

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до вивчення курсу та виконання індивідуального завдання
з дисципліни

«Технологія обробки типових деталей та складання машин»
(для здобувачів вищої освіти спеціальностей G9 – Прикладна механіка та
G11 – Машинобудування)

**Тема: «Проектування типового технологічного процесу обробки деталі
технологічного обладнання»**

ЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні кафедри
машинобудування
та прикладної механіки
Протокол № 6 від 17.02.2026 р.

Київ 2026

УДК 621.9.02

Методичні вказівки до вивчення курсу та виконання індивідуального завдання з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин» (для здобувачів вищої освіти спеціальностей G9 – Прикладна механіка та G11 – Машинобудування). Тема: «Проектування типового технологічного процесу обробки деталі технологічного обладнання» (Електронне видання) / укладачі Т.О. Шумакова, О.В. Романченко, О.М. Логунов, А.П. Ніколаєнко., О.В. Шевченко. – Київ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2026. 55 с.

Наведені матеріали для виконання індивідуального завдання з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин». Методичні вказівки містять структуру завдання, опис та обсяг розділів, вимоги до оформлення. Методичні вказівки призначені для студентів спеціальностей G9 – Прикладна механіка, G11 – Машинобудування.

Укладачі:

Шумакова Т.О. к.т.н., доц.,
Романченко О.В. к.т.н., доц.,
Логунов О.М. к.т.н., доц.,
Ніколаєнко А.П. к.т.н., доц.,
Шевченко О.В. к.т.н., доц.

Рецензент:

Є.І. Зубцов, к.т.н., доц.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Службове призначення деталі, аналіз креслення і технічних умов на її виготовлення.....	7
2. Аналіз технологічності конструкції деталі.....	10
3. Аналіз виробничої програми, визначення типу та організаційної форми виробництва.....	12
4. Вибір виду заготовки і обґрунтування методу її отримання. Проектування креслення заготовки.....	15
5. Вибір і обґрунтування технологічних баз, встановлення послідовності методів (маршруту) обробки.....	16
6. Вибір варіанту технологічного маршруту.....	20
7. Проектування технологічних операцій механічної обробки.....	21
8. Розрахунок точності технологічних операцій механічної обробки.....	29
9. Варіанти і вихідні дані індивідуального завдання.....	30
10. Приклад проектування типового маршрутного технологічного процесу механічної обробки зубчастого колеса.....	30
Контрольні питання.....	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	53

ВСТУП

Методичні вказівки до вивчення курсу дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин» присвячені питанням проектування технологічних процесів механічної обробки деталей машин, що є ключовим етапом підготовки бакалаврської роботи здобувачів вищої освіти спеціальностей G9 – Прикладна механіка та G11 – Машинобудування. Дана дисципліна служить додатком до курсу «Технологія машинобудування» і розглядає рішення конкретних практичних задач. У методичних вказівках викладені основні методи розробки технологій виготовлення найбільш поширених деталей машин.

Метою виконання роботи є засвоєння методики розробки технологічного процесу механічної обробки деталі технологічного обладнання, що забезпечує виконання технічних вимог креслення при мінімальних витратах ресурсів. Згідно з матеріалами, процес проектування базується на комплексному аналізі вихідних даних: робочого кресленика, технічних умов та обсягу випуску продукції.

У вказівках послідовно висвітлено етапи інженерного аналізу:

1. **Визначення службового призначення деталі**, що дозволяє виділити найбільш відповідальні поверхні та встановити вимоги до їх точності й шорсткості.
2. **Оцінка технологічності конструкції**, яка проводиться за якісними (можливість використання стандартних заготовок, простота форм) та кількісними показниками (коефіцієнти використання матеріалу, точності та шорсткості).
3. **Визначення типу виробництва**, що є фундаментальним для вибору організаційної форми (потокова або групова) та ступеня автоматизації обладнання.
4. **Проектування заготовки та маршруту обробки**, де основна увага приділяється принципам суміщення, єдності та сталості технологічних баз.

Матеріали методичних вказівок містять необхідні довідкові дані (таблиці допусків для валів, корпусів та зубчастих передач), що дозволяють

студенту самостійно приймати обґрунтовані рішення при виборі засобів технологічного оснащення та режимів різання.

Основним стратегічним напрямком розвитку сучасного машинобудування залишається неухильне підвищення ефективності виробничих процесів та радикальне поліпшення якості кінцевої продукції. В умовах динамічного ринку та глобальної конкуренції розвиток галузі передбачає широкий перехід до високопродуктивних, ресурсозберігаючих та маловідходних технологій, що базуються на засадах цифровізації та автоматизації.

Технологія є фундаментом, який визначає загальний стан та потенціал розвитку виробництва. Саме від рівня технологічних рішень безпосередньо залежать ключові техніко-економічні показники підприємства:

- продуктивність праці: швидкість виготовлення деталей та мінімізація допоміжного часу;

- економічна ефективність: раціональне використання матеріальних ресурсів, зниження енергоємності та металоємності виробів;

- якість продукції: забезпечення високої точності розмірів, параметрів шорсткості та фізико-механічних властивостей поверхневих шарів.

Для подальшого прискорення прогресу в машинобудуванні необхідна розробка принципово нових технологічних ресурсів, постійне вдосконалення традиційних методів обробки, а також інтеграція абразивних, лезових та зміцнювальних операцій у єдині гнучкі системи. Важливим аспектом є пошук оптимальних методів складання виробів, що гарантують надійність та довговічність машин протягом усього життєвого циклу.

