називають *конструкторськими базами*. Розрізняють основні і допоміжні конструкторські бази.

Основні конструкторські бази (ОБ) – це конструкторські бази, що визначають положення деталі в складальній одиниці. ОБ позбавляють деталь необхідного числа ступенів свободи – переміщення уздовж координатних осей і поворотів довкола цих осей.

Допоміжні конструкторські бази (ДБ) – це конструкторські бази, що визначають положення приєднаних деталей відносно даної деталі. За допомогою ДБ дана деталь позбавляє приєднані деталі певного числа ступенів свободи. Перед систематизацією всі поверхні деталі нумерують по порядку, починаючи з 1. Номери поверхонь вказують на кресленні деталі синім або фіолетовим кольором в кулях на винесеннях. При цьому допускається пересічення винесеннями

основних і допоміжних ліній креслення (при виконанні учбового завдання допускається позначення поверхонь чорним кольором, при цьому число пересічень необхідно звести до мінімуму). Розмір цифр, що позначають поверхню, на 1-2 номери більше цифр, що позначають розміри.


При складанні елементів машини необхідно забезпечити правильне розміщення деталей і вузлів у складальних одиницях, а при обробці заготовок їх необхідно правильно орієнтувати щодо елементів верстата. Завдання взаємного орієнтування виробів у складальних одиницях і заготовок при обробці вирішуються їх базуванням.


Базування – надання заготовці або виробу необхідного положення щодо обраної системи координат (ДСТУ 2232-93).

При механічній обробці заготовок на верстатах базуванням прийнято вважати надання заготовці необхідного положення щодо елементів верстата. Фіксація положення, досягнутого при базуванні, здійснюється закріпленням заготовок. У зв'язку з цим при установці заготовок перед обробкою вирішуються два завдання: базування і закріплення.

Відомо, що будь-яке матеріальне тіло в тривимірному просторі має шість ступенів свободи – три переміщення уздовж координатних осей і три обертання навколо цих осей. При базуванні на тіло накладається деяке число позиційних зв'язків (обмежники переміщень та обертань), що позбавляють його визначених ступенів вільності.

Таким чином визначається числове значення положення по відповідній координаті. У реальних умовах базування позиційні зв'язки замінюються контактом відповідних поверхонь або опорних точок заготовки і пристосування. Число опорних точок заготовки повинно бути таким, що дорівнює числу замічених ними позиційних зв'язків. При цьому під опорною точкою мається на увазі ідеальна точка контакту, що позбавляє заготовку одного ступеня вільності. Згідно з ДСТУ2232-93 опорні точки позначають:

 - для вигляду збоку,

 - для вигляду зверху.

При аналізі вихідних даних для розробки ТП механічної обробки деталі поверхні ділять на 4 групи: в, ОБ, ДБ, В. При цьому деякі поверхні можуть виконувати декілька функцій і відповідно відноситися до декількох типів (наприклад: В і ДБ).

Далі необхідно перевірити повноту завдання вимог до вузла або деталі на кресленні. Так, на кресленні деталі мають бути вказані марка матеріалу і вигляд заготовки (відливання, поковка, прокат) із зазначенням на відповідні стандарти і задана твердість всіх поверхонь. Мають бути представлені всі розміри, необхідні для виготовлення і контролю – величина кожної поверхні (довжина, ширина, висота, радіус), її положення (відстань від осі або іншої поверхні, кут), довідкові розміри (отримувані по іншому кресленню, замикаючі розміри ланцюга). На кожен розмір має бути задана точність у вигляді поля допуску або граничних відхилень, проставлених біля номінального розміру або в технічних вимогах.

На кожну поверхню має бути призначена шорсткість умовним знаком на контурній або виносній лінії, або в правому верхньому кутку креслення. Мають бути задані необхідні допуски форми і розташування – прямолінійності, площинності, круглості, циліндричності, профілю подовжнього перетину і тому подібне у вигляді умовного позначення або пункту технічних вимог.

Перевіряють також правильність завдання вимог на кресленні. Всі вимоги мають бути задані за ДСТУ і стандартам підприємств, щоб виключити їх неоднозначне тлумачення. Розміри повинні задаватися переважно від однієї бази. Форма і розміри шпонкових пазів, фасок, канавок, радіусів переходів і ін. елементів повинні відповідати ДСТУ.

Після аналізу креслення деталі вихідні дані заносять в таблицю (див. таблиці. 1.3), в якій вказують номер, тип і форму кожної поверхні, їх розміри з допусками і квалітет, точність, вид і величину погрішностей форми і розташування, квалітет точності, що відповідає цій величині, шорсткість.

Якщо точність розмірів на кресленні вказана у вигляді індексу посадки і квалітета (наприклад, 50к6) або у вигляді відхилень (наприклад - $\begin{matrix} +0,018 \\ +0,002 \end{matrix}$), або в пункті технічних вимог

вказівкою посадки і квалітета (наприклад, $h14 \pm IT14/2$), то для заповнення граф 5 і 6 таблиці 1.4 відомості беруть з таблиці 1 і додатка 2. Якщо точність форми або розташування задана умовним позначенням з вказівкою граничного відхилення Td по ДСТУ ISO 286-1-2002, то умовний квалітет точності визначають по таблиці 2.

Довідкові дані

Таблиця 1

Граничні відхилення валів

Розм мм,	Граничні відхилення, мкм										
	g6	k6	f7	k7	e8	k8	d9	d10	d11	b12	b14
10	-5	+10	-13	+16	-25	+23	-40	-40	-40	-150	-150
	-14	+1	-28	+1	-47	+1	-75	-98	-130	-300	-510
18	-6	+12	-16	+19	-32	+28	-50	-50	-50	-150	-150
	-17	+1	-34	+1	-59	+1	-93	-120	-160	-330	-580
30	-7	+15	-20	+23	-40	+35	-65	-65	-65	-160	-160
	-20	+2	-41	+2	-73	+2	-117	-149	-195	-370	-680
50	-9	+18	-25	+27	-50	+41	-80	-80	-80	-170	-170
	-25	+2	-50	+2	-89	+2	-142	-180	-240	-420	-790
80	-10	+21	-30	+32	-60	+48	-100	-100	-100	-190	-190
	-29	+2	-60	+2	-106	+2	-174	-220	-290	-490	-930
120	-12	+25	-36	+38	-72	+57	-120	-120	-120	-220	-220
	-34	+3	-71	+3	-126	+3	-207	-260	-340	-570	-1090
180	-14	+28	-43	+43	-85	+66	-145	-145	-145	-280	-280
	-39	+3	-83	+3	-148	+3	-245	-305	-395	-680	-1280
250	-15	+33	-50	+50	-100	+76	-170	-170	-170	-380	-380
	-44	+3	-96	+4	-172	+4	-285	-355	-460	-840	-1530
315	-17	+36	-56	+56	-110	+85	-190	-190	-190	-480	-480
	-49	+4	-108	+4	-191	+4	-320	-400	-510	-1000	-1780
400	-18	+40	-62	+61	-125	+93	-210	-210	-210	-600	-600
	-54	+4	-119	+4	-214	+4	-350	-440	-570	1170	-2000
500	-20	+45	-68	+68	-135	+101	-230	-230	-230	-760	-760
	-60	+5	-131	+5	-232	+4	-385	-480	-630	1340	-2310
630	-22	+44	-76	+70	-145		-260	-260	-260		
	-66	0	-146	0	-255		-435	-540	-700		
800	-24	+50	-80	+80	-160		-290	-290	-290		
	-74	0	-160	0	-285		-490	-610	-790		
1000	-26	+56	-86	+90	-170		-320	-320	-320		
	-82	0	-176	0	-310		-550	-680	-880		

Таблиця 2

Допуски форми і розташування в мкм

Розмір, мм	Радіальне биття, співісна, симетричність для квалітета										
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	
	Паралельність, перпендикулярність, торцеве биття для квалітета										
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	
	Площинна, прямолінійність, циліндрічність, кругла, профіль подовжнього перетину для квалітета										
	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
Св. 10 до 16	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200
“ 16 “ 25	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250
“ 25 “ 40	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300
“ 40 “ 63	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400
“ 63 “ 100	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500
“ 100 “ 160	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600
“ 160 “ 250	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800
“ 250 “ 400	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000
“ 400 “ 630	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200
“ 630 “ 1000	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600

1.1.2 Приклад виконання самостійної роботи №1

По складальному кресленню (07.ТМ.13.001) Деталь «Вал-шестерня») виконати робоче креслення заданої деталі. Описати службове призначення і умови роботи деталі. Пронумерувати і систематизувати поверхні деталі. Проаналізувати технічні вимоги до деталі.

А) Службове призначення і умови роботи деталі

Деталь «Вал-шестерня», креслення 07.ТМ.13.001, є бистрохідним валом циліндрового редуктора і призначена для передачі крутячого моменту від приводу до проміжного валу редуктора. Вал-шестерня отримує обертання від приводу через муфту, встановлену на пов. 4 на шпонці, і сприймає крутячий момент бічними поверхнями 3 шпонкового паза. Вал-шестерня передає крутячий момент бічними поверхнями 12 зубів зубчастого вінця зубам вінця проміжного валу. Вал-шестерня встановлений в підшипниках кочення в корпусі редуктора.

Вал-шестерня працює в умовах дії радіального знакозмінного зосередженого навантаження і крутячого моменту. Зуби зубчастого вінця випробовують дію вигинаючого зусилля, контактного тиску і сил тертя. Під дією останніх відбуваються нагрів і зношування зубів.

Б) Систематизація поверхонь

Усі поверхні деталі на ескізі нумеруємо і систематизуємо по їх призначенню.

Виконавчі поверхні (В), виконують службові функції валу-шестерні – передачу крутячого моменту - бічні поверхні 12 зубів і бічні пов. 3 шпонкового пазу.

Основні конструкторські бази (ОБ), що визначають положення вал-шестерні в редукторі – циліндричні підшипникові шийки, пов. 6 та 17, і торцева пов. 8.

Допоміжні конструкторські бази (ДБ), що визначають положення приєднаних деталей - циліндрична пов. 4, торцева пов. 5, паз шпонки, пов. 2 і 3, торцева пов. 15.

Вільні поверхні (С), що не сполучаються з іншими деталями - пов.1, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 16, 18.

Номери поверхонь і їх призначення заносимо в графи 1-3 таблиці. 3.

У таблиці прийняті позначення форми поверхонь:

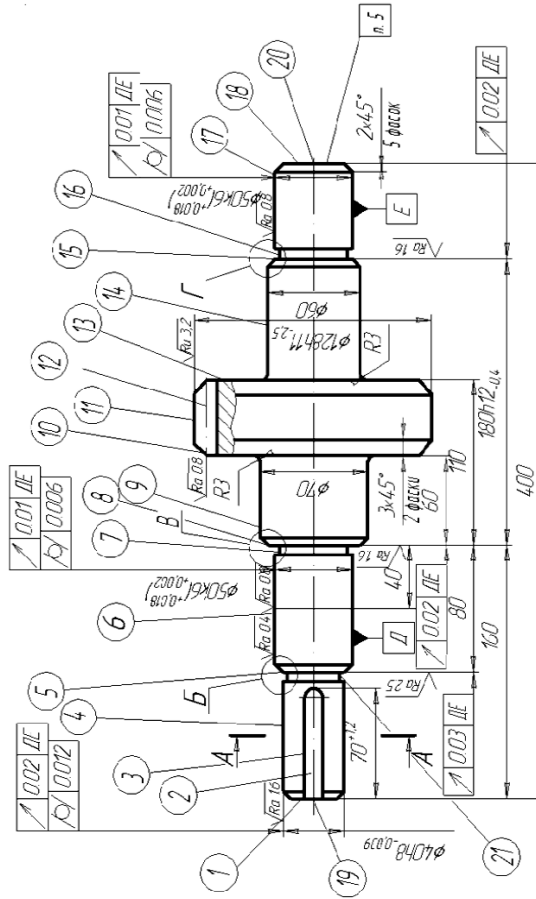
Ц – циліндрична зовнішня, КВ – конічна внутрішня, П – плоска, Ф – фасонна.

С) Аналіз технічних вимог

Марка матеріалу – сталь 40ХГНМ, ДСТУ 7806, вказана в основному написі. Твердість 46 ± 2 НРС, п.1 технічних вимог. На кресленні дані усі розміри, необхідні для виготовлення і контролю деталі. Точність розмірів задана комбінованим способом у вигляді посадки, якості точності і граничних відхилень згідно ДСТУ 2500-94. Точність вільних розмірів 14 квалітет, п.2 технічних вимог.

07.ТМ.13.001

\sqrt{Ra} 125 (∇)



1. 46.2HRC

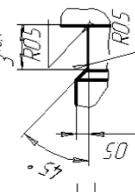
2. Безвалити з'явничий відхилення розмірів діаметрі в.14

3. Центрні отвори -46.3 ДСТУ 2500-94

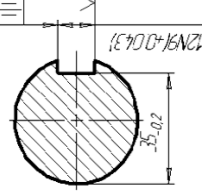
4. Крімки зубів припустити фаскою $0,5 \times 45^\circ$

5. Маркування 06ТМ13.001

Б, В, Г (5:1)



A-A(1:1)



07.ТМ.13.001

Мен/Дир.	Н. Зав.	Товп	Дата	Лист	Масштаб
				111	1:2
				Лист 1	Листов 1
Мат/Мет.					
Сталь 40Х7М					
ДСТУ 2500-94					
П.Ч.А.М.					

Таблиця 3

Характеристика поверхонь деталі «Вал – шестерня»

Поверхня			Рзміри			Форма, розтошуван.			Шорст.
№	Тип	Форма	Значення, мм	Допуск, мм	Квалітет точн.	Похибка	Допуск, мм	Квалітет точн.	
1	С	П	160	1,0	14				12,5
2	ВБ	П	35	0,2	12				12,5
3	И,ВБ	П	12	0,043	9		0,02	9	3,2
4	ВБ	Ц	40	0,039	8	○	0,008	8	1,6
5	ВБ	П	80	0,74	14	↗	0,03	9	
6	ОБ	Ц	50	0,016	6	○	0,05	10	3,2
						↗	0,006	7	0,4
						↗	0,006	6	
7	С	Ф	3	0,4	14				12,5
8	ОБ	П			12	↗	0,02	8	2,5
9	С	Ц	70	0,74	14				12,5
10	С	П	60	0,74	14				12,5
11	С	Ц	120	0,25	11				3,2
12	И	Ф			6				0,8
13	С	П	110	0,87	14				12,5
14	С	Ц	60	0,74	14				12,5
15	ВБ	П	180	0,4	12	↗	0,03	8	2,5
16	С	Ф	3	0,4	14				12,5
17	ОБ	Ц	50	0,016	6	○	0,006	7	0,8
						↗	0,006	6	
18	С	П	400	1,4	14				12,5
19	ТБ	КВ	13,2	0,043	9				0,8
20	ТБ	КВ	13,2	0,043	9				0,8
21	С	Ф	3		14				12,5

Шорсткість поверхонь вказана безпосередньо на зображенні і в правому верхньому кутку креслення. Граничні відхилення форми і розташування поверхонь 3, 4, 5, 6, 8, 15, 17 задані у вигляді умовних позначень згідно ДСТУ 2.308:2013, відхилення для інших поверхонь повинні укладатися в допуск на розмір. Форма і розміри паза шпонки задані згідно

ДСТУ 2500-94. Фаски і радіуси закруглень виконані згідно ДСТУ 2.308:2013.

Висновок: креслення 07.ТМ.13.001 містить усі необхідні відомості для розробки ТП обробки деталі „Вал-шестерня”.

1.1.3 Завдання до самостійної роботи №1

По складальному кресленню виконати робоче креслення заданої деталі. Описати службове призначення і умови роботи деталі. Пронумерувати і систематизувати поверхні деталі. Проаналізувати технічні вимоги до деталі (креслення отримати у викладача).

1.1.4 Запитання для самоконтролю

1. Яка мета проектування технологічних процесів?
2. Мета визначення службового призначення деталі при аналізі конструкції.
3. Функції поверхонь деталі.
4. Дайте визначення поняттям базування і бази при виготовленні деталей, складанні та ремонті машин?
5. Сформулюйте «правило шести точок».
6. Що розуміється під повним і неповним базуванням?
7. За якими ознаками класифікуються технологічні бази?
Дати їх коротку характеристику.
8. Які основні принципи призначення технологічних баз?
Їх суть.
9. Визначення точності взаємного розтошування конструктивних елементів.

1.2 Відпрацювання конструкції виробу на технологічність

Мета роботи - навчитися аналізувати технологічність конструкції деталі по її робочому кресленню.

1.2.1 Загальні положення

Одним з чинників, що суттєво впливає на характер технологічних процесів, є технологічність конструкції виробу та його складових частин. Конструкція виробів повинна не тільки забезпечувати експлуатаційні вимоги, а і вимоги до їх найбільш економічного виготовлення. Чим менше трудомісткість і собівартість виготовлення виробу, тим більше вироб вважається технологічним. Тому проектуванню технологічних процесів передують відпрацювання виробу на технологічність. Це зумовлено більш глибокими знаннями технолога конкретного виробництва: технічних та економічних можливостей, конкретного обладнання та інших чинників. Технологічна конструкція виробу повинна передбачати широке використання уніфікованих складальних одиниць, стандартизованих та нормалізованих деталей і їх елементів; мінімальну кількість оригінальних деталей. Технологічна конструкція виробу повинна відповідати вимогам складання і мати зручні складальні бази, мінімум підгінних робіт, можливість паралельного складання складальних одиниць.

Види і показники технологічності конструкцій, загальні правила відпрацювання конструкції виробу на технологічність наведені у ДСТУ 3974-2000.

Відповідно ДСТУ 3974-2000 *технологічність* – це сукупність властивостей конструкції виробу, що визначають її пристосованість до досягнення оптимальних витрат при виробництві, експлуатації і ремонті при заданих показниках якості, обсязі випуску і умовах виконання робіт.

Виробнича технологічність конструкції деталі – це міра її відповідності вимогам найбільш продуктивного і економічного виготовлення. Чим менше трудомісткість і собівартість виготовлення, тим технологічнішою є конструкція деталі.

Оцінка технологічності конструкції буває двох видів: **якісна і кількісна.**

Якісна оцінка технологічності є попередньою, узагальненою і характеризується свідченнями: „краще - гірше”, „рекомендується - не рекомендується”, „технологічне – не технологічне” і тому подібне. Технологічною при якісній оцінці слід уявляти таку геометричну конфігурацію деталі і її окремі елементи, при яких враховані можливості мінімальної витрати матеріалу і використання найбільш продуктивних і економічних для певного типу виробництва методів виготовлення. У зв'язку з цим слід проаналізувати креслення деталі, наприклад, з точки зору :

- міри уніфікації геометричних елементів (діаметрів, довжин, різьб, модулів, радіусів переходу і т. ін.) в конструкції;
- наявність зручних базуючих поверхонь, що забезпечують можливість поєднання і постійності баз;
- можливості вільного підведення і виведення різального інструменту при обробці;
- зручності контролю точності параметрів деталі;
- можливості зменшення протяжності точних оброблюваних поверхонь;
- відповідності форми dna отвору формі кінця стандартного інструменту для його обробки (свердла, зенкера, розгортки) і т. ін.

Кількісна оцінка технологічності виражається показником, чисельне значення якого характеризує міру задоволення вимог до технологічності. Стосовно виробництва кількісну оцінку технологічності роблять по сумарній трудомісткості $\sum T_{шк}$ і технологічній собівартості СТ, а також за технічними показниками, визначення яких можливе з креслення деталі.

До них відносяться коефіцієнти точності КТ і шорсткості Кш :

$$\text{при этом} \quad K_T = 1 - 1/T_{cp}, \quad (2.1)$$

$$T_{cp} = \sum T_i n_i / \sum n_i; \quad (2.2)$$

$$\text{при этом} \quad K_{ш} = 1/Ra_{cp}, \quad (2.3)$$

$$Ra_{cp} = \sum Ra_i n_i / \sum n_i, \quad (2.4)$$

де T_i , Ra_i - відповідно квалітети точності і значення параметра шорсткості оброблюваних поверхонь;

T_{cp} , Ra_{cp} - середні значення цих параметрів;

n_i - число розмірів або поверхонь для кожного квалітета і значення параметра шорсткості.

У загальному випадку технологічність деталі (індекс "д") повинна оцінюватися шляхом порівняння її показників з відповідними показниками деталі-аналога (індекс "а"). Під деталлю - аналогом розуміється базова деталь, що виконує у виробі ті ж функції, що і аналізована, і що має відомі базові показники, тобто показник P_d порівнюється з показником P_a .

Основними показниками технологічності конструкції виробу є трудомісткість, собівартість, матеріаломісткість і енергомісткість.

Трудомісткість виготовлення або ремонту виробу виражається сумою нормо-годин, витрачених на технологічні процеси виготовлення або ремонт всіх його складових частин і складання.

Так, трудомісткість деталі T_d може бути визначена як

$$T_d = T_a K_M K_{сл} K_N, \quad (2.5)$$

де T_a - трудомісткість обробки деталі-аналога, хв.;

K_M , $K_{сл}$, K_N - коефіцієнти, що враховують відмінності деталі і деталі-аналога відповідно по масі, складності обробки і програмі випуску.

У свою чергу, коефіцієнт

$$K_M = (M_d/M_a)^{0.67}, \quad (2.6)$$

де M_d и M_a - відповідно маса деталі і деталі-аналога, кг.

Коефіцієнт

$$K_{сл} = \frac{K_{т.нм.д} K_{ш.нм.д}}{K_{т.нм.а} K_{ш.нм.а}}, \quad (2.7)$$

де $K_{т.нм.д}$, $K_{ш.нм.д}$ і $K_{т.нм.а}$, $K_{ш.нм.а}$ - коефіцієнти, що показують зміну трудомісткості залежно від зміни найменших значень квалітета точності і параметра шорсткості відповідно до деталі і деталі-аналога.

При цьому

$$K_{т.нм} = 4 T_{нм}^{-0,63}, \quad (2.8)$$

$$K_{ш.нм} = 1,19 R_{а.нм}^{-0,071}, \quad (2.9)$$

де $T_{нм}$ і $R_{а.нм}$ - відповідно найменші значення квалітета точності і параметра шорсткості поверхні.

Коефіцієнт

$$K_N = (N_a/N_d)^m. \quad (2.10)$$

Де N_a і N_d - відповідно річний випуск аналога і деталі, шт., а m - показник міри, визначуваний по формулі

$$m = 0,2 M_d^{-0,045}. \quad (2.11)$$

Собівартість - сумарне (за всіма складовими частинами виробу) значення витрат на матеріали, заробітну плату виробничих робітників з нарахуваннями і накладних витрат. Собівартість є узагальнюючим показником якості виробу.

Рівень технологічності конструкції за собівартістю

$$K_c = \frac{C_o}{C_b}, \quad (2.12)$$

де C_o і C_b - очікувана (проектна) і базова собівартості виготовлення виробу, грн.

Матеріаломісткість характеризує кількість матеріалу, витраченого на виготовлення виробу одиниці маси. На практиці часто використовують матеріаломісткість як відношення маси виробу до одного з основних технічних його параметрів (наприклад, потужності).

Енергомісткість характеризує кількість паливно-енергетичних ресурсів, які витрачаються на виготовлення виробу, наприклад, кВт, кал.

Рівні технологічності виробу за матеріаломісткістю і енергомісткістю визначаються аналогічно до рівнів технологічності з трудомісткості і собівартості.

Розроблені конструкції вважаються технологічними, якщо числові значення рівнів технологічності менші за одиницю.

Існує також ряд інших показників, котрі дають змогу конкретизувати ті чи інші конструктивні недоліки і визначити шляхи підвищення технологічності. До них належать рівні уніфікації деталей та їх конструктивних елементів, марок матеріалів, сортamentів матеріалів, розміри різи, посадок тощо.

На рис. 1 наведені не технологічні рішення конструкції елементів деталей – вісь отвору 2 не перпендикулярна поверхні, що зумовлює необхідність проектування та виготовлення спеціального пристрою для свердлення. На другому прикладі отвір більш високої точності (7-й квалітет) запроєктований як глухий, що не дає змоги обробляти його на прохід, а також використати прогресивні методи обробки, наприклад, протягування. В даному разі доцільніше більш точний отвір зробити наскрізним.

Після проведення аналізу технологічності всі пропозиції щодо змін конструкції повинні бути систематизовані в пояснювальній записці. Зміни, що не суперечать службовому призначенню виробу, після узгодження розроблювачем повинні бути внесені в конструкцію виробу.

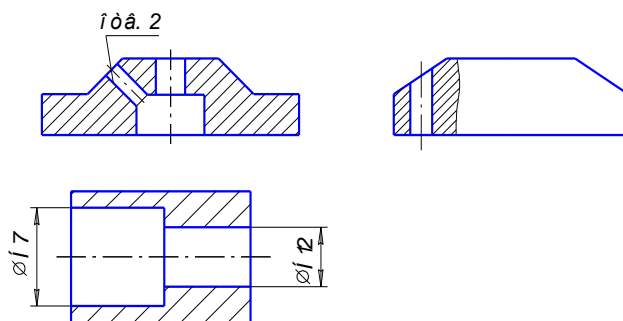


Рисунок 1 Приклади не технологічних рішень елементів деталей

1.2.2 Приклад виконання самостійної роботи №2

1.2.2.1 Приклад. Проаналізувати конструктивні елементи деталі (рис. 2) з точки зору можливості продуктивнішої і економічнішої обробки отвору.

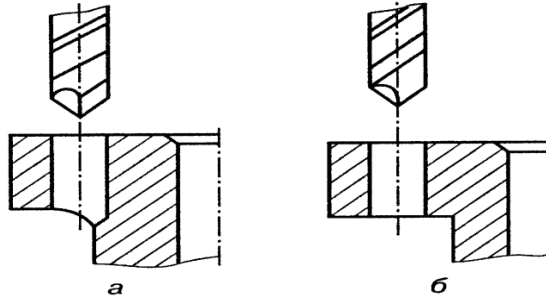


Рисунок 2 Варіанти конструктивного оформлення оброблених отворів

Рішення. При свердлінні отвору по варіанту "а" на виході свердла неминуче виникнення одностороннього зусилля, що може привести до поломки свердла і збільшення витрати різального інструменту. Обробка отвору по варіанту "б" забезпечує нормальну роботу свердла за рахунок взаємної компенсації радіальних зусиль на його різальних кромках.

1.2.2.2 Приклад. Визначити технологічність деталі (рис. 3) за технічними показниками - коефіцієнтами точності K_T , шорсткості $K_{ш}$. Матеріал деталі - сталь 45, маса деталі 4,5 кг, твердість після термообробки HRCэ 42...46,5.

Рішення. З креслення (рис. 3) видно, що сумарна кількість вказаних на кресленні розмірів складає 13, з яких три розміри виконуються по 6-у квалітету точності, сім розмірів - по 14-у і за одним розміром - відповідно по 12, 11 і 8-у квалітетам. В той же час чотири поверхні мають середньоарифметичне відхилення профілю $Ra = 2,0$ мкм, вісім поверхонь з шорсткістю $Ra - 15$ мкм і по одній поверхні з $Ra = 0,25; 1,0$ і $6,3$ мкм.

Використовуючи формули (2.1) - (2.4), отримаємо

$$T_{cp} = (14 \cdot 7 + 12 \cdot 1 + 11 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 6 \cdot 3) / 13 = 11,3;$$

$$K_T = 1 - 1/11,3 = 0,91;$$

$$Ra_{cp} = (15 \cdot 8 + 6,3 \cdot 1 + 2,0 \cdot 4 + 1,0 \cdot 1 + 0,25 \cdot 1) \cdot 15 = 9,03 \text{ мкм};$$

$$K_{ш} = 1/9,03 = 0,11.$$

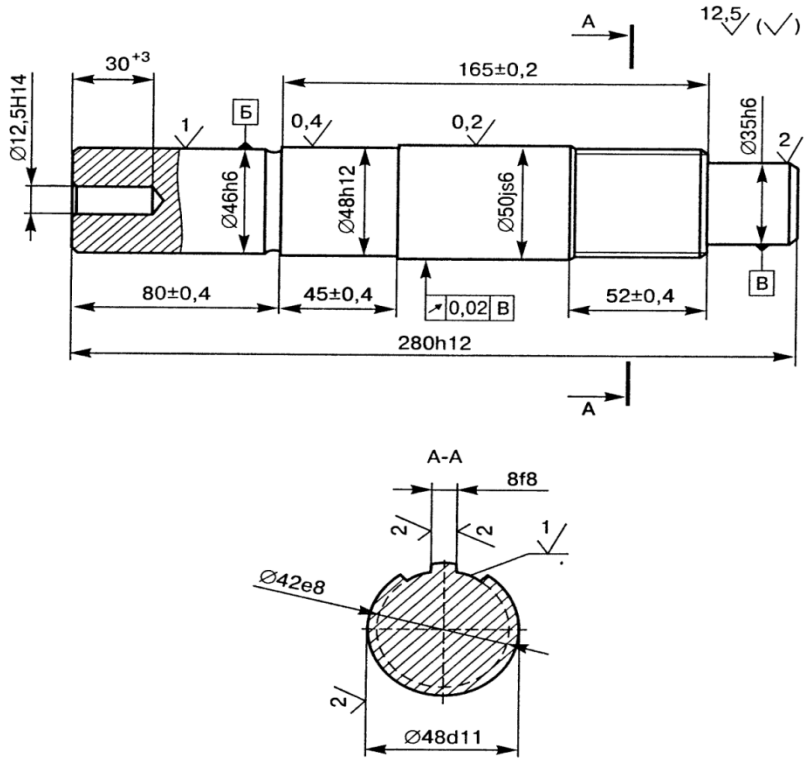


Рис. 3 Креслення деталі

1.2.2.3 *Приклад.* Визначити трудомісткість деталі при відробітку її на технологічність, якщо відомо, що трудомісткість виготовлення деталі-аналога складає $T_a=36$ хв. при річному обсязі випуску $N_a=1000$ шт. Відомі також, що маса деталі $M_d=2,2$ кг, її аналога $M_a=2,6$ кг, найменші квалітет і параметр шорсткості деталі і її аналога відповідно $T_{нм.д}=8$, $T_{нм.а}=10$ і $R_{анм.д}=1,25$, $R_{анм.а}=2,5$ мкм. Річна програма випуску деталі передбачається $N_d = 1250$ шт.

Рішення. Відповідно до формул (2.1) - (2.5)

$$\begin{aligned}
 K_M &= (2,2/2,6)^{0,67} = 0,894; & K_{T,нм.д} &= 4 \cdot 8^{-0,63} = 1,08; \\
 K_{T,нм.а} &= 4 \cdot 10^{-0,63} = 0,94; & K_{ш,нм.д} &= 1,19 \cdot 1,25^{-0,071} = 1,17; \\
 K_{ш,нм.а} &= 1,19 \cdot 2,5^{-0,071} = 1,11; & K_{сл} &= 1,08 \cdot 1,17 / (0,94 \cdot 1,11) = 1,2; \\
 m &= 0,2 \cdot 2,2^{-0,045} = 0,193; & K_N &= (1000/1250)^{0,193} = 0,96; \\
 T_d &= 36 \cdot 0,894 \cdot 1,2 \cdot 0,96 = 37_{хв.}
 \end{aligned}$$

Таким чином, незважаючи на істотне збільшення трудомісткості за рахунок складності обробки ($K_{сл} > 1$), технологічність деталі по трудомісткості порівняно з аналогом практично не змінюється, оскільки зменшена маса і збільшена річна програма випуску.

1.2.3 Завдання до самостійної роботи №2

1.2.3.1 Завдання. Визначити технологічність деталей, креслення яких приведені в додатку 1 (ТМ1-ТМ10), за технічними показниками - коефіцієнтам точності K_t і шорсткості $K_{ш}$.

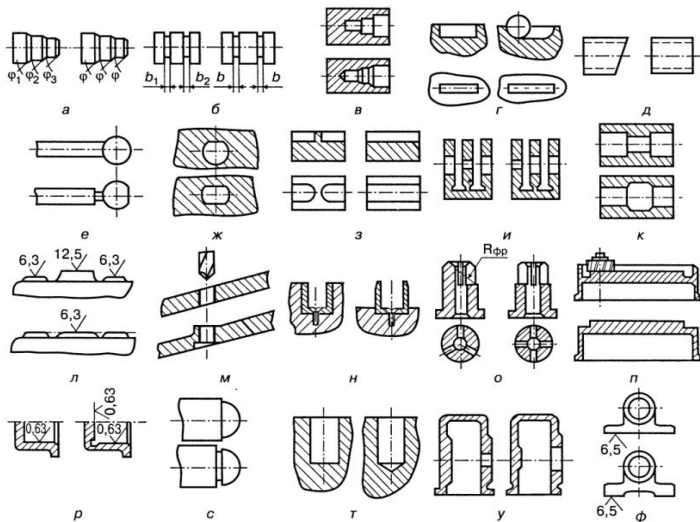


Рисунок 4 Варіанти конструктивного оформлення деталей

1.2.3.2 *Завдання.* Дати якісну оцінку технологічності варіантів конструктивного оформлення елементів деталей (рис. 4) (згідно варіанту).

1.2.3.3 *Завдання.* Визначити трудомісткість деталі при відробітку її на технологічність (варіанти в таблиці 4).

Таблиця 4

Вихідні дані

№ вар	Деталь				Деталь-аналог				
	Мд, кг	Тн м.д	Rан м.д, МКМ	Нд, шт.	Ма, кг	Тн м.а	Rан м.а, МКМ	На, шт.	Та, мин
1	2,3	8	2,5	1500	2,8	7	1,25	1000	36,0
2	7,2	10	6,3	2500	6,9	9	2,5	3000	15,8
3	12,4	9	205	1000	13,7	10	5,3	1500	42,0
4	1,2	7	0,63	1500	1,5	6	0,32	1000	28,0
5	2,8	6	0,32	60000	2,3	7	0,63	40000	10,6
6	0,8	11	2,5	25000	1,1	10	1,25	30000	31,0
7	6,5	10	1,25	25000	6,1	9	0,63	15000	22,0
8	10,0	10	2,5	1000	9,2	11	6,3	1200	13,5
9	21,6	8	1,25	25000	22,8	9	2,5	2000	7,5
10	16,4	7	0,63	500	14,8	6	0,32	1000	26,0
11	8,6	7	1,25	800	10,0	8	2,5	600	18,0
12	2,6	12	6,3	3500	2,9	10	2,5	5000	34,0
13	12,4	9	205	1000	13,7	10	5,3	1500	42,0
14	2,3	8	2,5	1500	2,8	7	1,25	1000	36,0
15	1,2	7	0,63	1500	1,5	6	0,32	1000	28,0
16	21,6	8	1,25	25000	22,8	9	2,5	2000	7,5
17	7,2	10	6,3	2500	6,9	9	2,5	3000	15,8
18	2,8	6	0,32	60000	2,3	7	0,63	40000	10,6
19	16,4	7	0,63	500	14,8	6	0,32	1000	26,0
20	6,5	10	1,25	25000	6,1	9	0,63	15000	22,0

1.2.4 *Запитання для самоконтролю*

1. Що таке технологічність?
2. Види технологічності та їх сутність.
3. Основні показники технологічності конструкції виробу.
4. Приклади реалізації технологічності конструкції.

1.3 Визначення типу виробництва

Мета роботи - за класифікаційними характеристиками навчитися визначати тип виробництва.

1.3.1 Загальні положення

Усі машинобудівні підприємства характеризуються видом і типом виробництва.

Вид виробництва - класифікаційна характеристика, що виділяється за методами виготовлення виробів.

Наприклад: ливарне, зварювальне, механоскладальне, термічне виробництво.

Тип виробництва - класифікаційна характеристика виробництва, що виділяється за ознаками широти номенклатури, регулярності, стабільності й обсягу випуску виробів.

У машинобудуванні розрізняють три основних типи виробництва: **одиначне**, **серійне** та **масове**. Крім кількісних відмінностей вказаних типів існують суттєві якісні показники, що характеризують застосоване обладнання, технологічну оснастку, методи обробки, організацію виробництва та технологічну підготовку.

Частка **одиначного виробництва**, в сучасному машинобудуванні дуже невисока, випускаються вироби широкої номенклатури у відносно малих кількостях від одного до кількох екземплярів. Номенклатуру продукції одиначного виробництва складають машини, що мають широке застосування, та ті, що виробляються за індивідуальними замовленнями. Як приклад, можна навести наступні види продукції, що належать до важкого машинобудування: значні гідро- та атомні турбіни, унікальні металорізальні верстати, прокатні стани, гірничодобувні комплекси для відкритих розробок. Характерною ознакою цього виробництва є виконання на робочих місцях різноманітних операцій з використанням для обробки універсальних верстатів і пристроїв, а також звичайних інструментів. У цілому, одиначне виробництво в порівнянні з іншими типами характеризується що найменшою продуктивністю праці та більш високою собівартістю продукції.

При серійному виробництві виготовляють партії деталей і серії виробів, що регулярно повторюються через певні проміжки часу. Її характерна ознака – номенклатурне виробництво і виконання на більшості робочих місцях операцій, що періодично повторюються. При цьому кількість виготовлених виробів кожного типорозміру коливається від 5 – 10 до кількох тисяч штук на рік.

Необхідно відзначити, що заводи серійного виробництва спеціалізуються на випуску виробів кількох типів або типорозмірів. Продукцією серійного виробництва є машини сталого типу, зокрема металорізальні верстати, стаціонарні двигуни внутрішнього згорання, насоси, компресори.

Залежно від кількості однакових виробів, що приходяться на річну програму, розрізняють три різновиди серійного виробництва: дрібно- (при наявності великих машин у серії 2–5), середньо- (5–25 машин) і багато-серійне (більше 25 великих машин). Крім цього, дане виробництво може бути змішаного типу. У цьому разі одні деталі виготовлюють великими серіями, інші – середніми або навіть дрібними.

У порівнянні з одиночним серійне виробництво відрізняється наступними особливостями:

- менш різноманітна номенклатура виготовлених виробів і більш чітка спеціалізація підприємства по випуску певних машин;

- застосування спеціалізованих верстатів різного профілю;

- застосування спеціальних верстатних і складальних пристроїв, інструментів, а також обробка одночасно кількома інструментами;

- часткова спеціалізація верстатів за родом робіт, що виконуються.

Пристосування – універсальні, універсально-складальні пристрої (УСП) або переналаджувані. Ефективно застосування групової обробки з організацією предметно-замкнених ділянок для виготовлення деталей визначеної групи. Устаткування на таких ділянках розташовується в порядок виконання технологічних операцій. Застосований різальний інструмент від універсального (свердла, різці) до спеціального

(свердло-зенкер і т.ін.), вимірювальний інструмент як універсальний (шкальний), так і граничні калібри, і контрольно-вимірювальні пристосування (КВП). Робітники - середньої кваліфікації. Іноді предметно-замкнуті ділянки організуються за принципом перемінно-потоків ліній, на яких організується в необхідній для виробництва послідовності обробка конструктивно подібних деталей.

Відмічені особливості сприяють досягненню більш високої продуктивності праці та зниженню собівартості продукції.

Масове виробництво характеризується великими масштабами випуску однакових виробів (від кількох тисяч до мільйонів штук у рік) протягом тривалого часу. Характерною ознакою даного типу виробництва є виконання на більшості робочих місць тільки однієї технологічної операції. Продукція масового виробництва – це однорідні вироби, які мають широке застосування, наприклад, автомобілі, трактори, тролейбуси, електродвигуни.

Для масового виробництва властиві:

- більш вузька номенклатура у порівнянні з серійним і різко виявлена спеціалізація заводу за типом і навіть типорозміром;

- застосування високопродуктивних спеціальних верстатів для виконання однієї операції над певною деталлю та спеціалізованого обладнання (автоматів і напівавтоматів), що налагоджені на обробку великої партії однакових деталей;

- широке застосування багатошпиндельних верстатів, а також високопродуктивних спеціальних пристроїв та інструментів;

- висока взаємозамінюваність деталей, що сприяє усуненню ручних пригонювальних робіт у процесі складання.

Широко застосовуються механізація та автоматизація транспортування заготовок (конвеєри, сходи, сковзало тощо), вимоги до кваліфікації наладчиків високі, а до робітників-верстатників низькі. Однією з характеристик масового виробництва є такт випуску (t_b) – проміжок часу між запуском у виробництво або випуском двох наступних один за одним виробів.

Такт визначається за формулою

$$t_v = \frac{60 \Phi_{д \times n}}{N} \quad (\text{хв.}), \quad (3.1)$$

де $\Phi_{д}$ – дійсний річний фонд часу роботи обладнання за одну зміну, години (2015 годин);

N – обсяг випуску виробів, шт.;

n – кількість змін роботи обладнання за добу;

60 – коефіцієнт перекладу годин у хвилини.

$$\Phi_{д} = ((D_k - D_v - D_{св}) \times t_{зм.} - 1 \times D_{прсв}) \times Z_m \times \eta, \quad (3.2)$$

де D_k – кількість календарних днів; D_v – кількість вихідних днів; $D_{св}$ – кількість святкових днів; $D_{прсв}$ – кількість передсвяткових днів; Z_m – кількість робочих змін на добу; η – коефіцієнт, який враховує витрачений час на ремонт, (0,96 – 0,90).

Як правило, у масовому виробництві організуються потокові лінії, що можуть бути:

- безперервно-потоківі - заготовка переміщується від одного верстата до іншого без міжопераційного пролежування. Операції між собою за часом синхронізовані – однакові за тривалістю або кратні такту;

- прямопотоківі - операції виконуються в порядку технологічного процесу, але їх тривалість не синхронізована.

Тому на окремих робочих місцях утворюють міжопераційні заділи. Як перші, так і другі потокові лінії можуть бути однономенклатурними і багатноменклатурними (із виготовленням декількох виробів в певній послідовності). Слід відзначити, що класифікація за типом виробництва є умовною.

Згідно ДСТУ 3278-95 однією з основних характеристик типу виробництва є коефіцієнт закріплення операцій $K_{зо}$. Коефіцієнт $K_{зо}$ показує відношення числа усіх операцій, що виконуються або підлягають виконанню в цеху (на ділянці) впродовж місяця, до числа робочих місць, тобто характеризує число операцій, що доводяться в середньому на одно робоче місце в місяць, або міру спеціалізації робочих місць.

При $K_{зо} < 1$ - виробництво масове; якщо $1 < K_{зо} < 10$ - великосерійне; якщо $10 < K_{зо} < 20$ - середньосерійне; якщо $20 <$

Кзо < 40 - дрібносерійне. У одиничному виробництві Кзо не регламентується.

Таблиця 5

Показники ТП для різних типів виробництва

	Показник ТП	Тип виробництва		
		Одиничне	Серійне	Масове
1	2	3	4	5
1 Організація ТП	1.1 Від стратегії розробки ТП	Послідовна лінійна, жорстка	Проміжні характеристики	Циклічна, розгалужена адаптивна
	1.2 Повторюваність виробів	Відсутність заздалегідь обумовленої повторюваності	Періодичне повторення партій	Безперервний випуск протягом тривалого часу
	1.3 Форма організації ТП	Групова, як виняток, ндивідуальна	Змінно– потокова (партіона) або непотокова	Потокова
2 Заготовка	2.1 Метод отримання заготовки	Прокат, литво в землю, вільне кування	Профільний прокат, литво в кокіль, штамповка	Спецпрокат, точне литво, штампування
	2.2 Вибір послідовності обробки	По таблицях	По таблицях згідно коефіцієнтів питомих витрат	Аналітичне по коефіцієнтах уточнення
	2.3 Припуск на обробку	Значний	Незначний	Мінімальний
	2.4 Метод визначення припусків	По таблицях	Розрахунок по переходам	Детальний на базі розмірного аналізу

Продовження таблиці 5

3 Технологічний маршрут	3.1 Міра уніфікації ТП	Переважне використання типових ТП	Розробка спец. ТП на базі типових	Розробка спец. ТП на базі типових
	3.2 Міра деталізації розробки ТП	Маршрутний	Маршрутно-операційний	Розробка спец. ТП на базі аналізу
	3.3 Принцип формування	Екстенсивна концентрація операцій	Комбінований	Післяопераційний, інтенсивна концентрація операцій, диференціація операцій
	3.4 Синхронізація операцій	Відсутна	Слабка	Жорстка
	3.5 Забезпечення точності	Пробні ходи	На налагодженому устаткуванні з застосуванням контролю	На налагодженому устаткуванні з активним контролем і адаптивним управлінням
	3.6 Базування	Постійність баз	Постійність і часткове поєднання баз	Поєднання і постійність баз

4 Вибір СТО	<p>4.1 Устаткування</p> <p>4.2 Пристосування</p> <p>4.3 Різальні інструменти</p> <p>4.4 Засоби контролю</p>	<p>Універсальне в т.ч. з ЧПУ, ГТС</p> <p>Універсальні, універсально-збірні</p> <p>Стандартні, нормалізовані</p> <p>Універсальні</p>	<p>Універсальне і спеціалізоване модернізоване</p> <p>Універсальні, нормалі зовані, спеціальні</p> <p>Стандартні, нормалі зовані, спеціальні</p> <p>Універсальні, модернізовані</p>	<p>Спеціалізоване і спеціальне</p> <p>В основному спеціальні</p> <p>В основному спеціальні</p> <p>В основному спеціальні</p>
5 Технологічні операції	<p>5.1 Зміст операцій</p> <p>5.2 Завантаження устаткування</p> <p>5.3 Коефіцієнт закріплення операцій</p> <p>5.4 Розставляння устаткування</p> <p>5.5 Налаштування верстатів</p>	<p>Обробка декількох поверхонь виходячи з можливостей устатк.</p> <p>Завантаження різними деталями без закономірності</p> <p>Св. 40</p> <p>По типам і розмірам верстатів</p> <p>Відсутність налаштування роботи по промірах</p>	<p>Одночасна обробка декількох поверхонь за рахунок модернізації СТО</p> <p>Періодична зміна деталей на верстатах</p> <p>Св. 1 до 40</p> <p>Комбінована (технологічна і предметна спеціалізація)</p> <p>По вимірювальним інструментам і приладам</p>	<p>Одночасна обробка максимального числа поверхонь, за рахунок застосування спец. СТО</p> <p>Безперервне завантаження верстатів одними деталями</p> <p>1</p> <p>По ходу ТП (предметна спеціалізація ділянок)</p> <p>По еталону</p>

6 Нормування ТП	6.1 Визначення режимів різання	По нормативам	По галузевих нормативах	Аналітично, на базі математичної моделі
	6.2 Нормування	Укрупнене по дослідно-статистичних нормах	Детальне післяопераційне	Детальне на підставі хронометража
	6.3 Кваліфікація робітників	Висока	Різна	Низька при високій кваліфікації наладчиків
	6.4 Технологічні карти	Маршрутні	Маршрутно-операційні	Операційні з деталізацією по переходах

Показники ТП можна розділити на 6 груп, що характеризують організацію ТП, заготівлю, технологічний маршрут, засоби технологічного оснащення, технологічні операції, нормування ТП. Найбільш вірогідні показники по кожній з цих груп для одиничного, серійного і масового типів виробництва приведені в таблиці 5. При дрібносерійному типі виробництва застосовують проміжні значення показників між одиничним і серійним типами, а при великосерійному - між серійним і масовим типами.

Відповідно, при розрахунках для діючого цеху (участка)

$$K_{з.о} = \sum \Pi_o / P_{я} = K_{в} \Phi \frac{\sum \Pi_o}{\sum N_i T_i}, \quad (3.3)$$

де $\Sigma \Pi_o$ – сумарне число різних операцій;

$P_{я}$ – явочне число робітників підрозділу, що виконують різні операції;

$K_{в}$ – коефіцієнт виконання норм, $K_{в} = 1,3$;

Φ – місячний фонд часу робітника при роботі в одну зміну, ч;

$\Sigma N_i T_i$ – сумарна трудомісткість програми випуску, ч;

N_i – програма випуску кожної і позиції номенклатури;

T_i – трудомісткість і позиції, ч.

В умовах навчального технологічного проектування при заданій річній програмі випуску $N_{г.шт.}$, і відомої трудомісткості основних операцій технологічного процесу $T_{ш.к}$, хв., явочне число робітників $P_{я}$ може бути прийняте рівним числу робочих місць $P_{р.м}$. В той же час умовне число однотипних операцій P_{oi} , що виконуються на одному робочому місці, може бути визначене як

$$P_{oi} = \eta_n / \eta_f, \quad (3.4)$$

де η_n – нормативний коефіцієнт завантаження робочого місця усіма закріпленими за ним операціями;

η_f – фактичний коефіцієнт завантаження цією операцією.

Розраховується фактичний коефіцієнт завантаження по формулі:

$$\eta_f = \frac{T_{ш.к} N_{г.шт.}}{60 F_{д} K_{в}}, \quad (3.5)$$

де $K_{в}$ – коефіцієнт виконання норм;

$F_{д}$ – дійсний річний фонд часу роботи устаткування, ч.

Прийнявши за довідкові дані $K_{в} = 1,3$; $\eta_n = 0,8$ і $F_{д} = 4015$ ч, отримуємо

$$P_{oi} = \frac{60 \eta_n F_{д} K_{в}}{N_{г.шт.} T_{ш.к}}, \quad (3.6)$$

$$K_{з.о} = \frac{250536}{N_{г.шт.} P_{р.м}} \sum_1^m \frac{1}{T_{ш.кi}}. \quad (3.7)$$

1.3.2 Приклад виконання самостійної роботи №3

Визначити умовне число однотипних операцій P_{oi} , що виконуються на кожному робочому місці, коефіцієнт закріплення операцій $K_{з.о}$ і тип виробництва при реалізації технологічних процесів виготовлення двох деталей, використовуючи початкові дані (таблиця 5).

Рішення. Для варіанту 12, деталі 23 (таблиця 6)

$$P_{o1} = \frac{250536}{3000 \cdot 3,6} = 23,2; \quad P_{o2} = 16,1; \quad P_{o3} = 29,8; \quad P_{o4} = 10,1; \quad P_{o5} = 19,9;$$

$$K_{з.о} = \frac{250536}{3000 \cdot 5} \left(\frac{1}{3,6} + \frac{1}{5,2} + \frac{1}{2,8} + \frac{1}{8,3} + \frac{1}{4,2} \right) = 19,8.$$

Висновок: Відповідно до того, що $K_{з.о} < 20$, - виробництво середньосерійне.

1.3.3 Завдання до самостійної роботи №3

Визначити умовне число однотипних операцій Поі, що виконуються на кожному робочому місці, коефіцієнт закріплення операцій $K_{з.о}$ і тип виробництва при реалізації технологічних процесів виготовлення двох деталей (варіанти завдання в таблиці б).

Таблиця 6

Початкові дані для визначення типу виробництва

Варіант	Номер деталі	Тш.к на операцію, мін						Ni, шт.
		005	010	015	020	025	030	
1	1	3,3	4,8	4,6	5,9	6,3	7,5	4500
	2	2,1	5,3	8,8	7,5	1,8	11,2	10000
2	3	4,7	7,8	5,4	10,3	15,2	-	2500
	4	5,2	4,3	12,4	4,8	1,2	3,8	7500
3	5	1,2	0,8	2,1	2,8	1,9	0,7	15000
	6	12,0	32,3	15,6	10,3	9,2	-	1500
4	7	15	42,0	11,3	7,4	-	-	1000
	8	0,9	1,2	7,1	3,4	5,3	-	10000
5	9	3,0	4,5	6,3	5,4	1,2	1,7	7500
	10	1,2	2,1	0,9	1,8	3,2	-	30000
6	11	5,0	6,2	4,2	7,8	8,3	5,4	1500
	12	3,8	4,3	12	6,3	-	-	3800
7	13	7,0	6,5	8,3	5,4	7,8	2,4	10000
	14	4,0	7,0	2,2	3,5	4,7	-	50000
8	15	2,7	1,8	3,9	4,6	6,6	-	1500
	16	7,0	8,0	9,0	10,0	7,5	8,5	5000
9	17	13,5	6,8	7,5	14,0	3,5	-	1500
	18	3,0	4,5	2,9	7,4	1,8	-	12000
10	19	9,5	36,0	14,0	22,0	-	-	4000
	20	1,8	6,7	3,8	12,0	6,1	5,3	25000
11	21	6,5	4,3	11,2	7,8	1,2	3,4	1000
	22	0,8	1,7	1,9	0,6	1,4	3,2	40000
12	23	3,6	5,2	2,8	8,3	4,2	-	3000
	24	26,0	14,0	43,0	8,0	-	-	1000

13	25	3,3	4,8	4,6	5,9	6,3	7,5	4500
	26	2,1	5,3	8,8	7,5	1,8	11,2	10000
14	27	3,0	4,5	6,3	5,4	1,2	1,7	7500
	28	1,2	2,1	0,9	1,8	3,2	-	30000
15	29	4,7	7,8	5,4	10,3	15,2	-	2500
	30	5,2	4,3	12,4	4,8	1,2	3,8	7500
16	31	5,0	6,2	4,2	7,8	8,3	5,4	1500
	32	3,8	4,3	12	6,3	-	-	3800
17	33	1,2	0,8	2,1	2,8	1,9	0,7	15000
	34	12,0	32,3	15,6	10,3	9,2	-	1500
18	35	7,0	6,5	8,3	5,4	7,8	2,4	10000
	36	4,0	7,0	2,2	3,5	4,7	-	50000
19	37	6,5	4,3	11,2	7,8	1,2	3,4	1000
	38	0,8	1,7	1,9	0,6	1,4	3,2	40000
20	39	2,7	1,8	3,9	4,6	6,6	-	1500
	40	7,0	8,0	9,0	10,0	7,5	8,5	5000

1.3.4 Запитання для самоконтролю

1. Яка відмінність між виробничим і технологічним процесами?
2. Що розуміють під технологічним процесом?
3. На які види розподіляються роботи в машинобудівному виробництві?
4. Чим характеризуються одиночне і серійне виробництво?
5. Які переваги притаманні масовому виробництву?
6. У чому полягає сутність поточного методу організації робіт і які використовують поточні лінії в серійному виробництві?

1.4 Вибір методу отримання заготовок

Мета роботи - опанувати методику економічно обґрунтованого вибору оптимального методу отримання заготовок деталі.

1.4.1 Загальні положення

Оптимальний метод отримання заготовок вибирають, аналізуючи ряд чинників: матеріал деталі, технічні вимоги на її виготовлення, об'єм і серійність випуску, форму поверхонь і розміри деталей. Метод отримання заготовок, що забезпечує технологічність і мінімальну собівартість, вважається оптимальним.

Максимально наблизити геометричні форми і розміри заготовок до розмірів і форми готової деталі – одне з головних завдань в заготівельному виробництві. Оптимізуючи вибір методу і способу отримання заготівлі, можна не лише понизити витрати на її виготовлення, але і значно скоротити трудомісткість механічної обробки. У машинобудуванні для отримання заготовок найширше застосовують наступні методи: литво; обробку металів тиском; зварювання; комбінації цих методів.

Кожен метод містить велике число способів отримання заготовок, наприклад, литво можна отримати формуванням дерев'яних чи металевих моделей в землю або використовуючи кокіль, виплавлені моделі та ін. Пластичне деформування може бути виконано як в холодному, так і в горячому стані з використанням різного виду штампів або без них (вільне кування). Заготовки з прокату мають різноманітну конфігурацію профілю від круглого та листового до дуже складного в поперечному перетині.

Вид заготовок і спосіб їх виготовлення для конкретної деталі визначаються такими показниками, як:

- *матеріал;*
- *конструктивна форма;*
- *серійність виробництва;*
- *маса заготовок.*

Матеріал є однією з важливих ознак, що визначають метод отримання заготовок. Найширше використовувани матеріали об'єднані в 7 груп. Код групи визначається по таблиці 7 на основі даних креслення деталі.

Таблиця 7

Класифікація матеріалів по групам

Вид матеріалу	Код групи
Сталі вуглецеві	1
Чавуни	2
Ливарні сплави	3
Високолеговані сталі і сплави	4
Низьковуглецеві сталі	5
Леговані сталі	6
Прокатані матеріали	7

Конструктивні форми деталей загального машинобудування діляться на 14 видів. Відповідний код вибирається на основі порівняння реальної деталі з описом типових деталей, представлених в таблиці 8.

Щоб знайти *серійність виробництва*, необхідно знати масу деталі (згідно з кресленням) і задатися конкретною програмою випуску. Код серійності визначається згідно таблиці 9. По масі, заготовки згруповані в 8 діапазонів, які вибираються по таблиці 10 і 11.

Для зручності використання в роботі по вибору можливих варіантів найчастіше вживані способи отримання заготовівель в машинобудуванні закодовані в інтервалі від 1 до 11 і представлені в таблиці 13.

Таким чином, визначивши коди по кожному з чотирьох чинників, складемо перелік можливих видів і способів отримання заготовок для цієї деталі згідно таблиці 14:

1. За кодом матеріалу деталі знаходимо відповідні рядки таблиці.
2. За кодом серійності виробництва уточнюємо місце рядка у середині відповідного матеріалу.

3. Код конструктивної форми визначає остаточне місце рядка даних у відповідному кодї серійності.

4. Код маси деталі уточнює горизонталь в рядок потрібного коду форми деталі, яка вказує перелік кодів виду заготовки.

Таблиця 8

Конструктивна форма деталі

Основні ознаки деталі	Код
Вали гладкі круглого або квадратного перерізу	1
Вали круглого перерізу з одним уступом або фланцем, з буртом або виїмкою без центрального отвору	2
Деталі з циліндричною, конічною, криволінійною і комбінованими формами поверхонь без центрального отвору і з отвором, завдовжки $L < 0,5D$	3
Те ж, $0,5 < L < 2D$	4
Те ж, $L > 2D$	5
Деталі з циліндричними, конусними, криволінійними поверхнями, з гладкою або ступінчастою зовнішньою поверхнею з наскрізним або глухим гладким або ступінчастим отвором	6
Деталі круглі в плані або близькі до цієї форми, такі, що мають гладку або ступінчасту зовнішню циліндричну поверхню з одно- або двосторонніми уступами і маточинами, з центральним отвором або без нього, завдовжки $0,5D_0 < L < 2D_0$	7
Деталі складної просторової форми	8
Деталі з подовженою, прямолінійною, зігнутою віссю і пересіченими головними осями	9
Корпусні деталі, що мають поєднання призматичної, циліндричної і інших форм зовнішньої поверхні з наявністю базових отворів і настановних площин, з порожниною і без неї, ребра, що мають на поверхні, поглиблення, виступи, бобышки і отвори	10
Деталі з призматичною, циліндричною або з поєднанням криволінійної або призматичної форм	11

зовнішніх поверхонь з привалочною поверхнею у вигляді прямокутних, круглих фланців, ребра, що мають, поглиблення, виступи	
Коробчаті роз'ємні корпуси з настановною поверхнею //; відносно площини роз'єму, що мають одну і більше базових поверхонь, а також ребра, поглиблення, виступи	12
Деталі простої конфігурації, обмежені гладкими і ступінчастими, плоскими, циліндричними і комбінованими поверхнями з наявністю ребер, буртів, бобишек, фланців і отворів	13
Тонкостінні порожнисті деталі з циліндричною, конічною і комбінованими формами зовнішньої поверхні і деталі типу дисків і кришок	14

Таблиця 9

Визначення серійності виробництва заготовок

Вид заготовки	Програма випуску при масі деталі, кг			Код серійності
	10	100	1000	
Штамповка, поковка	500	250	60	1
	1000	400	300	2
	2500	1000	600	3
	3500	1000	600	4
Прокат	500	250	60	1
	1000	400	300	2
	3500	1000	600	3,4
Виливка	2000	600	300	1
	12 000	4000	1500	2
	30 000	8000	7000	3,4

Таблиця 10

Діапазони виливків, поковок і штамповок по масі

Маса, кг	Номер діапазону	Маса, кг	Номер діапазону
До 0,63	1	10,0-63	5
0,63—1,6	2	63-100	6
1,6-4,0	3	100-400	7
4,0—10,0	4	Вище 400	8

Таблиця 11

Діапазони діаметрів проката

Діаметр, мм	Номер діапазону	Діаметр, мм	Номер діапазону
До 5	1	100-140	5
5-30	2	140-210	6
30-50	3	210-250	7
60-100	4	Вище 250	8

Таблиця 12

Види заготовок і способи їх виготовлення

Спосіб виробництва заготовок	Код	Коефіцієнт Кв.т
Литво в піщано-глинисті форми	1	0,7
Відцентрове литво	2	0,85
Литво під тиском	3	0,91
Литво в кокіль	4	0,8
Литво в оболонкові форми	5	0,9
Литво по моделях, що виплавляються	6	0,91
Штампуння на молотах і пресах	7	0,8
Штампуння на горизонтально-кувальних машинах	8	0,85
Вільне кування	9	0,6
Прокат	10	0,4
Зварні заготовки	11	0,95

Коди виду заготовки з вказівкою конкретних способів виготовлення розшифровуються згідно таблиці 12. Це рекомендаційна операція для цієї деталі на першому етапі рішення поставленої задачі.

1.4.2 Приклад виконання самостійної роботи №4

Визначити можливі види і способи отримання заготовки для деталі "вал-шестерня" - креслення ТМ1 (додаток 1). Річна програма випуску - 10 000 шт.

Рішення.

1) Визначаємо чотири основні показники деталі: матеріал – сталь 25 ХГНМТ; по таблиці 4.1 для цієї марки сталі визначуваний код – 5; серійність виробництва – по таблиці 9; вид заготовки – штампування, поковка, прокат, маса – 6,3 кг, програма випуску – 10 000; визначуваний код – 4; конструктивна форма – по таблиці 4.2; основні ознаки деталі – відповідно до креслення; визначуваний код – 2; маса заготовки – по таблиці 10 визначаємо для 6,3 кг відповідний код – 4.

2) Вибираємо можливі види і способи отримання заготовок для цієї деталі, враховуючи визначені вище коди чотирьох основних показників деталі: код матеріалу – 6; код серійності – 4; код конструктивної форми – 2; код маси – 4. З таблиці 13 по визначених раніше кодах 6 - 4 - 2 - 4 з графі таблиці „Вид заготовки” виписуємо рекомендовані коди видів: 7, 8, 9, 10.

Таблиця 13

Вибір можливих видів і способів виготовлення заготовок

Код признака				
Матеріал	Серійність	Конструктивна форма	Маса деталі	Вид заготовки (спосіб виготовлення)
	1	-	1...6	1
		1	1...6	1,4...6
			7	1,4, 5
			8	1,4, 5
		2	1...6	1,4...6
			7	1,4, 5
8			1,4	

1...3	2...4	3,4	1...6 7 8	1,2, 4...6 1,4,5 1,2,4
		5	1...6 7 8	1...6 1,2,4,5 1, 2,4
		6	1...6 7 8	1, 2, 4...6 1, 2, 4, 5 1,2,4

		7	1...6 7 8	1...6 1,2,4 1,4...6
		8,9	1...6 7 8	1,4...6 1,4,5 1,4
		10	1...6 7 8	1,3...6 1,4,5 1,4
		11, 12	1...6 7 8	1,3...6, 11 1,4,5, 11 1,4, 11
		13	1...6 7 8	1...6 1, 2, 4, 5 1,2,4
		14	1...8	9, 10 9 9, 10 11 9, 11
4...7	1	1...7 8 9 10...12 13, 14	1...8	9, 10 9 9, 10 11 9, 11

4...7	2...4	1 2...7 8 9 10...12 13,14	1...8	9, 10 7...10 7,9 7...9 11 7,11
-------	-------	--	-------	---

Використовуючи таблицю 12, розшифруємо обчислювані коди видів заготовки:

7 - штампування на молотах і пресах; 8 - штампування на горизонтально-кувальних машинах; 9 - вільне кування; 10 - прокат. Визначивши можливі види отримання заготовки для деталі „вал-шестерня”, завершуємо цей етап.

1.4.3 Завдання до самостійної роботи №4

Визначити можливі види і способи отримання заготовок для наступних деталей (таблиця 14).

Таблиця 14

Вихідні дані до завдань

Варіант	Деталь	№ креслення (див. дод.)	Річна програма випуску, шт.
1 2 3	Фланець кулака	ТМ2	1000 10 000 40 000
4 5 6	Сірьга	ТМ3	50 1000 5000
7 8 9	Шестерня	ТМ5	1000 5000 10 000
10 11 12	Корпус	ТМ6	100 2000 10 000
13 14 15	Шестерня	ТМ7	1000 5000 10 000
16 17	Фланець	ТМ8	100 1000

18			5000
19	Корпус	ТМ9	50
20			1000
21			5000

1.4.4. Запитання для самоконтролю

1. Які чинники впливають на вибір оптимального методу отримання заготовок?
2. Види заготовок.
3. Способи виготовлення заготовок.

1.5 Питання до розділу I

1. Дати характеристику виробу та його елементів
2. У чому полягає побудова процесів загального й вузлового складання?
3. Яка відмінність між виробничим і технологічним процесами?
4. Що розуміють під технологічним процесом механічної обробки, на які стадії він розподіляється?
5. Навести класифікацію елементів технологічного процесу механічної обробки
6. Якими показниками оцінюється процес обробки заготовок деталей або складання виробу?
7. На які види розподіляються роботи в машинобудівному виробництві?
8. Чим характеризуються одиночне і серійне виробництво?
9. Які переваги притаманні масовому виробництву?
10. У чому полягає сутність поточного методу організації робіт і які використовують поточні лінії в серійному виробництві?
11. Перелічити види припусків на механічну обробку деталей і оцінити їх вплив на розмір заготовки
12. Які фактори впливають на величину припуску та які аналітичні залежності застосовують для його визначення з урахуванням виду площин?

13. Навести класифікацію технологічних баз
14. Якими міркуваннями потрібно керуватися при виборі баз у процесі обробки заготовок у пристроях?
15. У чому сутність взаємозамінюваності, які розрізняють її види?
16. Дати характеристику понять про розміри, відхилення, допуски й квалітети
17. Перелічити види посадок деталей і системи утворення
18. Які посадки використовують для різних видів з'єднання елементів транспортних засобів?
19. Які відхилення застосовують для оцінки точності виготовлення деталей?
20. Навести знаки умовного позначення допусків форми та розміщення поверхонь
21. Якими параметрами оцінюється шорсткість поверхні?
22. У чому полягає принцип роботи приладів для якісної та кількісної оцінки шорсткості поверхні деталей
23. Сутність типізації та групового методу обробки.
24. Методи і форми організації технологічних процесів механічної обробки в різних типах виробництва. Такт випуску виробів.
25. Методи і форми організації технологічних процесів складання в різних типах виробництва.
26. Що таке жорсткість системи верстат – пристосування – інструмент - заготовка і який вплив вона надає на точність обробки?
27. Який вплив на точність обробки роблять геометричні погрешності верстата, пристосування і інструменту, розмірний знос ріжучого інструменту.
28. Температурні деформації системи верстат – пристосування – інструмент – заготовка, погрешності налаштування інструменту на розмір.
29. Як впливає якість поверхні на експлуатаційні властивості деталей машин?
30. Пути поліпшення якості обробленої поверхні деталей машин?

РОЗДІЛ II

ТЕХНОЛОГІЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВОК І СКЛАДЕННЯ МАШИН

2.1 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовок деталі

Мета роботи - ознайомитися з методикою визначення і техніко-економічного обґрунтування вибору заготовок деталі.

2.1.1 Загальні положення

У машинобудуванні для одержання заготовок найбільш широко застосовують лиття, обробку металів тиском і зварювання, а також комбінації цих методів. Однак кожен з методів має велику кількість способів одержання заготовок.

Заготовками для виготовлення деталей механізмів можуть служити:

Відливка, отримана різними методами, застосовуються для виготовлення деталей складної форми з чавуну, кольорових металів і спеціальної литної сталі (до позначення марки сталі додається індекс Л). Методами литва в заготовці можуть бути отримані отвори різної форми. Заготовки-відливки характеризуються підвищеною шорсткістю поверхні, підвищеною твердістю поверхневого шару (кірки), великими величинами припусків на обробку і високою вартістю; поковки, застосовуються для виготовлення деталей з пластичних металів менш складною, чим у відливань, конфігурації, але маючих великі перепади розмірів (наприклад - діаметрів). Методами кування отвор, як правило, не отримують. Виняток становлять випадки, коли отримання отвору іншими способами економічно недоцільно.

Заготовки-поковки характеризуються меншою, ніж у відливань шорсткістю поверхні, але більшою хвилястістю; підвищеною твердістю поверхневого шару (кірки), великими величинами припусків на обробку і невисокою вартістю;

Штамповка застосовується для виготовлення деталей з пластичних металів складнішою, ніж у відливань, конфігурації. При штампуванні можливе отримання отворів будь-якої форми і

конфігурації. Заготовка-штамповка відрізняється малою шорсткістю поверхні, високою точністю, малими значеннями припусків на обробку і найвищою вартістю. Заготовки-штамповки застосовують в тих випадках, коли є поверхні, які неможливо обробити механічно, але потрібно їх висока якість.

Сортовий прокат. Його основна гідність - дешевизна. Він виготовляється із сталі і кольорових металів у вигляді прутків різної форми поперечного перерізу (круг, квадрат, шестигранник, труба, тавр і т. ін.). Заготовки з прокату знайшли найширше застосування завдяки своїй простоті і дешевизні. Істотним недоліком є низький коефіцієнт використання матеріалу.

Найпершим критерієм при виборі типу заготовки служит матеріал з якого виготовляється деталь: сталь - прокат, поковка, штамповка, рідше - відливка; чавун - різні способи литва; цвітні метали - прокат, відливка, рідше - штампування.

Другим критерієм є технологічні можливості кожного з типів: для деталей простої форми переважний прокат; для деталей середніх і великих розмірів простої форми з великими перепадами розмірів - поковка; менш прийнятні, із-за високої вартості, відливання або штампування; для деталей складної форми - відливання або штампування.

2.1.2 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки

Вибір типу заготовки за цими критеріями є приблизним. Їм може задовольняти відразу декілька варіантів заготовок. Наприклад – фланець (рис.5).

Для точнішого визначення вимагається виконати економічний розрахунок – розрахунок технологічної собівартості виготовлення деталі. Цей розрахунок досить складений і вимагає використання великого числа економічних даних реального підприємства. Внавчальних цілях допускається замість розрахунку технологічної собівартості визначити вартість заготівки додати до неї вартість відмітних операцій.

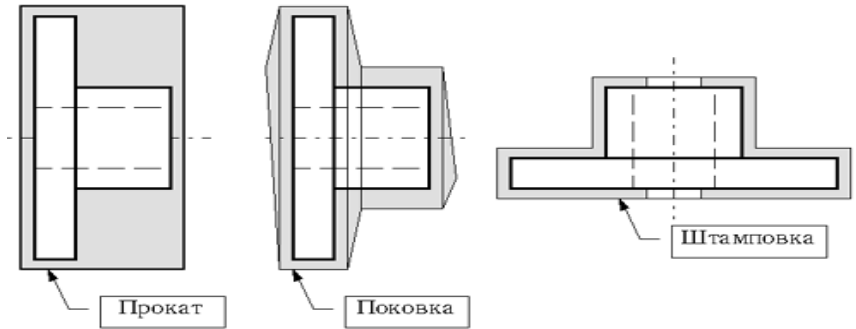


Рисунок 5. Фланець

Якщо при цьому вибрані методи отримання заготовки виходять рівноцінними, перевагу слід віддати варіанту з більш високим коефіцієнтом використання матеріалу g .

Він показує – скільки % матеріалу заготовки використовується за призначенням, а скільки йде у відходи, в стружку. Остаточне рішення про вибір конкретного способу з отриманого переліку (результати першого етапу) приймається після визначення і порівняння собівартості отримання заготовки для кожного з рекомендованих видів.

Собівартість виробництва заготовок, без урахування витрат на попередню механічну обробку, для способів литва і обробки тиском визначається по залежності:

$$C_{\text{заг}} = \left[\frac{C + K_{\text{т.о}}}{1000} G_{\text{заг}} K_{\text{т}} K_{\text{с}} - (G_{\text{заг}} - G_{\text{д}}) \frac{S_{\text{отх}}}{1000} \right] K_{\text{ф}} \quad (6.1)$$

де C - базова вартість 1 т заготовок, грн./т (табл. 15-18);

$K_{\text{т.о}}$ - коефіцієнт доплати за термічну обробку і очищення заготовок, грн./т (табл. 19);

$G_{\text{заг}}$ - маса заготовки, кг;

$K_{\text{т}}$ - коефіцієнт, що враховує точнісні характеристики заготовок (табл. 20);

$K_{\text{с}}$ - коефіцієнт, що враховує серійність випуска заготовок (т. 21- 23);

$G_{\text{д}}$ - маса деталі, кг;

$S_{\text{отх}}$ - вартість 1 т отходів (стружки), грн.;

$K_{\text{ф}}$ - коефіцієнт, що враховує інфляцію.

Таблиця 15

Оптова ціна 1 т відливань з чавуну, грн.

Маса однієї отливки, кг	Група складності					
	1	2	3	4	5	6
4,5	322	401	496	590	704	843
5,65	316	394	486	579	691	827
7,15	310	386	477	569	677	811
9	304	379	468	557	665	796

Таблиця 16

Оптова ціна 1 т відливань зі сталі, грн.

Маса однієї отливки, кг	Група складності					
	1	2	3	4	5	6
14,25	352	439	542	645	770	922
18	346	431	533	634	756	906
22,5	341	424	524	623	744	891
28,25	335	417	515	613	732	876

Таблиця 17

Оптова ціна 1 т поковок, грн.

Маса однієї поковки, кг	Група складності			
	1	2	3	4
2,825	398	452	506	567
3,575	382	432	485	544
4,5	368	418	468	524
5,65	354	403	450	504
7,15	342	389	435	486
9	332	376	422	472
11,25	321	365	409	458

Маса заготовки:

$$G_{\text{заг}} = \frac{G_{\text{д}}}{K_{\text{в.т}}}, \quad (6.2)$$

де $K_{\text{в.т}}$ - коефіцієнт вагової точності (табл. 12).

Таблиця 18

Оптова ціна 1 т штамповок, грн.

Маса штамповки, кг	однієї	Група складності			
		1	2	3	4
1,8		508	577	647	724
2,25		482	548	613	686
2,825		457	519	582	651
3,575		439	499	558	625
4,5		422	480	538	602
5,65		407	463	517	579
7,15		393	446	500	559
9		381	432	484	542
11,25		369	419	469	526

Таблиця 19

Доплати за термообробку і очищення заготовок

Вид термообробки	Кт.о, грн./т
Отжиг	15
Нормалізація	25
Очищення від окалини	8

Таблиця 20

Коефіцієнт Кт, клас точності розмірів

Спосіб литва	Кт
У піщано-глинисті форми(ПГФ), в оболонкові форми	1,165
У кокіль, відцентрове литво	1,27
По моделях, що виплавляються,	1,67

Таблиця 21

Коефіцієнт Кс, що враховує серійність випуску заготовок-поковок масою 2,5-10 кг

Число поковок у річному замовленні, шт.	Кс
125 і менш	1,5
126-250	1,25
251-500	1,1
Вище 501	1

Таблиця 22

Коефіцієнт Кс, що враховує серійність випуску
штампувань

Група серійності	Число гарячих штампувань в річному замовленні при масі одного штампування, кг				Кс
	1,6-2,5	2,5-4,0	4,0-10	10-25	
5	700 і менш	650 і менш	500 і менш	400 і менш	За угодою з покупцем
4	701-1400	651—1250	501-1000	401-750	1,3
3	1401-4500	1251-4000	1001-3500	751-3000	1,15
2	4501-120000	1001-100000	3501-75000	3001-50000	1,0
1	Вище 120 000	Вище 100 000	Вище 75 000	Вище 50 000	0,9

Таблиця 23

Коефіцієнт Кс, що враховує серійність випуску
відливань

Розмір партії, шт.	Кс	Розмір партії, шт.	Кс
Менш 200	1,23	12 001-20 000	1,03
201-1000	1,15	20 001—75 000	1,0
1001- 4000	1,1	75 001-200 000	0,97
4001-12 000	1,06		

Порівняння способів виробництва заготовок за їх собівартістю дозволяє вибрати оптимальний метод і спосіб.

2.1.3 Приклад виконання самостійної роботи №5

Приклад 2.3.1 Визначити собівартість виготовлення заготовки для деталі „вал-шестерня”, отриманим штампуванням на молотах - креслення ТМ1 (додаток 1). Річна програма випуску - 10 000 шт.

Рішення.

1) Собівартість виробництва заготовки - штампування на молотах визначається по залежності (6.1) :

$$G_{\text{заг}} = \frac{G_{\text{д}}}{K_{\text{в.т}}}$$

Оскільки $K_{\text{в.т}} = 0,8$ (табл. 12), $G_{\text{д}} = 6,3$ кг, то $G_{\text{заг}} = 6,3/0,8 = 7,9$ кг.

$$2) C = C_1 - \frac{(C_1 - C_2)(G_{\text{заг}} - M_1)}{M_2 - M_1}$$

Оскільки $M_1 = 7,15$ кг, $M_2 = 9$ кг, $C_1 = 446$ грн., $C_2 = 432$ грн. (табл. 18), то

$$C = 446 - \frac{(446 - 432)(7,9 - 7,15)}{9 - 7,15} = 440,3 \text{ грн}$$

$$3) C_{\text{заг}} = \left[\frac{C + K_{\text{т.о}}}{1000} G_{\text{заг}} K_{\text{т}} K_{\text{с}} - (G_{\text{заг}} - G_{\text{д}}) \frac{S_{\text{отх}}}{1000} \right] K_{\text{ф}}$$

Оскільки $K_{\text{т.о}} = 8$ (див. табл.19), $K_{\text{т}}$ для штамповок, поковок, проката не враховується, $K_{\text{с}} = 1$ (табл. 22), $S_{\text{отх}} = 27$ грн./т, $K_{\text{ф}} = 5$, то

$$C_{\text{заг}} = \left[\frac{440,3 + 8}{1000} \cdot 7,9 \cdot 1 - (7,9 - 6,3) \frac{27}{1000} \right] \cdot 5 = 17,5 \text{ грн.}$$

Отже, вартість заготовки-штамповки для ТМ 1 - 17,5 грн.

Приклад 2.3.2 Вибрати заготовку для втулки (рис. 6.2, а), виходячи із приведених витрат. втулки – сталь 45, маса готової деталі – 3,3 кг. Річна програма – 30 000 шт. поточне, масове; $\frac{F}{A} = 3987$ ч.

Як заготовку можна прийняти гарячекатану трубу (рис. 6, в) або штамповку, отриману на ГKM (рис. 6, б).

В першому випадку потрібно виконати додаткову токарну обробку зовнішніх поверхонь труби до розмірів штампованої.

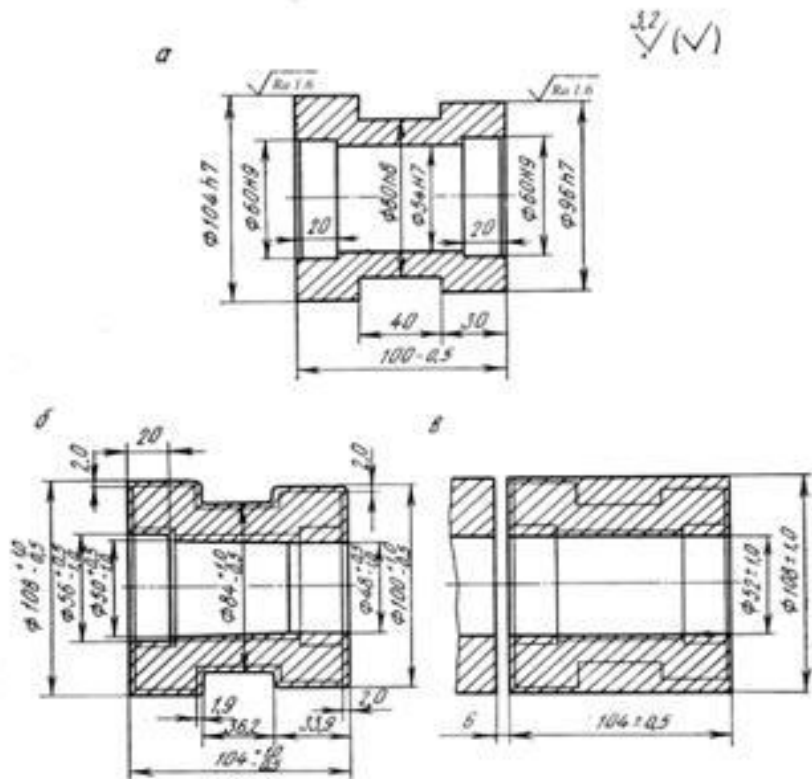


Рисунок 6. Втулка: а – оброблена деталь; б – штамповка на ГKM; в – заготовка із труби.

Токарна обробка може бути виконана на гідрокопіювальному напівавтоматі 1Н713ГС; $T_{шт.} = 5,7$ хв.

Вартість заготовки в обох випадках може бути визначена за вихідними даними таблиця 24.

Вартість заготовки із труби: $S'_{заг} = M + \sum C_{оз.}$;

$$M = 6,1 \cdot 0,183 - (6,1 - 3,3) \frac{23}{100} = 1,052 \text{ грн.}$$

Вартість відрізки штучної заготовки дисковою сегментною пилою при $T_{шт.} = 3$ хв, $C_{пз.} = 121$ коп./г:

$$C_{o,3} = \frac{121 \cdot 3}{60 \cdot 100 \cdot 1,3} = 0,046 \text{ грн.};$$

$$S_{3ar}^* = 1,052 + 0,046 = 1,098 \text{ грн.}$$

Вартість додаткової токарної обробки заготовки із труби при вихідних даних: верстат 1Н713ГС; Ц = 7500 грн.; f = 2,5 м²; T_{шт.} = 5,7 хв; η_з = 0,7; M = 1, K_м = 1,8; 2-й розряд роботи; E_н = 0,15; F = 10,5 м²:

$$C_3 = 54,8 \cdot 1,53 \cdot 1,15 \cdot 1 = 96,42 \text{ коп./Г;}$$

$$C_{ч,3} = 44,6 \cdot 1,8 = 80,28 \text{ коп./Г;}$$

$$K_c = \frac{7500 \cdot 100}{3987 \cdot 0,7} = 268,73 \text{ коп./Г;}$$

$$K_3 = \frac{10,5 \cdot 78,4 \cdot 100}{3987 \cdot 0,7} = 29,5 \text{ коп./Г;}$$

$$C_{п,3} = 96,42 + 80,28 + 0,15(268,73 + 29,5) = 221,43$$

$$C_o = \frac{221,43 \cdot 5,7}{60 \cdot 1,3} = 16,18 \text{ коп.} \approx 0,162 \text{ грн.}$$

Вартість заготовки із труби з врахуванням токарної дробки: C_т = 1,098 + 0,162 = 1,26 грн.

Таблиця 24

Вихідні дані для розрахунку вартості заготовок		
Найменування показників	Перший варіант	Другий варіант
Вид заготовки	Труба горячекатана 108 × 52 × 104	Штамповка наГКМ
Клас точності	–	2-й
Група складності	–	–
Маса заготовки Q, кг	6,1	4,9
Вартість 1 т заготовок, прийнятих на базу С _і , грн	183	373
Вартість 1 т відходів S _{отх} , грн	23	23
Вартість штампованої заготовки		
$S_{3ar}^* = \left(\frac{373}{1000} \cdot 4,9 \cdot 1 \cdot 0,84 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (4,9 - 3,3) \cdot \frac{23}{100} = 1,3 \text{ грн.}$		

Таким чином, по мінімуму приведених витрат перевагу слід віддати заготовці з гарячекатаної труби. Проте, з точки зору економії металлу, штампована заготовка краща, тому що на кожній деталі економія 1,2 кг металу.

2.1.4 Завдання до самостійної роботи №5

Аналогічно визначають вартість різних варіантів отримання заготовок в завданні (таблиця 24). Другий етап рішення задачі по вибору способу отримання заготовок – порівняння різних методів отримання заготовки (додаток 1, креслення ТМ2 – ТМ10).

2.1.5 Запитання для самоконтролю

1. Основні методи одержання заготовок в машинобудуванні
2. Критерії вибору типу заготовки
3. Економічне обґрунтування вибору заготовки

2.2 Призначення припусків на обробку поверхонь

Мета роботи – навчитися розраховувати припуски на механічну обробку поверхонь деталей з катанних, кованих і литих заготовок.

2.2.1 Загальні положення

Сутність механічної обробки полягає у видаленні поверхневих шарів матеріалу заготовки для забезпечення необхідних розмірів, форми і якості поверхневого шару деталей. Величина шару, що знімається, визначає якість деталі, трудомісткість, коефіцієнт використання матеріалу заготовки, надійність технологічних процесів, собівартість деталі та ін.

Припуском на обробку Z називають шар матеріалу, який необхідно видалити з поверхні заготовки в процесі її обробки. Поверхні, що не підлягають обробці, припусків не мають. Припуск із поверхні заготовки може бути знятий за одну операцію чи при виконанні декількох операцій.

Операційний припуск Z_i – шар матеріалу, який необхідно видалити в одній операції (переході).

Загальний припуск $Z_{заг}$ – це шар матеріалу, який видаляється з заготовки протягом всіх операцій для одержання необхідної форми, розміру і якості поверхневого шару готової деталі.

Розрахунковий припуск визначається необхідністю здобуття заданих точності і шорсткості поверхні деталі.

Напуск визначається технологічними можливостями заготовчого виробництва (необхідність ливарних або штампувальних ухилів, радіуси переходів, спрощення конфігурації, неможливість виконати отвір, пази, канавки і т. ін. На рис. 7 наведено класифікацію припусків у залежності від розміщення на заготовці.

Припуски можуть бути асиметричними і симетричними.

Асиметричними називають припуски, що знімаються з однієї поверхні чи з двох протилежних (рис. 7, а) послідовно.

Симетричними вважають припуски на внутрішніх або зовнішніх поверхнях обертання, а також однакові на двох протилежних поверхнях, які обробляють одночасно (рис. 7, б).

Іноді виготовлення складних заготовок з економічних і технічних причин недоцільно. Форма заготовки у таких випадках відрізняється від форми деталі істотно. Доданий до заготовки матеріал для спрощення її форми при виготовленні одержав назву напуск. Прикладом може бути заготовка колінчастого вала (рис. 8).

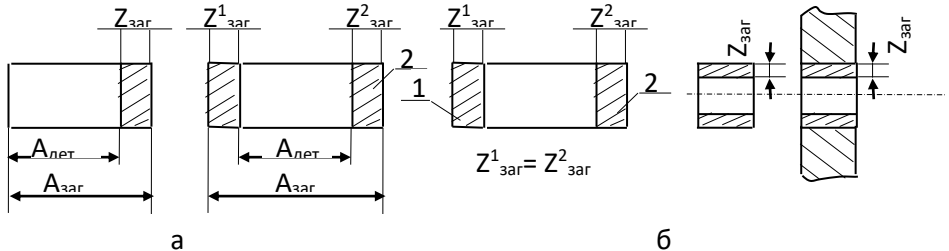


Рисунок 7. Класифікація припусків: а – асиметричний, б – симетричний, де $A_{заг}$ – розмір заготовки; $Z_{заг}$ – загальний припуск

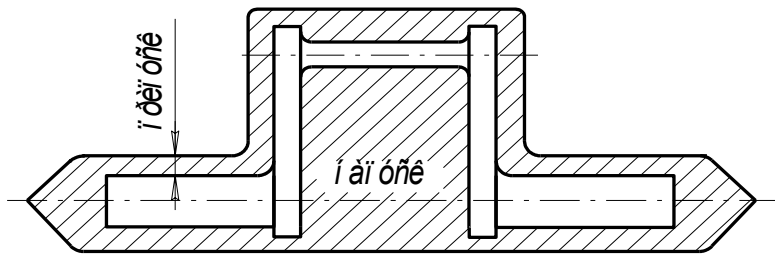


Рисунок 8. Заготовка колінчастого вала з напуском

Крім класифікації припусків, згідно з характером розміщення на заготовці їх можна класифікувати за складом (рис. 9):

Z - для асиметричних, $2Z$ – для симетричних.

- $Z_{\min}(2Z_{\min})$ – мінімальний;
- $Z_{\max}(2Z_{\max})$ – максимальний;
- $Z_{\max i}(2Z_{\max i}) = Z_{\min i}(2Z_{\min i}) + T_i + T_{i-1}$;
- $Z_{\text{ном}}(2Z_{\text{ном}})$ – номінальний;

$$- Z_{\text{ном } i}(2Z_{\text{ном } i}) = Z_{\text{мин } i}(2Z_{\text{мин } i}) + T_{i-1}.$$

Перелічені за складом припуски можуть бути як операційні з індексом Z_i – i операції, так і загальні з індексом $Z_{\text{заг}}$.

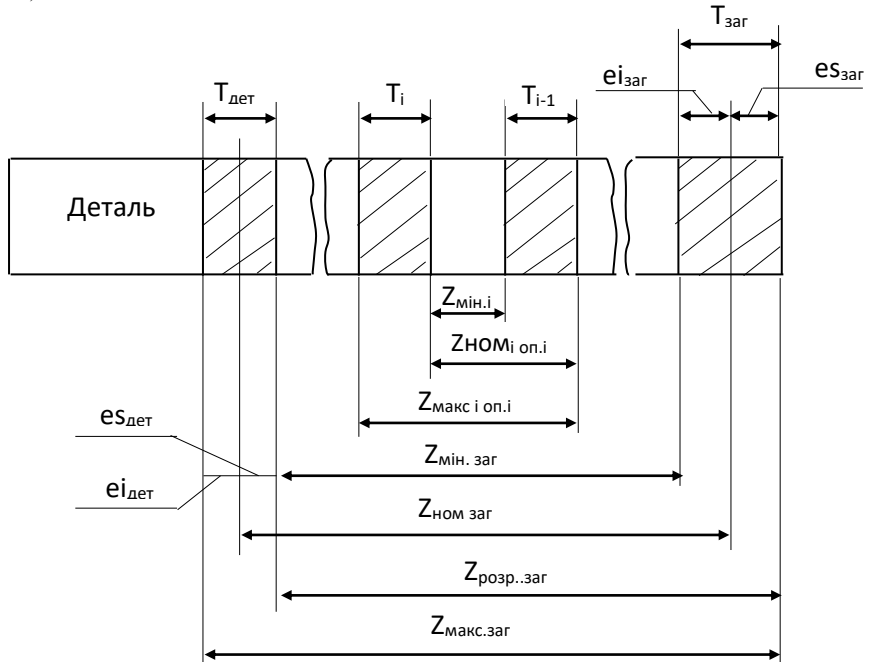


Рисунок 9. Склад операційних і загальних припусків (для вала)

2.2.2 Методи визначення припусків

Існують такі методи визначення припусків:

- дослідно-статистичний;
- розрахунково-аналітичний;
- у процесі розрахунку технологічних розмірних ланцюгів.

Метод визначення припусків визначається типом виробництва. У одиничному виробництві застосовують табличний метод. Припуски визначають по таблицях, складених на базі статистичного аналізу багаточисельних практичних даних і теоретичних розрахунків для різних умов обробки.

Перевагою табличного методу є його простота. Недолік методу полягає в тому, що значення припусків виходять завищеними, що здорожує обробку.

У дрібносерійному і середньосерійному виробництві застосовують метод розрахунку припусків підсумовуванням по переходах. У основі методу лежить визначення припуску для кожного переходу з врахуванням точності операційної заготовки, якості поверхневого шару заготовки, точність установки заготовки в пристосуванні і подальше підсумовування операційних припусків.

2.2.2.1 Сутність дослідно – статистичного методу

При використанні цього методу загальні та операційні припуски беруться з таблиць, що складаються на основі узагальнення і систематизації виробничих даних передових заводів. Такі таблиці належать (складовою частиною) до відповідних державних стандартів на заготовки, отримані різноманітними методами, наприклад.

За допомогою дослідно-статистичного методу можна розв'язати такі 2 задачі.

Задача 1. Визначити загальний припуск на механічну обробку, наприклад, за ДСТУ 2391-94:

- розрахувати розмір заготовки;
- розподілити загальний припуск на операційні відповідно до точності операцій.

При цьому варто мати на увазі, що в державних стандартах наведені значення загальних номінальних припусків $Z_{\text{заг.ном}}$ ($2Z_{\text{заг.ном}}$), показані на рис. 9. Тому, додавши їх до номінального розміру деталі, одержимо номінальний розмір заготовки.

Приклад: розмір деталі $40_{-0,1}$.

Табличне значення загального припуску $Z_{\text{табл}}=3$ мм.

Розмір заготовки $A_{\text{ном}} = 40+3=43_{+ei}^{+es}$.

Операційні припуски при 2 і 3 етапах обробки (операціях) у маршруті обробки поверхні визначаються таким чином:

При 2 операціях: $Z_{\text{чорн}}= (70\% Z_{\text{табл}})$;

$Z_{\text{чист}} = (30\% Z_{\text{табл}})$.

Для нашого прикладу:

$$Z_{\text{чорн}} = (3 \times 0,7) = 2,1 \text{ мм};$$

$$Z_{\text{чист}} = (3 \times 0,3) = 0,9 \text{ мм.}$$

При 3 операціях: $Z_{\text{чор}} = (60\% Z_{\text{табл}}) = 1,8 \text{ мм};$

$$Z_{\text{чист}} = (30\% Z_{\text{табл}}) = 0,9 \text{ мм};$$

$$Z_{\text{фініш}} = (10\% Z_{\text{табл}}) = 0,3 \text{ мм.}$$

Задача 2. Визначити операційні мінімальні припуски, склавши їх, розрахувати розмір заготовки.

При цьому необхідно для кожної операції визначити допуск відповідно до економічного квалітета точності способу обробки і розміру поверхні, включаючи і допуск заготовки.

Номинальний розмір заготовки визначається за формулою (7.1) для охоплюваних поверхонь (валів) і до них прирівняних або за формулою (7.2) для охоплюючих поверхонь, (отвори) і до них прирівняних:

$$H_{\text{ном.заг}} = H_{\text{ном.дет}} + e_{i\text{дет}} + \sum_2^n Z_{\text{min}_i} (2Z_{\text{min}_i}) + \sum_1^n T_i - es_{\text{заг}} \quad (7.1)$$

$$H_{\text{ном.заг}} = H_{\text{ном.дет}} + ES_{\text{дет}} - \sum_2^n Z_{\text{min}_i} (2Z_{\text{min}_i}) - \sum_1^n T_i - EI_{\text{заг}} \quad (7.2)$$

де $H_{\text{ном.дет}}$ – номінальний розмір деталі;

n – кількість операцій маршруту обробки поверхні, включаючи виготовлення заготовки;

T_i – допуск i – ї операції;

es (ES) – верхнє відхилення допуску;

ei (EI) – нижнє відхилення допуску.

Недолік цього методу полягає в тому, що припуски призначаються без урахування конкретних умов побудови технологічних процесів: загальні припуски – без урахування маршруту обробки даної поверхні, а проміжні – без урахування схеми установки заготовки і похибок попередньої обробки. Дослідно-статистичні розміри припусків у багатьох випадках завищені, тому що вони орієнтовані на умови обробки, при яких припуск повинен бути таким, щоб гарантовано уникнути браку.

Розрахунок операційних розмірів проводять за схемою послідовного додавання (для отворів – віднімання), починаючи з максимального розміру поверхні (для отворів – мінімального розміру) мінімальних припусків і відповідних допусків для всіх передбачених для поверхні способів її обробки. При цьому треба мати на увазі, що при розрахунку номінального розміру

заготовки додають (для валів) або віднімають (для отворів) не весь допуск на заготовку, а їх нижнє ei (для валів) або верхнє ES (для отворів) відхилення (рис. 7.3).

2.2.2.2 Визначення припуску розрахунково-аналітичним методом

Метод визначення припусків на обробку розроблен проф. В. Кованом. При цьому методі розраховують мінімальний припуск на основі аналізу чинників, що впливають на формування припуску, з використанням нормативних матеріалів. Розрахунковою величиною припуску є мінімальний припуск на обробку, достатній для усунення на виконуваному переході погрішностей обробки і дефектів поверхневого шару, отриманих на попередньому переході, і для компенсації погрішностей, що виникають на виконуваному переході.

Мінімальний припуск:

а) при обробці зовнішніх і внутрішніх поверхонь (двосторонній припуск)

$$2Z_{i \min} = 2 \left[(Rz + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right]; \quad (7.3)$$

б) при обробці поверхонь обертання в центрах

$$2Z_{i \min} = 2 (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1}); \quad (7.4)$$

в) при послідовній обробці поверхонь, що протилежать (однобічний припуск)

$$Z_{i \min} = (Rz + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i; \quad (7.5)$$

г) при паралельній обробці поверхонь, що протилежать (двосторонній припуск)

$$2Z_{i \min} = 2 [(Rz + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i]; \quad (7.6)$$

где Rz_{i-1} – висота нерівностей профілю по десяти крапках на попередньому переході;

h_{i-1} – глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході;

$\Delta_{\Sigma i-1}$ – сумарне відхилення розташування поверхні (відхилення від паралельності, перпендикулярності, співісності) на попередньому переході;

ε_i – погрішність установки заготовки на виконуваному переході.

Відхилення розташування $\Delta\Sigma$ необхідно враховувати у заготовок (під перший технологічний перехід), після чорнової і напівчистої обробки лезвійним інструментом (під подальший технологічний перехід) і після термічної обробки. У зв'язку із закономірним зменшенням величини $\Delta\Sigma$ при обробці поверхні за декілька переходів на стадіях чистої і обробної обробки нею нехтують. На основі розрахунку проміжних припусків визначають граничні розміри заготовки по всім технологічним переходам.

Загальні припуски $Z_{0\max}$ и $Z_{0\min}$ знаходять як суму проміжних припусків на обробку:

$$Z_{0\max} = \sum Z_{i\max}, \quad (7.7)$$

$$Z_{0\min} = \sum Z_{i\min}. \quad (7.8)$$

Правильність розрахунків визначають по рівняннях:

$$Z_{i\max} - Z_{i\min} = T_{i-1} - T_i; \quad (7.9)$$

$$2Z_{i\max} - 2Z_{i\min} = T_{D_{i-1}} - T_{D_i}; \quad (7.10)$$

$$Z_{0\max} - Z_{0\min} = T_{\text{заг}} - T_{\text{дет}}; \quad (7.11)$$

$$2Z_{0\max} - 2Z_{0\min} = T_{D_{\text{заг}}} - T_{D_{\text{дет}}}, \quad (7.12)$$

де T_{i-1} , $T_{D_{i-1}}$ – допуски розмірів на попередньому переході;

T_i , T_{D_i} – допуски розмірів на виконуваному переході;

$T_{\text{заг}}$, $T_{D_{\text{заг}}}$ – допуски на заготовку;

$T_{\text{дет}}$, $T_{D_{\text{дет}}}$ – допуски на деталь.

2.2.3 Приклад виконання самостійної роботи №6

Триступінчатий вал виготовляється із сталі 45 методом штампування класу точності 5 Г згідно ДСТУ 7809:2015 (рис. 10). Маса заготовки 2 кг. Токарній операції передувала фрезірно-центрувальна операція, в результаті якої були оброблені торці і виконані центрові отвори.

Базування заготовки при фрезірно-центрувальній операції, здійснюється по поверхнях D1 і D3 ($D1 = D3 = 25$ мм). Вал з найбільшим діаметром D2 ступені має розмір $\varnothing 55h6 (-0,02)$ мм. Розрахувати проміжні припуски для обробки валу D2 аналітичним методом. Розрахувати проміжні розміри для виконання кожного переходу.

Рішення.

Відповідно заданим умовам встановлюємо маршрут обробки ступені D2 (додаток 2-4):

- а) чорнове обточування;
- б) чистове обточування;
- в) попереднє шліфування;
- г) остаточне шліфування.

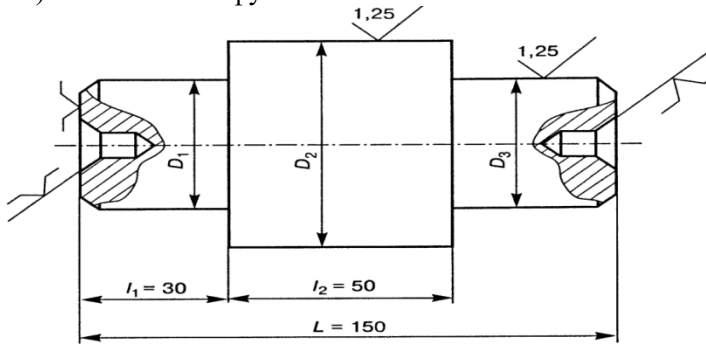


Рисунок 10. Ескіз вала (до задачі 2.2.3)

Вся вказана обробка виконується з установкою в центрах. Заносимо маршрут обробки в графу 1 таблиці 25. Дані для заповнення граф 2, 3 для штампованої заготовки узяті з додаток 1-7; для механічної обробки. Дані графи 8 для заготовки і механічної обробки узяті з додаток 2-3. Розрахунок відхилень розташування поверхонь штампованої заготовки при обробці в центрах виконують по формулі:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\Sigma k}^2 + \Delta_y^2} = \sqrt{24^2 + 500^2} \cong 500 \text{ мкм},$$

де $\Delta_{\Sigma k}$ - загальне відхилення осі від прямолінійності;

Δ_y - зсув осі в результаті погрішності центрування.

Загальне відхилення осі від прямолінійності:

$$\Delta_{\Sigma k} = 2\Delta_k L_k = 2 \cdot 0,15 \cdot 80 = 24 \text{ мкм}.$$

Де L_k - розмір від перетину, для якого визначається кривизна, до найближчого зовнішнього торця - рівний для даного випадку $L_k=L_1+L_2=80$ мм; Δ_k - питома кривизна в мікрометрах на 1 мм довжини (у маршруті передбачена правка заготовки на пресі, після якої $\Delta_k = 0,15$ мкм/мм; середній діаметр, який необхідно знати для вибору величини Δ_k , визначається як

$$D_{\text{ср}} = \frac{D_1 l_1 + D_2 l_2 + \dots + D_n l_n}{L} = \frac{25 \cdot 30 + 55 \cdot 50 + 25 \cdot 70}{150} = 35 \text{ мм.}$$

Зсув осі загоовки в результаті погрішності центрування

$$\Delta y = 0,25 \sqrt{T^2 + 1} = 0,25 \sqrt{1,8^2 + 1} = 0,5 \text{ мм,}$$

де $T=1,8$ мм - допуск на діаметральний розмір бази заготовки, використаної при центруванні.

Величину залишкових просторових відхилень чорнового обточування визначають по формулі:

$$\Delta r = K_y \cdot \Delta \Sigma = 0,06 \cdot 500 = 30 \text{ мкм,}$$

де K_y - коефіцієнт уточнення, рівний 0,06 (додаток Д2-Д7).

Величину залишкових просторових відхилень чистового обточування розраховують по формулі:

$$\Delta r = K_y \cdot \Delta \Sigma = 0,04 \cdot 30 = 1,2 \text{ мкм.}$$

Тут коефіцієнт уточнення K_y приймається рівним 0,04.

Таблиця 25

Результати розрахунку припусків на обробку і граничних розмірів по технологічним переходам

Маршрут обробки	Елементи припуска, мкм				Розрахунковий		Допускна проміжний Розмір, мм	Прийняті (закруглені) розміри загот. по переходах		Граничний припуск, мкм	
	Rz	h	$\Delta \Sigma$	ϵ_i	2Zi, мкм	min розмір, мм		Найбіл.	Наймен.	2Zmax	2Zmin
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Штамповка	160	200	500	-	-	57,12	2000	59,0	57,0	-	-
Точіння	50	50	30	0	1720	55,402	400	55,8	55,40	3,2	1,6
чорнове	25	25	1,2	0	260	55,142	120	55,2	55,15	0,53	0,25
чистове											
Шліфування:						55,040					
попереднє	10	20	0	0	102		60	55,1	55,04	0,17	0,11
остаточне	-	-	-	-	60	54,980	20	55,0	54,98	0,10	0,06

Розрахункові величини відхилень розташування поверхонь заносимо в графу 4 таблиці 25. Мінімальні припуски на діаметральні розміри для кожного переходу розраховуються по формулі (7.4):

а) чорнове обтачування $2Zi \min = 2(160 + 200 + 500) = 1720$ мкм;

б) чистове обтачування $2Zi \min = 2(50 + 50 + 30) = 260$ мкм;

в) попереднє шліфування $2Zi \min = 2(25 + 25 + 1,2) = 102$ мкм;

г) чистове шліфування $2Zi \min = 2(10 + 20) = 60$ мкм.

Розрахункові значення припусків заносимо в графу 6 таблиці 25. Розрахунок найменших розмірів по технологічних переходах починаємо з найменшого (найбільшого) розміру деталі по конструкторському кресленню і виробляємо по залежності $d_{i+1} = d_i + Zi \min$ в такій послідовності:

а) попереднє шліфування $54,980 + 0,060 = 55,040$ мм;

б) чистове обтачування $55,040 + 0,102 = 55,142$ мм;

в) чорнове обтачування $55,142 + 0,260 = 55,402$ мм;

г) заготовка $55,402 + 1,720 = 57,122$ мм.

Найменші розрахункові розміри заносимо в графу 7 таблиці 25, найменші граничні розміри (закруглені) - в графу 10 таблиці 25.

Найбільші граничні розміри по переходах розраховуємо по залежності $d_{i\max} = d_{i\min} + Tdi$ в такій послідовності:

а) остаточне шліфування $54,980 + 0,020 = 55$ мм;

б) попереднє шліфування $55,040 + 0,60 = 55,100$ мм;

в) чистове обтачування $55,15 + 0,120 = 55,270$ мм;

г) чорнове обтачування $55,40 + 0,400 = 55,800$ мм;

д) заготовка $57,0 + 2,0 = 59$ мм.

Результати розрахунків заносимо в графу 9 таблиця 25.

Фактичні мінімальні і максимальні припуски по переходах розраховуємо в такій послідовності.

Максимальні припуски:

$$55,100 - 55,0 = 0,100 \text{ мм};$$

$$55,270 - 55,100 = 0,170 \text{ мм};$$

$$55,80 - 55,270 = 0,530 \text{ мм};$$

$$59,0 - 55,80 = 3,2 \text{ мм}.$$

Мінімальні припуски:

$$55,040 - 54,980 = 0,06 \text{ мм};$$

$$55,150 - 55,040 = 0,11 \text{ мм};$$

$$55,40 - 55,15 = 0,25 \text{ мм};$$

$$57,00 - 55,40 = 1,6 \text{ мм}.$$

Результати розрахунків заносимо в графи 11, 12 табл. 25.

Визначаємо загальні припуски: загальний найбільший припуск:

$$Z_{o \max} = \sum Z_{\max} = 0,1 + 0,17 + 0,53 + 3,2 = 4 \text{ мм};$$

Загальний найменший припуск:

$$Z_{o \min} = \sum Z_{\min} = 0,6 + 0,11 + 0,25 + 1,6 = 2,02 \text{ мм}.$$

Правильність розрахунків перевіряємо за формулою 7.11:

$$Z_{o \max} - Z_{o \min} = 4 - 2,02 = T_{\text{заг}} - T_{\text{дет}} = 2,0 - 0,02 = 1,98 \text{ мм}.$$

2.2.4 Завдання до самостійної роботи №6

Чотириступінчастий вал виготовляється з штампованої заготовки класу точності 5 Г за ДСТУ 7809:2015, що виготовлюється на молотах. Умови виконання операції і маршрут обробки елементарних поверхонь для варіантів 1-12 теж, що в завданні (таблиця 7, графа 1). Для варіантів 13-20 маршрут обробки поверхні той же, що і для варіантів 1-12, але перед попереднім шліфуванням передбачається термообробка заготовки в печі. Розрахувати припуски і проміжні розміри по переходах. Варіанти до задачі наведені в таблиці 26.

Таблиця 26

Вихідні дані

Варіант	Діаметри ступенів заготовки, мм			L, мм	Довжина ступенів заготовки, мм			Маса заготовки, G, кг
	D1	D2	D3		L1	L2	L3	

	D4							
1; 13	30	50	40n6	220	45	55	85	2,0
2; 14	45	65	55g6	260	55	65	95	4,7
3; 15	20	40	30h6	180	40	50	60	1,0
4; 16	50	75	60f7	350	70	120	80	8,2
5; 17	25	45	35k6	200	40	50	70	1,5
6; 18	60	80	70m6	300	80	120	50	9,1
7; 19	40	60	50d8	280	50	70	90	4,1
8; 20	70	90	80u7	350	75	125	90	13,8
9	35	55	45j6	240	50	60	90	2,9
10	55	75	65s6	300	65	85	85	7,5
11	50	60	50f7	260	40	65	60	3,8
12	20	35	30h6	200	50	60	60	1,6

2.2.5 Запитання для самоконтролю

1. Методи призначення припусків на обробку.
2. Що таке операційний розрахунковий та загальний припуск.
3. Сутність дослідно-статистичного методу.
4. Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків на обробку.

2.3 Призначення режиму різання при свердлінні, зенкеруванні і розгортанні

Мета роботи - вивчити методику призначення режимів різання по таблицях нормативів. Ознайомитися і набути навичок роботи з нормативами.

2.3.1 Загальні положення

Розрахунок проводиться одночасно з заповненням операційних або маршрутних карт технологічного процесу. Суміщення цих робіт виключає необхідність дублювання одних і тих самих відомостей в різних документах, оскільки в операційних (або маршрутних для серійного виробництва) картах повинні бути записані дані про обладнання, способи обробки, характеристика оброблюваної деталі та інші відомості, які використовуються для розрахунків режимів різання і не повинні повторно записуватись як вихідні дані для виконання розрахунку. Елементом, значною мірою пояснюючим ряд вихідних даних для розрахунку режимів різання, є операційний ескіз.

Розрахунок повинен виконуватися в тій формі і послідовності, які, доповнюючи технологічну карту, дозволяють скоротити час, необхідний для виконання самого розрахунку, і звести його в таку систему, яка дає можливість легко перевірити окремі елементи виконаного розрахунку. Розрахунок режимів різання пропонується вести у вигляді карт (розрахункових формулярів).

Найбільш поширений метод здобуття отворів різанням – **свердління**. Рух різання (головний рух) при свердлінні – обертальний рух, рух подачі – поступальний. Як інструмент при свердлінні застосовуються свердла. Найпоширеніші з них – спіральні, призначені для свердління і розсвердлювання отворів, глибина яких не перевищує 10 діаметрів свердла. Шорсткість поверхні після свердління $Ra=12,5\div 6,3$ мкм, точність по 11-14 квалітету. Для здобуття точніших отворів (8-9 квалітет) з шорсткістю поверхні $Ra=6,3\div 3,2$ мкм застосовують **зенкерування**. Виконавчі діаметри стандартних зенкерів

відповідають ДСТУ1677-75. **Розгортання** забезпечує виготовлення отворів підвищеної точності (5-7 квалітет) низької шорсткості до Ra=0,4 мкм.

Відмітною особливістю призначення режиму різання при свердлінні є те, що глибина різання $t=d/2$, при розсвердлюванні, зенкеруванні і розгортанні $t = \frac{D - d}{2}$, мм.

При розсвердлюванні отворів подача, що рекомендується для свердління, може бути збільшена в 2 рази. Порядок призначення останніх елементів режиму різання аналогічний призначенню режимів різання при токарній обробці.

Середні значення припусків на діаметр, що знімаються зенкерами і розгортками.

2.3.2 Приклад виконання самостійної роботи № 7

На вертикально-свердлувальному верстаті 2Н125 обробити крізний отвір діаметром 25H7 (Ra=1,6 мкм), l=125 мм. Матеріал заготовки СЧ18, HB210.

Необхідно: вибрати ріжучий інструмент, призначити режим різання по таблицях нормативів, визначити основний час.

Рішення:

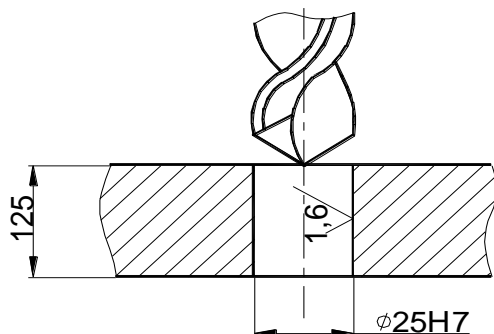


Рисунок 11. Ескіз обробки

Вибір інструменту.

Згідно вихідних даних операція виконується в три переходи: свердління, зенкерування і розгортання. Для свердління чавуну СЧ18 HB210 згідно [6] вибираємо свердло

$D=22$ мм із сталі P18, заточене по методу В.І. Жірова, $2\varphi = 118^\circ$; $2\varphi_0=70^\circ$; для зенкерування – цілісний зенкер $D=24,9$ мм із сталі P18; $\varphi = 45^\circ$; $\alpha_p = 10^\circ$; для розгортання – цілісну розгортку $D=25$ мм, $\varphi = 5^\circ$ із сталі P18.

Вибір режиму різання.

Розрахунок режимів різання здійснимий в традиційній послідовності з використанням даних [6].

Перший перехід

Вибір подачі.

Для свердління чавуну HB210 свердлом діаметром 22 мм вибираємо подачу $S=0,65 \div 0,75$ мм/об. З врахуванням поправочного коефіцієнта на довжину свердління $K_{ls}=0,9$ отримуємо розрахункові величини подач $S=0,59 \div 0,68$ мм/об.

По паспорту верстата встановлюємо найближчу подачу до розрахункової $S=0,56$ мм/об.

Вибір швидкості і числа зворотів.

Виходячи з діаметру свердла 22 мм і встановленої подачі $S=0,56$ мм/об, методом подвійної інтерполяції визначаємо нормативні швидкість різання і число зворотів (швидше і зручніше вести розрахунок лише по числу зворотів).

$$n_n = 396 \text{ об/хв.}$$

Враховуючи поправочні коефіцієнти на заточування свердла по методу В.І. Жірова (ЖДП) $K_{fv} = 1,05$, на довжину свердління ($l=5D$), $K_{lv} = 0,75$ і на механічні властивості сірого чавуну HB210 $K_{mv} = 0,88$, отримуємо розрахункове число зворотів в хвилину

$$N = n_n \cdot K_{fv} \cdot K_{lv} \cdot K_{mv} = 396 \cdot 1,05 \cdot 0,75 \cdot 0,88 = 274 \text{ об/хв.}$$

Найближче число зворотів по паспорту верстата $n=250$ об/хв. Тоді фактична швидкість різання буде рівна

$$V_\varphi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 22 \cdot 250}{1000} = 17,3 \text{ м/хв.}$$

Перевірка вибраного режиму по осьовому зусиллю і потужності.

Для встановлених умов свердління $D=22$ мм, $S=0,56$ мм/об і $n=250$ об/хв. методом подвійної інтерполяції отримуємо осьове зусилля $R_n=6010$ Н і крутячий момент, $M_{кр}=6572$ кг·мм.

З врахуванням поправочного коефіцієнту на оброблюваний матеріал $K_{M_M}=K_{M_P}=1,06$ і заточування по методу Жірова $K_{F_P}=0,66$ і $K_{F_M}=1$ отримуємо

$$P=P_n \cdot K_{M_P} \cdot K_{F_P}=6010 \cdot 1,06 \cdot 0,66=4205 \text{ Н}$$

По паспорту верстата найбільше зусилля, що допускається механізмом подачі, дорівнюється 15000Н.

$$M=M_{M_P} \cdot K_{M_M} \cdot K_{F_M}=6572 \cdot 1,06 \cdot 1=6966 \text{ кг}\cdot\text{мм.}$$

Користуючись графіком визначуваний при $M_{кр}=6966$ кг·мм і $n=250$ об/хв потужність, потрібну на різання: $N_{рез}=1,6$ кВт.

По паспорту станка (додаток 8) потужність на шпінделі

$$N_{э}=N_{д} \cdot \eta=4,5 \cdot 0,8=3,6 \text{ кВт}; N_{э}=3,6 > N_{рез}=1,6 \text{ кВт.}$$

Отже, верстат не лімітує вибраного режиму різання.

Другий перехід

Вибір подачі.

Для зенкерування отвору в сірому чавуні НВ210 зенкером діаметром 24,9 мм (25 мм) при подальшій обробці отвору однією розгорткою рекомендується подача $S=0,55 \div 0,6$ мм/об. Найближча подача по паспорту верстата $S=0,56$ мм/об.

Вибір швидкості різання і числа зворотів.

Виходячи з діаметру зенкера $D=24,9$ (25) мм, для подачі $S=0,56$ мм/об шляхом інтерполяції визначаємо число зворотів $n_n=329$ об/мін.

З врахуванням поправочного коефіцієнта на оброблюваний матеріал $K_{M_V}=0,88$ число зворотів буде рівне $n=n_n \cdot K_{M_V}=329 \cdot 0,88=289$ об/мін. Найближче число зворотів по паспорту верстата $n=250$ об/хв. Фактична швидкість різання

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 24,9 \cdot 250}{1000} = 19,6 \text{ м/хв.}$$

Третій перехід.

Вибір подачі.

Для розгортання отвору в сірому чавуні НВ>200 механічною розгорткою $D=25$ мм з чистотою поверхні отвору $Ra=1,6$ мкм рекомендується подача $S=1,9$ мм/об. Найближча подача по паспорту верстата $S=1,6$ мм/об.

Вибір швидкості різання і числа зворотів.

Для розгортання отвору діаметром 25 мм з подачею 1,6 мм/об рекомендується число зворотів $n_n=105$ об/хв. З врахуванням поправочного коефіцієнта на оброблюваний матеріал сірий чавун $HB>200$; $K_{m_n}=0,88$.

Тоді $n=p_n \cdot K_{m_n}=105 \cdot 0,88=92$ об/хв.

Найближче число зворотів по паспорту верстата $n=90$ об/хв.

Фактична швидкість різання

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 25 \cdot 90}{1000} = 7 \text{ м/мин.}$$

Визначення основного (технологічного) часу.

Величина урізування і перебігання інструментів l_1 при роботі на прохід для свердла з подвійним заточуванням рівна 12 мм; для зенкера 5 мм і для розгортки 30 мм. При довжині отвору $l=125$ мм основний (технологічний) час кожного переходу рівний

$$t_{01} = \frac{l + l_1}{S \cdot n} = \frac{125 + 12}{0,56 \cdot 250} = 0,98 \text{ хв.}$$

$$t_{02} = \frac{l + l_1}{S \cdot n} = \frac{125 + 5}{0,56 \cdot 250} = 0,93 \text{ хв.}$$

$$t_{03} = \frac{l + l_1}{S \cdot n} = \frac{125 + 30}{1,6 \cdot 90} = 1,0 \text{ хв.}$$

Основний час операції

$$T_0=t_{01}+t_{02}+t_{03}=0,98+0,93+1,0=2,91 \text{ хв.}$$

2.3.3 Завдання досамостійної роботи №7

Виконати розрахунок режиму різання по таблицях нормативів для обробки крізного отвору на вертикально-свердлувальному верстаті 2Н135 по заданому варіанту.

Вихідні дані в таблиці 27. Порядок виконання роботи аналогічний попередній.

Таблиця 27

Вихідні дані

№	Матеріал заготовки та його характеристики	Діаметр отвору D мм, параметр шорс-ткості, мкм	Длина отвору, мм

1	2	3	4
1	Сталь 12ХН2, $\sigma_B=800$ МПа	18Н7, Ra=1,6	50
2	Сталь 12ХН3А, $\sigma_B=950$ МПа	25Н5, Ra=0,4	60
3	Сірий чавун СЧ30, НВ200	30Н5, Ra=0,4	80
4	Сірий чавун СЧ20, НВ210	35Н7, Ra=1,6	90
5	Сталь 38ХА, $\sigma_B=680$ МПа	28Н7, Ra=1,6	55
6	Сталь 35, $\sigma_B=560$ МПа	38Н8, Ra=6,3	75
7	Сірий чавун СЧ15, НВ170	45Н9, Ra=3,2	45
8	Сірий чавун СЧ10, НВ160	17Н7, Ra=1,6	50
9	Сталь 40ХН, $\sigma_B=700$ МПа	45Н9, Ra=6,3	100
10	Сталь Ст3, $\sigma_B=600$ МПа	50Н9, Ra=6,3	60
11	Сталь 40Х, $\sigma_B=750$ МПа	22Н5, Ra=0,4	95
12	Сталь Ст5, $\sigma_B=600$ МПа	16Н5, Ra=0,4	30
13	Сірий чавун СЧ20, НВ180	38Н9, Ra=6,3	85
14	Сірий чавун СЧ20, НВ200	50Н9, Ra=3,2	50
15	Сталь 20Х, $\sigma_B=580$ МПа	20Н5, Ra=0,4	40
16	Сталь 50, $\sigma_B=750$ МПа	30Н7, Ra=1,6	60
17	Бронза Бр АЖН 10-4, НВ170	28Н7, Ra=1,6	55
18	Латунь ЛМцЖ 52-4-1, НВ220	40Н9, Ra=3,2	80
19	Сірий чавун СЧ30, НВ220	23Н5, Ra=0,4	45
20	Сірий чавун СЧ20, НВ220	32Н7, Ra=1,6	35
21	Сталь 30ХН3А, $\sigma_B=800$ МПа	20Н7, Ra=1,6	60
22	Сталь 30ХМ, $\sigma_B=780$ МПа	55Н8, Ra=3,2	110
23	Сталь 45, $\sigma_B=650$ МПа	48Н9, Ra=6,3	96
24	Сталь 20, $\sigma_B=500$ МПа	50Н8, Ra=3,2	100
25	Силумін АЛ4, НВ50	35Н7, Ra=1,6	60
26	Чавун КЧ35, НВ163	42Н9, Ra=6,3	50
27	Сталь 38ХС, $\sigma_B=950$ МПа	22Н5, Ra=0,4	45
28	Сталь 50, $\sigma_B=900$ МПа	37Н9, Ra=6,3	70
29	Чавун ЖЧХ, НВ280	32Н7, Ra=1,6	65
30	Чавун ВЧ60, НВ250	27Н5, Ra=0,4	55

2.3.4. Запитання для самоконтролю

1. Технологічні вимоги до конструкцій деталей, оброблюваних свердлінням
2. Основні операції точіння
3. Особливість процесу фрезерування
4. Технологічні вимоги до конструкцій деталей, оброблюваних різанням
5. Основні операції обробки заготовок на свердлильних верстатах
6. Вплив елементів різання на швидкість різання

2.4 Розрахунок режиму різання при фрезеруванні

Мета роботи - вивчити методику призначення режиму різання по таблицях нормативів. Ознайомитися і набути навичок роботи з нормативами.

2.4.1 Загальні положення

Фрезерування – один з найпродуктивніших методів обробки. Головний рух (рух різання) при фрезеруванні – обертальний; його здійснює фреза, рух подачі зазвичай прямолінійний, його здійснює фреза. Фрезеруванням можна отримати деталь точністю по 6-12 квалітету шорсткістю до $Ra=0,8$ мкм. Фрезерування здійснюється за допомогою багатозубого інструменту – фрези. Фрези по вигляду розрізняють: циліндрові, торцеві, дискові, прорізні і відрізні, кінцеві, фасонні; по конструкції – цілісні, складені і збірні.

При торцевому фрезеруванні (обробка торцевою фрезою) діаметр фрези D має бути більше ширини фрезерування B , тобто $D=(1,25\div 1,5) B$.

Для забезпечення продуктивних режимів роботи необхідно застосовувати зміщену схему фрезерування (є симетрична схема), для чого вісь заготовки зміщується відносно осі фрези.

При циліндровому фрезеруванні розрізняють зустрічне фрезерування, – коли вектор швидкості (напрямок обертання фрези) направлений назустріч напрямку подачі; і попутне фрезерування, коли вектор швидкості і напрям подачі направлені в один бік. Зустрічне фрезерування застосовують для чорнової обробки заготовок з ливарною кіркою, з великими припусками. Попутне фрезерування застосовують для чистової обробки нежорстких, заздалегідь оброблених заготовок з незначними припусками.

Глибина різання (фрезерування) t у всіх видах фрезерування, за винятком торцевого фрезерування і фрезерування шпонок, є розмір слою заготовки такого, що зрізається при фрезеруванні, вимірюваний перпендикулярно осі фрези.

При торцевому фрезеруванні і фрезеруванні шпонок фрезами шпон – вимірюють в напрямі паралельному осі фрези. При фрезеруванні розрізняють подачу на один зуб S_z подачу на один зворот фрези S і хвилинну подачу S_m мм/хв, які знаходяться в наступному співвідношенні:

$$S_m = S \cdot n = S_z \cdot z \cdot n,$$

де n – частота обертання фрези, об/хв; z – число зубів фрези.

При чорновому фрезеруванні призначають подачу на зуб; при чистовому фрезеруванні – подачу на один зворот фрези.

Швидкість різання – окружна швидкість фрези, визначається ріжучими властивостями інструменту. Її можна розрахувати по емпіричній формулі [22], [23].

2.4.2 Приклад виконання самостійної роботи №8

На вертикально-фрезерному верстаті 6P12 виробляється торцеве фрезерування плоскої поверхні шириною $B=80$ мм, довжиною $l=400$ мм, припуск на обробку $h=1,8$ мм. Оброблюваний матеріал сірий чавун СЧ30, HB220.

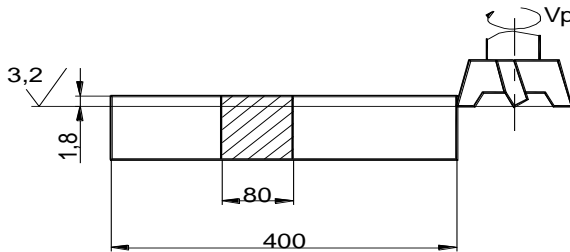


Рисунок 12. Ескіз обробки

Заготовка заздалегідь оброблена. Обробка остаточна, параметр шорсткості обробленої поверхні $Ra=3,2$ мкм. Необхідно: вибрати ріжучий інструмент, призначити режим різання з використанням таблиць нормативів, визначити основний (технологічний) час.

Рішення. Ескіз обробки

1. Вибір інструменту.

Для фрезерування на вертикально-фрезерному верстаті заготовки з чавуну вибираємо торцеву фрезу з пластинками з твердого сплаву ВК6, діаметром

$$D=(1,25\div 1,5)\cdot B=(1,25\div 1,5)\cdot 80=100\div 120 \text{ мм.}$$

Приймаємо $D=100$ мм; $z=10$.

Геометричні параметри фрези: $\varphi=60^\circ$, $\alpha=12^\circ$, $\gamma=10^\circ$, $\lambda=20^\circ$, $\varphi_1=5^\circ$.

Схема установки фрези – зміщена.

2. Режим різання.

2.1 Глибина різання.

Заданий припуск на чистову обробку зрізають за один прохід.

Тоді $t=h=1,8$ мм

2.2 Призначення подачі

Для здобуття шорсткості $R_a=6,3$ мкм подача на зворот $S_0=1,0\div 0,7$ мм/об.

Тоді подача на зуб фрези

$$S_z = \frac{S_0}{z} = \frac{1,0}{10} = 1,0 \text{ мм/зуб.}$$

2.3 Період стійкості фрези.

Для фрез торцевих діаметром до 110 мм з пластинками з твердого сплаву застосовують період стійкості $T=180$ хв.

2.4 Швидкість різання, що допускається ріжучими властивостями інструменту. Для обробки сірого чавуну фрезою діаметром до 110 мм, глибина різання t до 3,5 мм, подача до 0,1 мм/зуб., $V=203$ м/мин.

З врахуванням поправочних коефіцієнтів $K_{mv}=1$; $K_{nv}=1$; при $\frac{B}{D} = \frac{80}{100} = 0,8$; $K_{bv}=1$; $K_{\varphi v}=1$,

$$V=V\cdot K_{mv}\cdot K_{nv}\cdot K_{bv}\cdot K_{\varphi}=203\cdot 1=203 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя, відповідна знайдений швидкості різання $n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 203}{3,14 \cdot 100} = 643$ об/хв.

Коректуємо по паспорту верстата $n=630$ об/хв.

Дійсна швидкість різання

$$V_p = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 630}{1000} = 197,8 \text{ м/мин.}$$

2.5 Хвилинна подача $S_m = S_z \cdot z \cdot n = 0,1 \cdot 10 \cdot 630 = 630$ мм/хв. Це збігається з паспортними даними верстата.

3. Потужність, що витрачається на різання.

При фрезеруванні чавуну з твердістю до HB229, ширині фрезерування до 85 мм, глибині різання до 1,8 мм, подачі на зуб до 0,13 мм/зуб, хвилинній подачі до 660 мм/хв.

$$N_p = 3,8 \text{ кВт,}$$

3.1 Перевірка достатності потужності верстата.

Потужність на шпинделі верстата $N_{шп} = N_d \cdot \eta$; $N_d = 7,5$ кВт; $\eta = 0,8$ (по паспорту станка); $N_{шп} = 7,5 \cdot 0,8 = 6$ кВт.

Оскільки $N_{шп} = 6$ кВт $> N_p = 3,8$ кВт, то обробка можлива.

4. Основний час

$$T_o = \frac{L}{S_m},$$

де $L = l + l_1$.

Для торцевого фрезерування фрезою діаметром 100 мм, ширині фрезерування 80 мм, $l_1 = 23$ мм,

$$T_o = \frac{400 + 23}{630} = 0,67 \text{ хв.}$$

2.4.3 Завдання до самостійної роботи №8

Виконати розрахунок режиму різання по таблицях нормативів згідно варіанту.

Вихідні дані приведені в таблиці 28.

Таблиця 28

Вихідні дані

№	Вид заготовки та її характеристики	B, мм	l, мм	h, мм	Від обробки і параметр шорсткості, мкм	Модель станка
1	Сірий чавун СЧ30, HB200	100	600	5	Торцеве фрезерування, Ra=12,5	6P12
2	Сірий чавун СЧ20, HB210	150	500	4	Торцеве фрезерування, Ra=1,6	6P12
3	Сталь 38ХА, $\sigma_b = 680$ Мпа	80	400	6	Торцеве фрезерування, Ra=12,5	6P12

4	Сталь 35, $\sigma_b=360$ МПа	90	480	3,5	Торцеве фрезерування, Ra=1,6	6P12
5	Сірий чавун СЧ15, НВ170	50	300	3,5	Циліндрове фрезерування, Ra=3,2	6P82Г
6	Сірий чавун СЧ10, НВ160	80	250	1,5	Циліндрове фрезерування, Ra=3,2	6P82Г
7	Сталь 40ХН, $\sigma_b=700$ МПа	70	320	4	Циліндрове фрезерування, Ra=12,5	6P82Г
8	Сталь Ст3, $\sigma_b=600$ МПа	85	600	1,5	Циліндрове фрезерування, Ra=3,2	6P82Г
9	Сталь 40Х, $\sigma_b=750$ МПа	10	100	5	Фрезерувати паз, Ra=6,3	6P12
10	Сталь Ст5, $\sigma_b=600$ МПа	12	80	8	Фрезерувати паз, Ra=6,3	6P12
11	Сірий чавун СЧ20, НВ180	20	120	10	Фрезерувати паз, Ra=6,3	6P12
12	Сірий чавун СЧ20, НВ200	15	75	8	Фрезерувати паз, Ra=6,3	6P82Г
13	Сталь 20Х, $\sigma_b=580$ МПа	8	110	8	Фрезерувати паз, Ra=6,3	6P82Г
14	Сталь 50, $\sigma_b=750$ МПа	12	120	6	Фрезерувати паз, Ra=6,3	6P82Г
15	Бронза Бр АЖН 10-4 НВ170	100	300	4	Торцеве фрезерування, Ra=12,5	6P12
16	Латунь ЛМцЖ 52-4-1, НВ220	60	180	1,5	Торцеве фрезерування, Ra=1,6	6P12
17	Сірий чавун СЧ30, НВ220	180	200	4,5	Торцеве фрезерування, Ra=12,5	6P12
18	Сірий чавун СЧ20, НВ220	110	280	2,5	Торцеве фрезерування, Ra=3,2	6P12
19	Сталь 30ХНЗА, $\sigma_b=800$ МПа	80	320	5	Циліндрове фрезерування, Ra=12,5	6P82Г
20	Сталь 30ХН, $\sigma_b=780$ МПа	115	300	3	Циліндрове фрезерування, Ra=3,2	6P82Г
21	Сталь 45, $\sigma_b=650$ МПа	40	280	1,8	Циліндрове фрезерування, Ra=1,6	6P82Г
22	Сталь 20, $\sigma_b=500$ МПа	35	400	3,5	Циліндрове фрезерування, Ra=6,3	6P82Г
23	Силумін АЛ4, НВ50	55	250	4	Торцеве фрезерування Ra=6,3	6P12

24	Сталь 30ХМ, $\sigma_b=950$ МПа	70	310	4,5	Торцеве фрезерування, Ra=12,5	6P12
25	Сталь 18ХГТ, $\sigma_b=700$ МПа	85	350	2,5	Торцеве фрезерування, Ra=3,2	6P12
26	Чавун ВЧ60, HB250	120	300	5	Торцеве фрезерування, Ra=12,5	6P12
27	Сталь 50, $\sigma_b=900$ МПа	60	250	6	Торцеве фрезерування, Ra=6,3	6P12
28	Чавун КЧ60, HB169	200	450	5,5	Торцеве фрезерування, Ra=3,2	6P12
29	Сталь 18ХГТ, $\sigma_b=700$ МПа	85	300	4,5	Циліндрове фрезерування, Ra=12,5	6P82Г
30	Чавун ВЧ38, HB170	65	200	3	Циліндрове фрезерування, Ra=3,2	6P82Г

2.4.4 Запитання для самоконтролю

1. Основні види рухів при фрезеруванні.
2. Типи фрез.
3. Роботи, які виконуються на фрезерних верстатах.
4. Типи фрезерних верстатів.
5. Елементи режиму різання при фрезеруванні.
6. Порядок розрахунку елементів режиму різання

2.5 Розрахунок технологічної собівартості

Мета роботи – вивчити методику визначення технологічної собівартості нормативним методом

2.5.1 Загальні положення

При розрахунку технологічної собівартості деталі-операції може бути застосований поелементний або нормативний метод.

Тут приводиться методика розрахунку технологічної собівартості нормативним методом стосовно металорізального устаткування багатопредметної потокової лінії. Проте може виникнути необхідність розрахунку технологічної собівартості стосовно виробничих процесів, здійснюваних в інших цехах: складального, ливарного, ковальського, деревообробного і т.ін.

Технологічною собівартістю деталі називається та частина її повної собівартості, елементи якої істотно змінюються для різних варіантів технологічного процесу. До таких елементів, що змінюються, відносяться:

Сзаг – вартість вихідної заготовки;

Зо и *Звр* – заробітна плата відповідно верстатника (основного робітника) і наладчика (допоміжного робітника);

Ао – амортизаційні відрахування від обладнання;

Ато – амортизаційні відрахування від технологічного оснащення;

Ро – витрати на ремонт і обслуговування обладнання;

І – витрати на інструмент;

Ло – витрати на силову електроенергію;

Пл – витрати на амортизацію та вміст виробничих площин;

Ппр – витрати на підготовку і експлуатацію програм, що управляють (для верстатів з ЧПУ).

Сума останніх елементів є технологічною собівартістю обробки. Враховуючи, що порівнянню зазвичай піддаються окремі операції (або групи операцій), для оцінки варіантів доцільно порівнювати технологічну собівартість виконання операції

$$C_{оп} = Z_o + Z_{в.р} + A_o + A_{т.о} + P_o + И + L_o + П_л + П_{пр}. \quad (10.1)$$

Для кожної порівнюваної операції елементи, що входять в структуру C_{op} , можуть бути визначені прямою калькуляцією і нормативним методом з використанням нормативів по статтях собівартості, віднесених до однієї хвилини або однієї години роботи обладнання.

Метод прямої калькуляції є більш трудомістким, але і точнішим методом розрахунку собівартості. Порівняння варіантів на основі мінімуму технологічної собівартості виробляється, якщо порівнювані варіанти не вимагають для свого виконання істотних капітальних вкладень. Інакше оцінку варіантів слід вести на основі мінімуму приведених витрат

$$W_i = C_i + E_n K_i, \quad (10.2)$$

где C_i – технологічна собівартість виготовлення деталі (або виконання операції);

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень ($E_n=0,12$);

K_i – питомі капітальні вкладення, віднесені до одиниці продукції.

Розрахунок капітальних вкладень може бути виконаний по [23].

Методика розрахунку технологічної собівартості, викладена нижче, заснована на нормативній базі.

З метою приведення витрат по елементах собівартості до сучасного рівня в навчальних технологічних розрахунках рекомендується помножити елемент витрат, що змінюється, на відповідний масштабно-ціновий коефіцієнт $K_{ці}$, середні значення якого, отримані на основі експертних оцінок, приведені в таблиці 29. Доцільне обчислення цих коефіцієнтів на основі сучасних цін і нормативів.

Масштабно-цінові коефіцієнти

Елемент собівартості	Змінний елемент витрат	$K_{цi}$,
1 Заробітна плата	$Н_{о.ч}$ і $Н_{н.г}$	$K_{ц1}=8$
2 Амортизаційні відрахування	Φ і $\Phi_{т.о}$	$K_{ц2}=8$ (станки с ЧПУ)
3 Витрати на ремонт і обслуговування обладнання	$Н_{м}$ і $Н_{э}$	$K_{ц2}=15$ (інші)
4 Витрати на ріжучий інструмент	$\Phi_{и}$	$K_{ц3}=10$
5 Витрати на електроенергію	$Ц_{э}$	$K_{ц4}=10$
6 Витрати на виробничу площу	$Н_{п}$	$K_{ц5}=40$
7 Витрати на керуючі програми	χ	$K_{ц6}=8$
8 Середні витрати на вміст і експлуатацію обладнання	$Н_{о}$	$K_{ц7}=8$ $K_{ц8}=10$

Заробітна плата верстатника з врахуванням всіх видів доплат і нарахувань

$$Z_o = \frac{1}{60} K_{цi} N_{о.ч} t_{ш.к} K_m \quad (10.3)$$

де $N_{о.ч}$ - норматив годинної заробітної плати верстатника відповідного розряду, грн./г, визначуваний по [23];

$t_{ш.к}$ - штучно-калькуляційний час на операцію, хв.;

K_m - коефіцієнт, що враховує оплату основного робітника при багатOVERSTATному обслуговуванні, який визначають залежно від числа обслуговуваних верстатів.

Заробітна плата наладчика з врахуванням всіх видів доплат і нарахувань

$$Z_{в.р} = \frac{K_{ц1} N_{н.г} t_{ш.к} m}{60 k_{о.н} F_d}, \quad (10.4),$$

де $N_{н.г}$ – норматив річної заробітної плати наладчика відповідного розряду, грн./рік;

m – число змін роботи станка (приймається за звичай $m=2$);

$K_{o.n}$ – число станків, обслуговуючих наладчиком за зміну;

F_{∂} – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, ч (при двозмінному режимі роботи для верстатів з ручним управлінням $FR = 4015$ ч, для станков с ЧПУ-3890 ч).

Амортизаційні відрахування від вартості обладнання

$$A_o = \frac{K_{ц2} \Phi N_a t_{ш.к}}{100 \cdot 60 F_{\partial}}, \quad (10.5)$$

де Φ – вартість обладнання, грн.;

N_a – загальна норма амортизаційних відрахувань, % .

З врахуванням витрат на трансформацію і монтаж верстата вартість обладнання: $\Phi = 1,122Ц$, де $Ц$ – оптова ціна обладнання.

Амортизаційні відрахування від вартості технологічного оснащення, що доводяться на одну деталь при розрахунковому терміні служби оснащення 2 роки, визначаються як

$$A_{т.о} = \frac{K_{ц2} \Phi_{т.о}}{2 N_r}, \quad (10.6)$$

де $\Phi_{т.о}$ – вартість технологічного оснащення, грн., може бути визначена орієнтовано згідно;

N_r – річна програма випуску деталей.

Витрати на ремонт и обслуговування обладнання

$$P_o = \frac{K_{ц3} (N_m K_m + N_{\varepsilon} K_{\varepsilon}) t_{ш.к}}{60 F_{\partial} K_r}, \quad (10.7)$$

де N_m , N_{ε} – нормативи річних затрат на ремонт відповідно механічної та електричної частин обладнання, грн./рік, визначені по [23];

K_m ; K_{ε} – категорія складності ремонту відповідно механічної і електричної частин обладнання;

K_r – коефіцієнт, залежний від класу точності обладнання (для обладнання нормальної точності ($K_r=1,0$)).

Витрати на інструмент, віднесені до однієї деталі,

$$И = \frac{1,4 K_{ц4} \Phi_{и} t_{ш.к} \eta_m}{T_{сл.и}}, \quad (10.8)$$

де 1,4 - коефіцієнт, що враховує витрати на переточування інструменту;

$\Phi_{и}$ - ціна одиниці інструменту, грн.;

η_m - коефіцієнт машинного часу, визначуваний як відношення $t_{\text{маш}}/t_{\text{ш.к}}$;

$T_{\text{сл.и}}$ - термін служби інструменту до повного зносу, хв.

Витрати на силову електроенергію

$$L_o = \frac{K_{ц5} Ц_{э} N_{э} \eta_{з.о} t_{ш.к}}{60}, \quad (10.9)$$

де $Ц_{э}$ – ціна електроенергії (приймається равной 0,012 грн. за 1кВтч);

$N_{э}$ – встановлена потужність електродвигунів верстата, кВт;

$\eta_{з.о}$ – загальний коефіцієнт завантаження електродвигунів.

Витрати на вміст і амортизацію виробничих площ

$$П_{л} = \frac{K_{ц6} H_{п} П_{у} K_{с.у} t_{ш.к}}{60 F_{д}} \quad (10.10)$$

де $H_{п}$ – норматив витрат, що доводяться на 1 м² виробничої площі, грн./м² (при двозмінній роботі приймається рівним 10 грн./м²);

$П_{у}$ – питома площа, що доводиться на верстат і дорівнюється габаритній площі верстата, помноженій на коефіцієнт, що враховує додаткову площу, визначений;

$K_{с.у}$ – коефіцієнт, що враховує площу для систем управління верстатів з ЧПУ (приймається рівним 1,5-2,0).

Витрати на підготовку і експлуатацію програм, що управляють

$$П_{пр} = \frac{K_{ц7} \chi K_{в}}{N_{г} T_{д}}, \quad (10.11)$$

де χ – вартість програми, грн;

$K_{в}$ – коефіцієнт, що враховує потребу у відновленні програмоносія;

$T_{д}$ – термін випуску даної деталі, рік.

Приймаючи $K_{в} = 1,1$ и $T_{д} = 3$ роки, отримаємо

$$П_{пр} = \frac{0,37 K_{ц7} \chi}{N_{г}}. \quad (10.12)$$

Нормативним методом технологічна собівартість може бути розрахована по методиці або з використанням таблиць, що містять усереднені величини елементів структури

собівартості для верстатів різних моделей. При визначенні технологічної собівартості нормативним методом заробітну плату верстатника і наладжника розраховують по рівняннях (10.3) і (10.4), а витрати, пов'язані з вмістом і експлуатацією обладнання, – за питомими витратами на 1 машиночас роботи обладнання:

$$C_{\text{оп}} = Z_{\text{о}} + Z_{\text{в.р}} + \frac{K_{\text{ц8}} H_{\text{о}} K_{\text{м.ч}} t_{\text{ш.к}}}{60}, \text{ руб./ч}, \quad (10.13)$$

де $H_{\text{о}}$ - середні витрати (грн./г) на вміст і експлуатацію обладнання, що має коефіцієнт машиночасу $K_{\text{м.ч}}=1,0$

Ці витрати при двозмінному режимі роботи можна прийняти рівними 0,312; 0,356; 0,405 і 0,432 грн./г відповідно для умов дрібно-, середньо-, великосерійного і масового виробництва. Коефіцієнти машиночасу визначаємо згідно додатку 9.

При розрахунку приведених витрат капітальні вкладення в обладнання, віднесені до однієї деталі, визначаються по рівнянню

$$K_{\text{о}} = \frac{K_{\text{ц2}} \Phi t_{\text{ш.к}}}{60 F_{\text{д}}}. \quad (10.14)$$

2.5.2 Приклад виконання самостійної роботи №9

В умовах виробництва, що існують на участку, можливі два варіанти обробки зовнішніх поверхонь шпинделя: 1 – на універсальному токарно-гвинторізному верстаті; 2 – на токарному верстаті з ЧПУ. При вихідних даних (таблиця 30) визначити економічніший варіант для двох випадків: 1) обидва верстати є на ділянці; 2) необхідне придбання верстатів. Режим роботи – двозмінний, річна програма випуску шпинделів – 120 шт.

Таблиця 30

Вихідні дані до завдання

Варіант	1	2
Модель станка	16К20	16К20Ф3
Штучно-калькуляційний час $t_{\text{м к}}$, хв	120	58,4
Розряд верстатника	5	3

Розряд наладчика	—	5
Кількість верстатів, шт., що обслуговуються в змін:		
верстатником	1	2
наладчиком	—	7
Дійсний річний фонд часу роботи верстата Гд, ч	4015	3890
Оптова ціна верстата Ц, грн...	5450	24400
Маса станка, кг	2835	4000
Розміри станка в плані, мм	2505x1190	3360x1710
Площа в плані, м ²	3,0	5,75
Встановлена потужність електродвигунів Л/э, кВт	11,0	10,0
Категорія ремонтної складності:		
Механічної частини Км	11,0	14
електричної частини Кэ	8,5	26

Рішення.

1. За наявності на ділянці порівнюваних верстатів вибираємо варіант за технологічною собівартістю обробки (формула 10.1). Для розрахунку елементів собівартості необхідні додаткові дані, які визначаємо по нормативам і зводимо в таблицю. Розрахунок елементів технологічної собівартості зручно вести у формі таблиці 31.

Таблиця 31

Розрахунок елементів технологічної собівартості, грн.

Елемент	Формула розрахунку	Модель станка	
		16К20	16К20Ф3
Заробітна плата верстатника	(10.3)	$\frac{8 \cdot 2 \cdot 120}{60} = 32$	$\frac{8 \cdot 1,61 \cdot 58,4 \cdot 0,65}{60} = 8,16$
Заробітна плата наладчика	(10.4)	-	$\frac{8 \cdot 3311 \cdot 58,4 \cdot 2}{60 \cdot 7 \cdot 3890} = 1,88$
Відрахування на амортизацію обладнання	(10.5)	$\frac{15 \cdot 1,122 \cdot 5450 \cdot 11,6 \cdot 120}{100 \cdot 60 \cdot 4015} =$	$\frac{8 \cdot 1,122 \cdot 24400 \cdot 11,6 \cdot 58,4}{100 \cdot 60 \cdot 3890} = 6,3$
Витрати на ремонт і обслуговування	(10.7)	$\frac{10(308 \cdot 11 + 7,3 \cdot 8,5) \cdot 120}{60 \cdot 4015} = 4,78$	$\frac{10(308 \cdot 14 + 7,3 \cdot 26) \cdot 58,4}{60 \cdot 3890} = 1,55$

обладнення			
Витрати на електроенергію	(10.9)	$\frac{40 \cdot 0,012 \cdot 11 \cdot 0,26 \cdot 120}{60} = 2,74$	$\frac{40 \cdot 0,012 \cdot 10 \cdot 0,21 \cdot 58,4}{60 \cdot 3890} = 0,98$
Витрати на амортизацію і вміст будівлі	(10.10)	$\frac{8 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 3,5 \cdot 120}{60 \cdot 4015} = 0,42$	$\frac{8 \cdot 10 \cdot 5,75 \cdot 3 \cdot 58,4}{60 \cdot 3890} = 0,35$
Витрати на програми	(10.12)	-	$\frac{8 \cdot 0,37 \cdot 18,6}{120} = 0,45$
Технологічна собівартість	Сума витрат	45,24	19,87

Примітка. Витрати на технологічне оснащення і інструмент однакові для обох варіантів, тому їх з розрахунку виключаємо.

Розрахунок собівартості нормативним методом ведемо по рівнянню (10.13). Для верстата 16К20 коефіцієнт машиночаса $K_{м.ч} = 1,0$, для верстата 16К20Ф3 приймаємо $K_{м.ч} = 4,5$. При двозмінному режимі роботи в умовах дрібносерійного виробництва $H_0 = 0,312$ грн./г. Тоді

$$C_{оп1} = 32 + \frac{10 \cdot 0,312 \cdot 1 \cdot 120}{60} = 38,24 \text{ грн}$$

$$C_{оп2} = 8,16 + 1,88 + \frac{10 \cdot 0,312 \cdot 4,5 \cdot 58,4}{60} = 23,71 \text{ грн.}$$

2. У разі потреби придбання верстатів у зв'язку із значною різницею по капітальних вкладеннях порівнювані варіанти оцінюємо за приведеними витратами (10.2) і (10.14)]:

$$K_{о1} = \frac{15 \cdot 1,122 \cdot 5450 \cdot 120}{60 \cdot 4015} = 45,69 \text{ грн.}$$

$$K_{о2} = \frac{8 \cdot 1,122 \cdot 24400 \cdot 58,4}{60 \cdot 3890} = 54,8 \text{ грн.}$$

$$W_1 = 45,24 + 0,12 \cdot 45,69 = 50,72 \text{ грн.}$$

$$W_2 = 19,67 + 0,12 \cdot 54,8 = 26,25 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків показують економічну доцільність обробки шпинделя на верстаті з ЧПУ за обох умов, поставлених в завданні.

2.5.3 Завдання до самостійної роботи №9

Токарна обробка зовнішніх поверхонь деталей виробляється на різних верстатах. Визначити економічніший варіант при двозмінному режимі роботи. Вихідні дані представлені в таблиці 32.

Таблиця 32

Вихідні дані

Варіант завдання	1		2		3	
	1	2	1	2	1	2
Варіант обробки	1	2	1	2	1	2
Модель станка	16Б16А	16Б16ФЗ	1Г340	1К282	1Н713	1Б290 П-6К
Штучно-калькуляційний час обробки, хв.	14,0	8,0	8,4	2,2	3,6	0,9
Розряд верстатника	5	3	3	2	3	2
Розряд наладача	–	5	4	5	4	5
Число верстатів, шт., що обслуговуються в змін:						
верстатником	1	2	1	2	2	3
наладчиком	–	6	8	3	5	5
Дійсний річний фонд часу роботи верстата, г	4015	3890	4015	4015	4015	4015
Річна програма випуска деталей, шт.	1000	1000	5000	5000	30 000	30 000

2.5.4 Запитання для самоконтролю

1. Визначення технологічної собівартості деталі.
2. Складання технологічного маршруту обробки.
3. Методи розрахунку собівартості варіантів технологічних процесів.
4. Елементи технологічної собівартості деталі.

2.6 Питання до розділу II

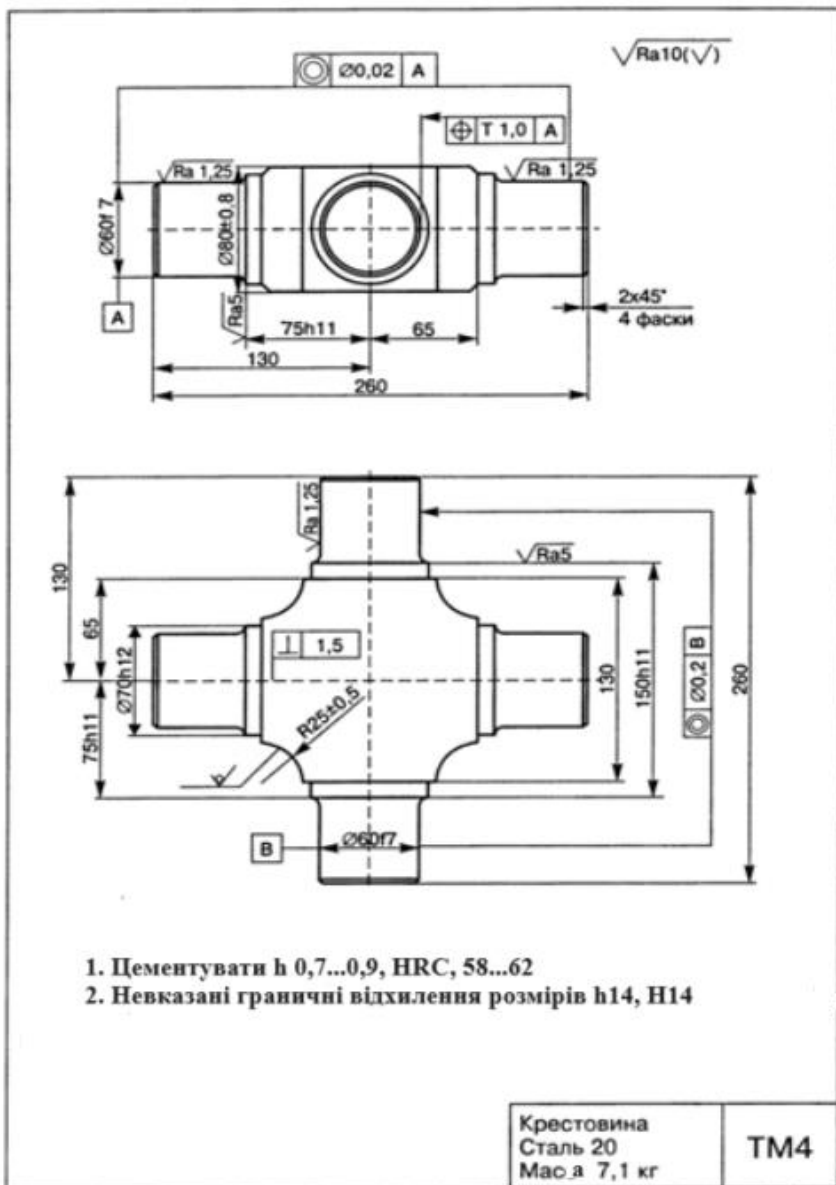
1. Значення, завдання і основні поняття економічного аналізу у технологічному проектуванні.
2. Складові технологічної собівартості складання виробів.
3. Методика обґрунтування оптимальних меж використання варіантів технологій.
4. Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки (заготовка з прокату).
5. Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки (заготовка з відливання).
6. Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки (заготовка з штампування (кування)).
7. Визначення ефективності способу здобуття заготовки. Річний економічний ефект.
8. Як визначити розмір критичного обсягу випуску виробів?
9. Основні методи обробки металів на металообробних верстатах. Їх характеристика.
10. Основні показники технологічності конструкції виробу.
11. Визначення припуску розрахунково-аналітичним методом.
12. Основні етапи розробки технологічних процесів.
13. Побудова операцій технологічного процесу обробки заготовок.
14. Типізація технологічних процесів.
15. Які методи використовують для розробки норм витрат праці?
16. Як визначають штучний і штучно-калькуляційний час?
17. Які існують зони досягнення точності з урахуванням методів обробки?
18. Складання технологічного маршруту обробки.
19. Методи розрахунку собівартості варіантів технологічних процесів.
20. Дайте характеристику задач при застосуванні автоматизованого проектування

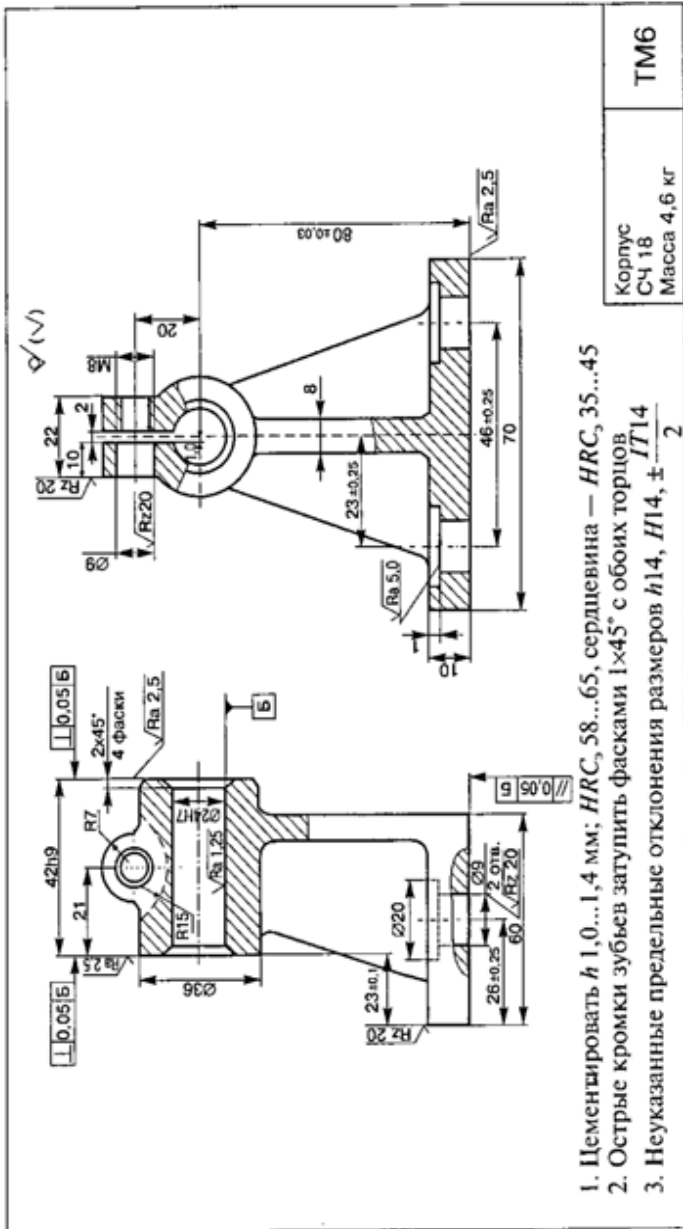
ЛІТЕРАТУРА

1. Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування : навчальний посібник / С. Г. Бондаренко – Львів : Магнолія, 2018. – 500 с.
2. Бондаренко С.Г. Технології механоскладального виробництва: Монографія/ С.Г.Бондаренко. – Ніжин: ТОВ “Видавництво “Аспект-Поліграф”, 2008. – 358 с.
3. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : навчальний посібник / О. В. Дерібо. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 125 с.
4. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : навчальний посібник / О. В. Дерібо. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 116 с.
5. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.
6. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : практикум / Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Репінський С. В. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 106 с.
7. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : практикум / Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Сухоруков С. І. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 116 с.
8. Захаркін О.У. Технологічні основи машинобудування (основні способи обробки поверхонь та сучасні Т-системи для їх реалізації): навчальний посібник./ О.У. Захаркін. – Суми: Вид-во СумДУ, 2009. – 137 с.
9. Кирилович В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. / В. А. Кирилович, П. П. Мельничук, В. А. Яновський ; під заг. ред. В. А. Кириловича. – Житомир : ЖІТІ, 2001. – 600 с.
10. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні / Руденко П. О. –К. : Вища школа, 1993. – 414 с. 23.
11. Рудь В. Д. Розмірно-точнісний аналіз конструкцій та технологій / Рудь В. Д., Герасимчук О. О., Маркова Т. П. – Луцьк : РВВ ЛДТУ, 2008. – 344 с.

12. Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин : лабораторний практикум / [Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Мироненко О. М. та ін.]. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 119 с.
13. Технологія конструкційних матеріалів : підручник для студ. мех. спец. вищ. навч. закл. / [М. А. Сологуб, І. О. Рожнецький, О. І. Некоз, та ін.] під ред. М. А. Сологуба., 2-е вид., перероб. і доп. – Київ : Вища школа, 2002. –374 с.

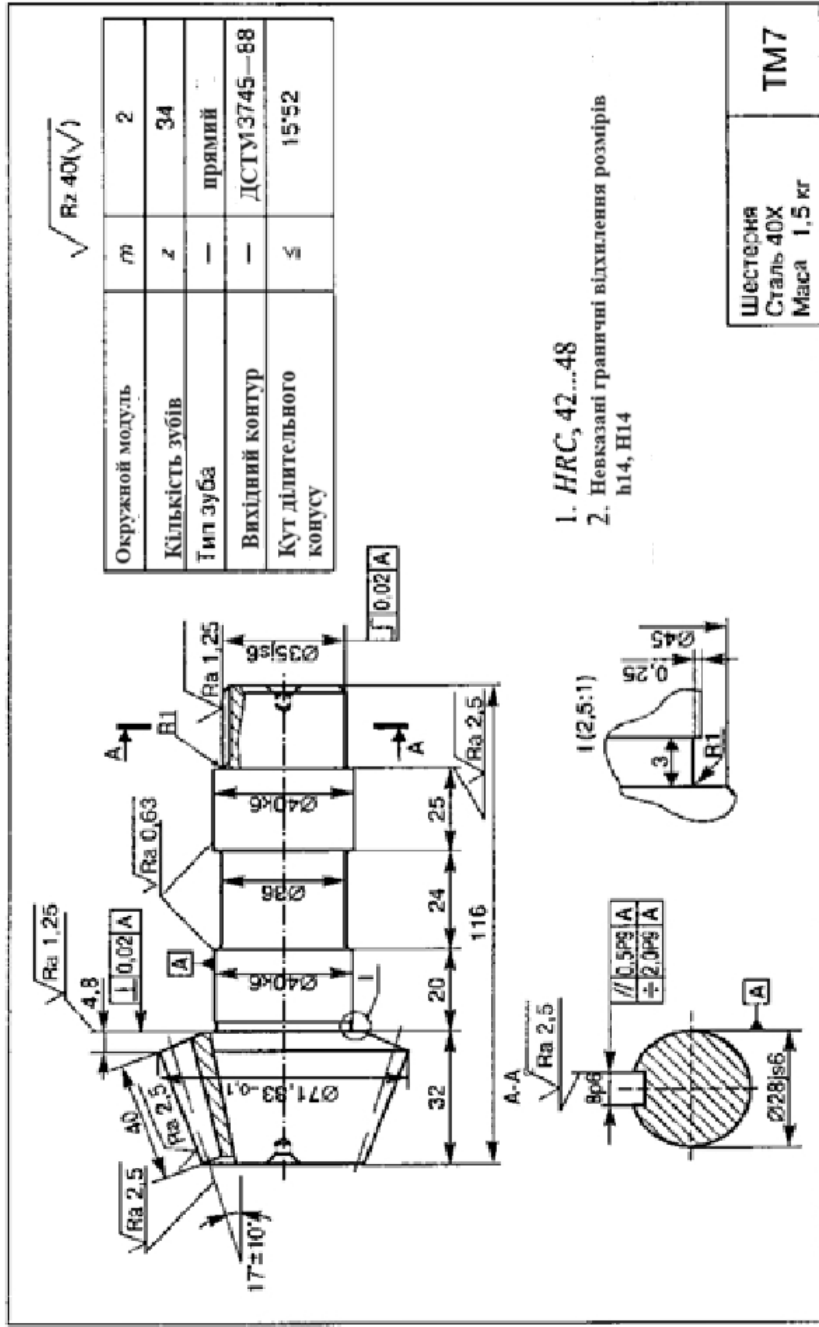


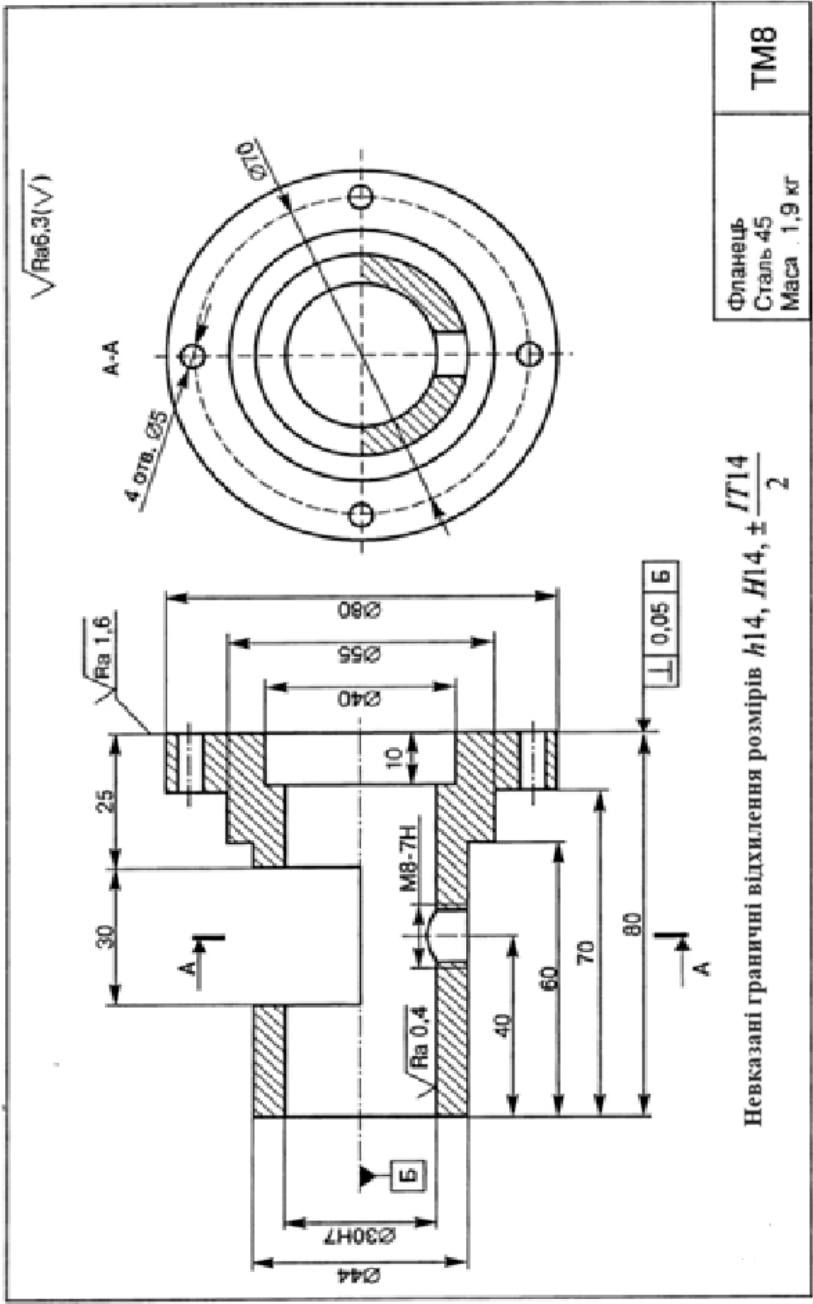




Корпус
СЧ 18
Масса 4,6 кг

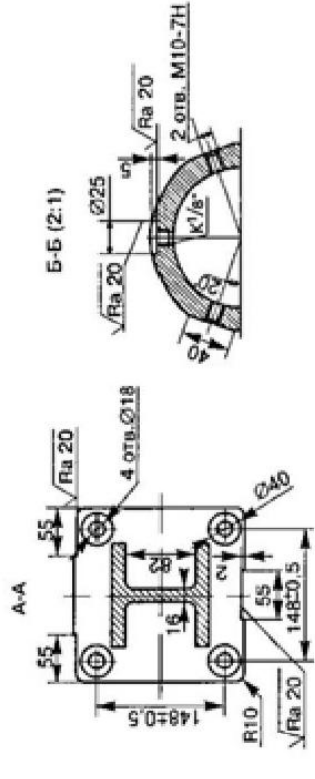
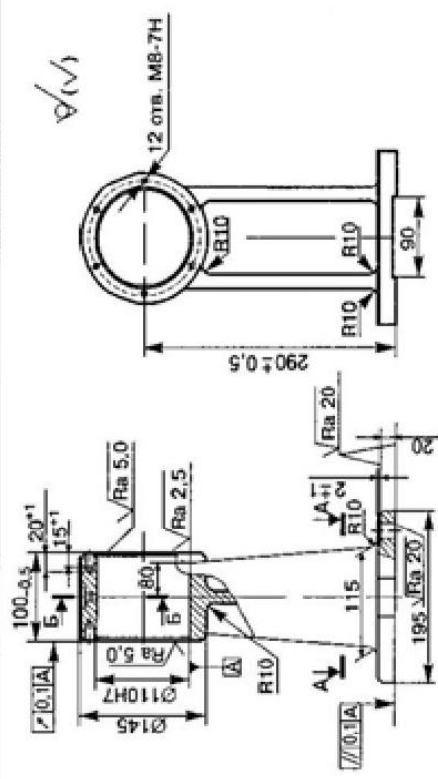
TM6





Невказані граничні відхилення розмірів $h14, H14, \pm \frac{IT14}{2}$

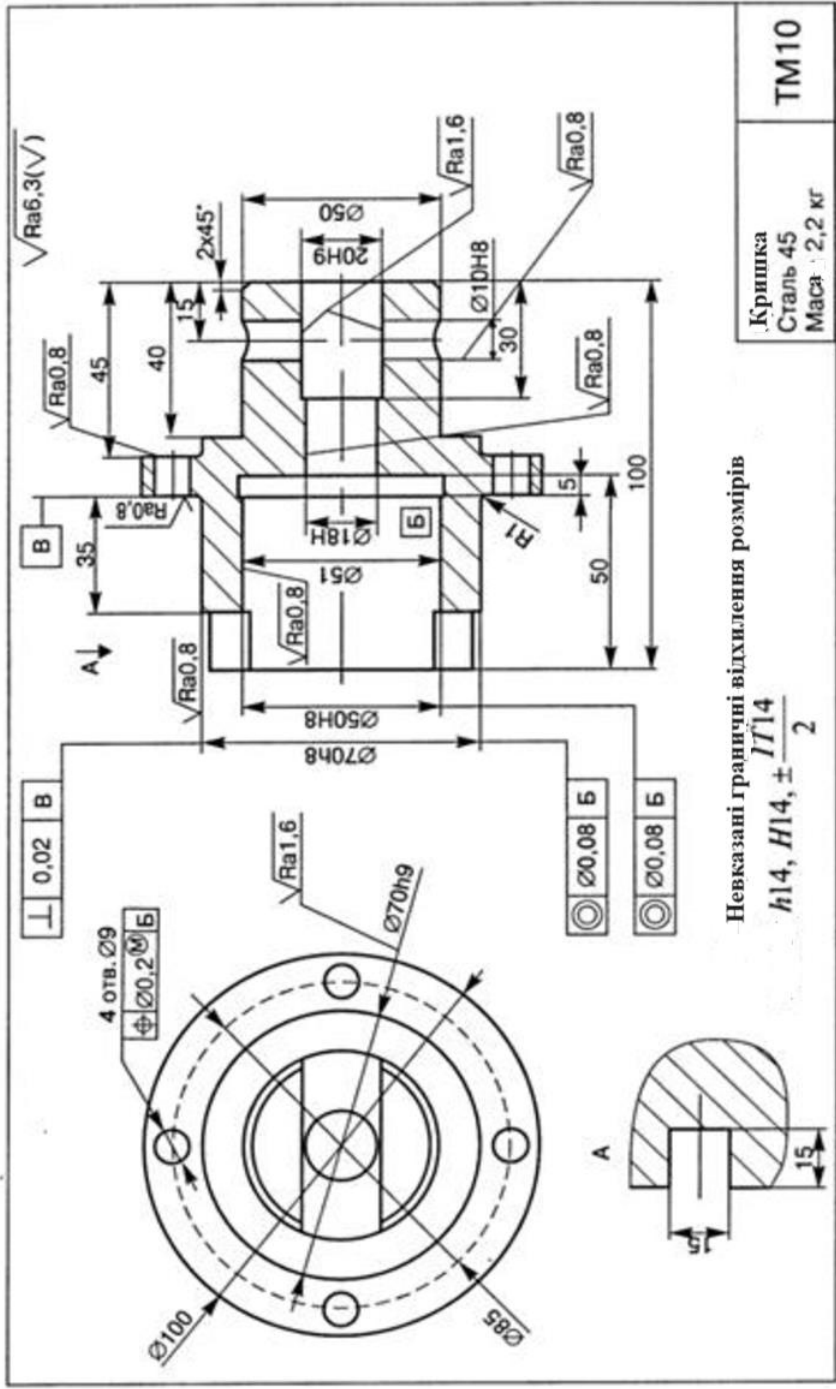
Фланець	ТМ8
Сталь 45	
Маса 1,9 кг	



Невказані граничні відхилення
розмірів h14, H14

Корпус
Сталь 25Л
Маса 16,2 кг

ТМ9



Додаток 2

Допуски на розміри

Розм мм, до	Допуск Td, мкм							Допуск Td, мм					
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	19
10	9	15	22	36	58	90	150	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	3,6
18	11	18	27	43	70	110	180	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	4,3
30	13	21	33	52	84	130	210	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	5,2
50	16	25	39	62	100	160	250	0,39	0,62	1,0	1,6	2,5	6,2
80	19	30	46	74	120	190	300	0,46	0,74	1,2	1,9	3,0	7,4
120	22	35	54	87	140	220	350	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	8,7
180	25	40	63	100	160	250	400	0,63	1,0	1,6	2,5	4,0	10,0
250	29	46	72	115	185	290	460	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	11,5
315	32	52	81	130	210	320	520	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	13,0
400	36	57	89	140	230	360	570	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	14,0
500	40	63	97	155	250	400	630	0,97	1,55	2,5	4,0	6,3	05,5
630	44	70	110	175	280	440	700	1,1	1,75	2,8	4,4	7,0	17,5
800	50	80	125	200	320	500	800	1,25	2,0	3,2	5	8,0	20,0
1000	56	90	140	230	360	560	900	1,4	2,3	3,6	5,6	9,0	23,0

Допуски площинної і прямолінійності

Інтервали номінальних розмірів, мм	міра точності															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Мкм												мм			
≤ 10	0,25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	0,06	0,1	0,16	0,25
$>10 \leq 16$	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	0,08	0,12	0,2	0,3
$> 16 \leq 25$	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	0,1	0,16	0,25	0,4
$> 25 \leq 40$	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	0,12	0,2	0,3	0,5
$> 40 \leq 63$	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	0,16	0,25	0,4	0,6
$> 63 \leq 100$	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	0,2	0,3	0,5	0,8
$> 100 \leq 160$	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	0,25	0,4	0,6	1
$> 160 \leq 250$	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	0,3	0,5	0,8	1,2
$> 250 \leq 400$	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	0,4	0,6	1	1,6
$> 400 \leq 630$	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	0,5	0,8	1,2	2
$> 630 \leq 1000$	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	0,6	1	1,6	2,5
$> 1000 \leq 1600$	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	0,8	1,2	2	3
$> 1600 \leq 2500$	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1	1,6	2,5	4
$> 2500 \leq 4000$	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1,2	2	3	5
$> 4000 \leq 6300$	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1,6	2,5	4	6
$> 6300 \leq 10000$	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2	3	5	8

Допуски циліндричності, круглості, профілю подовжнього перетину

Інтервали номінальних розмірів, мм	міра точності															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Мкм												мм			
≤ 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	0,08	0,12	0,2	0,3
$> 3 \leq 10$	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	0,1	0,16	0,25	0,4
$> 10 \leq 18$	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	0,12	0,2	0,3	0,5
$> 18 \leq 30$	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	0,16	0,25	0,4	0,6
$> 30 \leq 50$	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	12	0,2	0,3	0,5	0,8
$> 50 \leq 120$	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	0,25	0,4	0,6	1
$> 120 \leq 250$	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	0,3	0,5	0,8	1,2
$> 250 \leq 400$	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	0,4	0,6	1	1,6
$> 400 \leq 630$	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	0,5	0,8	1,2	2
$> 630 \leq 1000$	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	0,6	1	1,6	2,5
$> 1000 \leq 1600$	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	0,8	1,2	2	3
$> 1600 \leq 2500$	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1	1,6	2,5	4

Примітка. Під номінальним розміром розуміється номінальний діаметр поверхні

Додаток 5

Допуски паралельність, перпендикулярності, нахилу, торцевого і повного торцевого биття

Інтервали номінальних розмірів, мм	міра точності															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Мкм												мм			
≤ 10	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	0,1	0,16	0,25	0,4
>10 ≤ 16	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	0,12	0,2	0,3	0,5
> 16 ≤ 25	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	0,16	0,25	0,4	0,6
> 25 ≤ 40	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	0,2	0,3	0,5	0,8
> 40 ≤ 63	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	0,25	0,4	0,6	1
> 63 ≤ 100	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	0,3	0,5	0,8	1,2
> 100 ≤ 160	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	0,4	0,6	1	1,6
> 160 ≤ 250	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	0,5	0,8	1,2	2
> 250 ≤ 400	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	0,6	1	1,6	2,5
> 400 ≤ 630	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	0,8	1,2	2	3
> 630 ≤ 1000	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1	1,6	2,5	4
> 1000 ≤ 1600	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1,2	2	3	5
> 1600 ≤ 2500	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1,6	2,5	4	6
> 2500 ≤ 4000	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2	3	5	8
> 4000 ≤ 6300	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600	2,5	4	6	10
> 6300 ≤ 10000	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3	5	8	12

Додаток 6

Допуски радіального биття і повного радіального биття. Допуски співісної, симетричності, пересічення осей в діаметральному вираженні

Інтервали номінальних розмірів, мм	міра точності															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Мкм												мм			
≤ 3	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	12	0,2	0,3	0,5	0,8
> 3 ≤ 10	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	0,25	0,4	0,6	1
> 10 ≤ 18	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	0,3	0,5	0,8	1,2
> 18 ≤ 30	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	0,4	0,6	1	1,6
> 30 ≤ 50	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	0,5	0,8	1,2	2
> 50 ≤ 120	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	0,6	1	1,6	2,5
> 120 ≤ 250	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	0,8	1,2	2	3
> 250 ≤ 400	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1	1,6	2,5	4
> 400 ≤ 630	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1,2	2	3	5
> 630 ≤ 1000	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1,6	2,5	4	6
> 1000 ≤ 1600	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2	3	5	8
> 1600 ≤ 2500	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600	2,5	4	6	10

Примітка. При призначенні допусків радіального бієнія і повного радіального биття під номінальним розміром розуміється номінальний діаметр даної поверхні.

Допуски співісності, симетричності і пересічення осей у вираженні радіусу

Інтервали номінальних розмірів, мм	міра точності															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Мкм												мм			
≤ 3	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	0,1	0,16	0,25	0,4
$> 3 \leq 10$	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	0,12	0,2	0,3	0,5
$> 10 \leq 18$	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	0,16	0,25	0,4	0,6
$> 18 \leq 30$	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	12	0,2	0,3	0,5	0,8
$> 30 \leq 50$	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	0,25	0,4	0,6	1
$> 50 \leq 120$	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	0,3	0,5	0,8	1,2
$> 120 \leq 250$	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	0,4	0,6	1	1,6
$> 250 \leq 400$	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	0,5	0,8	1,2	2
$> 400 \leq 630$	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	0,6	1	1,6	2,5
$> 630 \leq 1000$	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	0,8	1,2	2	3
$> 1000 \leq 1600$	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1	1,6	2,5	4
$> 1600 \leq 2500$	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1,2	2	3	5

Примітка. Під номінальним розміром розуміється номінальний діаметр даної поверхні обертання або номінальний розмір між поверхнями, створюючими даний симетричний елемент. Якщо база не вказується, то допуск визначається по елементу з великим розміром.

Додаток 8**Кривизна профілю сортового прокату (мкм на 1мм)**

Точність прокату	Довжина прокату, мм				
	До 120	Вище120 до 180	Вище180 до 315	Вище315 до 400	Вище 400 до 500
Звичайна	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Підвищена	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Висока	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5

Додаток 9**Паспортні дані металоріжучих верстатів****Токарно-гвинторізний верстат 16К20**

Висота центрів, мм - 215

Відстань між центрами, мм - до 2000.

Потужність двигуна, $N_d=10$ кВт

КПД станка $\eta=0,75$.

Частота обертання шпинделя, об/мин: 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600.

Подовжні подачі, мм/об: 0,05; 0,06; 0,075; 0,09; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,36; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0; 2,4; 2,8.

Поперечні подачі, мм/об: 0,025; 0,03; 0,0375; 0,045; 0,05; 0,0625; 0,075; 0,0875; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4.

Максимальна осьова сила різання, що допускається механізмом подачі. $P_x=600$ кгс \approx 6000 Н.

Вертикально-фрезерний верстат 6В12

Площа робочої поверхні столу 320x1250 мм.

Потужність двигуна, $N_d=7,5$ кВт

КПД станка $\eta=0,8$.

Частота обертання шпинделя, об/мин: 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 630; 800; 1000; 1250; 1600.

Подачі столу подовжні і поперечні, мм/мин: 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250.

Подачі столу вертикальні, мм/мин: 8; 10; 13,3; 21; 26,6; 33,3; 41,6; 53,3; 66,6; 83,3; 105; 133,3; 166,6; 210; 266,6; 333,3; 400.

Зубофрезерний верстат 53A50

Найбільший зовнішній діаметр нарізованого колеса, мм – 500.

Найбільший модуль нарізованого колеса, мм – 8.

Потужність двигуна, $N_{\phi}=8$ кВт

КПД станка $\eta=0,65$.

Частота обертання шпинделя, об/мин: 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 240; 315; 405.

Вертикальні подачі супорта (фрези) за один зворот заготовки, мм/об: 0,75; 0,92; 1,1; 1,4; 1,7; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,1; 3,4; 3,7; 4,0; 5,1; 6,2; 7,5.

Радіальні подачі, мм/об: 0,22; 0,27; 0,33; 0,4; 0,48; 0,55; 0,66; 0,75; 0,84; 1,0; 1,2; 1,53; 1,8; 2,25.

Зубодолбєжний верстат 5122

Найбільший зовнішній діаметр нарізованого колеса, 200 мм.

Найбільший модуль нарізованого колеса, мм – 5.

Потужність двигуна, $N_{\phi}=3$ кВт.

КПД станка $\eta=0,65$.

Число подвійних ходів долб'яка в 1 мін: 200; 280; 305; 400; 430; 560; 615; 850.

Кругові подачі за один подвійний хід долб'яка, мм/дв.ход: 0,16; 0,2; 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6.

Радиальні подачі, мм/дв.ход: 0,006; 0,009; 0,013; 0,036; 0,051; 0,072; 0,15.

Круглошліфувальний верстат 3М131

Найбільший діаметр шліфованої заготовки, мм – 280.

Найбільша довжина заготовки, мм – 700.

Потужність двигуна шліфувальної бабки $N_d=7,5$ кВт.

КПД станка $\eta=0,8$.

Частота обертання оброблюваної заготовки регулюється безступінчато, об/мин: 40÷400.

Швидкість подовжнього ходу столу регулюється безступінчато, об/мин: 50÷5000.

Періодична поперечна подача шліфувального круга регулюється безступінчато, мм/ход.стола: 0,002÷0,1.

Безперервна подача для врізного шліфування, мм/мин: 0,1÷4,5.

Розміри шліфувального круга (нового) $D_k=600$ мм, $B_k=63$ мм.

Внутрішньошліфувальний верстат 3К228В

Найбільший діаметр шліфованого отвору, мм – 200.

Найбільша довжина шліфованої поверхні, мм – 200.

Потужність двигуна шліфувального шпинделя $N_d=5,5$ кВт.

КПД верстата $\eta=0,85$.

Частота обертання оброблюваної заготовки регулюється безступінчато, об/мин: 100÷600.

Швидкість подовжнього ходу шліфувальної бабки регулюється безступінчато, об/мин: 1÷7.

Поперечна подача шліфувального круга, мм/ход: 0,001; 0,002; 0,003; 0,004; 0,005; 0,006.

Найбільші розміри шліфувального круга $D_k=175$ мм, $B_k=63$ мм.

Плоскошліфувальний верстат 3П722

Розмір столу 320x1250 мм.

Потужність двигуна $N_{\delta}=15$ кВт.

КПД станка $\eta=0,85$.

Частота обертання шліфувального круга, об/мин: 1500.

Швидкість руху столу – регулюється безступінчато, м/мин: $3 \div 45$.

Поперечна подача шліфувальної бабки – регулюється безступінчато, мм/ход: $2 \div 48$.

Вертикальна подача круга, мм, на реверс шліфувальної бабки: 0,004; 0,005; 0,01; 0,015; 0,02; 0,025; 0,03; 0,035; 0,04; 0,045; 0,05; 0,055; 0,06; 0,065; 0,07; 0,075; 0,08; 0,085; 0,09; 0,095; 0,1.

Розмір шліфувального круга (нового) $D_k=450$ мм, $B_k=80$ мм.

Горизонтально-протяжною верстат 7A510

Номінальна тягова сила, $H=100000$.

Довжина робочого ходу, мм – 1250.

Висота планшайби, $I_{пл}=70$ мм.

Товщина фланця, планшайби, $I_a=50$ мм.

Товщина столу верстата $I_c=70$ мм.

Вертикально-свердлувальний верстат 2Н135

Потужність двигуна $N_{\delta}=4,5$ кВт.

КПД верстата $\eta=0,8$.

Частота обертання шпинделя, об/мин: 31,5; 45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1440.

Подачі, мм/об: 0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,6.

Максимальна осьова сила різання, що допускається механізмом подачі верстата

Навчально-методичне видання

СКІБІНА Олена Володимирівна

**ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ
НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ ПОСІБНИК**

для самостійної і індивідуальної роботи

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
денної та заочної форм навчання
спеціальності 015.38 «Професійна освіта»
освітньої-професійної програми «Транспорт»

Комп'ютерний макет — Скібіна О. В.

Здано до склад 09.08.2024 р. Підп. до друку 12.08.2024 р.
Формат 60x84 1/8. Папір офсет. Гарнітура Times New Roman.
Друк ризографічний. Ум. друк. арк. 10,1. Наклад 50 прим.

Видавець:

Видавництво Державного закладу

«Луганський національний університет імені Тараса Шевченка»

вул. Коваля, 3, м. Полтава, Полтавська область, 36003

тел: +38 095-105-6005; e-mail: mail@luguniv.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3459 від 09.04.2009.