Дані методичні вказівки спрямовані на те, щоб навчити студента-бакалавра системному підходу до проектування технологічних процесів, починаючи від глибокого аналізу службового призначення деталі й завершуючи детальним розрахунком операційних параметрів.

Оформлення та структура роботи

Пояснювальна записка та титульний лист до індивідуального завдання мають бути оформлені на аркушах формату А4 (210x297 мм) з дотриманням вимог ДСТУ та внутрішніх стандартів Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (СНУ ім. В. Даля) щодо текстових конструкторських документів.

Рекомендована структура пояснювальної записки:

1. **Вступ** – висвітлення актуальності теми та завдань технологічної підготовки виробництва.

2. **Завдання** – копія виданого індивідуального завдання на проектування.

3. **Вхідні дані** – опис креслення деталі, характеристика матеріалу та задана програма випуску.

4. **Проектування типового технологічного процесу виготовлення деталі** – аналіз технологічності, вибір заготовки, обґрунтування баз та розробка маршруту обробки.

5. **Виконання креслення налагодження верстата** – графічна частина та деталізація однієї з найбільш відповідальних операцій техпроцесу (схема закріплення, вибір інструментів, режими різання).

1. СЛУЖБОВЕ ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ, АНАЛІЗ КРЕСЛЕННЯ І ТЕХНІЧНИХ УМОВ НА ЇЇ ВИГОТОВЛЕННЯ

Вихідними даними для проектування технологічного процесу механічної обробки деталі є:

- робоче креслення деталі;
- технічні умови на виготовлення деталі і особливі вимоги;
- річний обсяг випуску деталі.

З аналізу і опису призначення і конструкції виробу стає відомим, які деталі і їх поверхні мають основне, вирішальне значення для виконання його функцій.

При визначенні службового призначення деталі враховують, що корпусні деталі призначені, в основному, для базування і координації інших деталей у виробі. Тому службове призначення цих деталей повинно освітлювати, як і з якою точністю корпусні деталь визначає відносні положення деталей, які входять у вузол або приєднуються до неї.

Зубчасті колеса призначені для передачі крутних моментів, зміни напрямку і частот обертання.

Вали також служать для передачі крутних моментів, базування і координації положення тих деталей, які є складовими частинами кінематичної схеми виробу.

Аналогічно визначається службове призначення інших деталей даного виробу.

Перед розробкою технологічного процесу необхідно провести аналіз креслення і технічних вимог на виготовлення деталі, на підставі якого повинні бути сформульовані основні технічні завдання, які необхідно вирішувати при обробці деталі і коригування креслення.

Основні технологічні завдання: точність розмірів, форми, взаємного розташування поверхонь, якість поверхневого шару оброблених поверхонь. Крім того, на кресленнях можуть бути позначені і спеціальні технічні вимоги: покриття, термообробка, фарбування, підгонка по вазі і т.п. За всіма цими групами технологічних задач необхідно досконально вивчити (або розробити) технічні вимоги на виготовлення деталі і виділити найбільш відповідальні з них. Особливо ретельно необхідно перевірити вимоги щодо точності і

шорсткості оброблених поверхонь, обґрунтованість їх призначення, технологічні можливості забезпечення.

У разі відсутності в робочих кресленнях показників якості окремих деталей, можна використовувати стандартні якісні показники точності розмірів, форми і розташування поверхонь, наведені в таблицях (табл. 1-4).

Таблиця 1

Допуски на вал

Параметри контролю	Допуск
Циліндричність поверхні під підшипники, колеса, шківів, муфти	$T/\phi \approx 0,3T_d$ мм
Співвісність поверхонь під підшипники (в залежності від групи підшипників)	5, 6, 7 квалітет
Співвісність поверхонь для зубчастих коліс 5, 7 ступеня точності (по кінематичної точності)	5, 6 квалітет
Співвісність поверхонь для зубчастих коліс 8, 9 ступені точності (по кінематичної точності)	6, 7 квалітет
Перпендикулярність торців під підшипники (в залежності від групи підшипників)	5, 6, 7 квалітет
Перпендикулярність торців для вузьких зубчастих коліс	3, 4, 5 квалітет
Співвісність поверхонь під муфти і шківів при $n > 1000$ об / хв	$T = \frac{46}{n}$, мм.
Радіальне биття поверхонь під манжети при $n > 1000$ об / хв	$T = \frac{46}{n}$, мм.
Розташування шпонкових пазів	$T = 4T_{un}$

Примітки: в таблиці T – допуск на діаметр валу, мм; n – частота обертання валу, об / хв, T_{un} – допуск на ширину паза, мм.

Таблиця 2

Допуски на зубчасті циліндричні передачі (ГОСТ 1643-85)

Вид сполучення	Міжосьова відстань			
	50-80	80-120	120-200	200-300
	Відхилення, f_{Δ} , мкм			
Е	50	±55	±65	±80
С	±80	±90	±105	±120
Р	±120	±140	±170	±200

Допуски на корпусні деталі

№ з/п	Параметри контролю	Допуск
1	Міжосьова відстань отворів, мм	$\Delta = \pm(0,6 \div 0,7)f_{\Delta}$, мм
2	Відхилення координат основних отворів, мм	$\Delta_1 = \pm(d_{отв} - d_{\epsilon})$, мм
3	Відхилення координат кріпильних отворів на підставі корпусу, мм	$T = 0,2(d_{отв} - d_{\epsilon})$, мм
4	Відхилення координат інших кріпильних отворів, мм	$T = 0,4(d_{отв} - d_{\epsilon})$, мм
5	Площинність поверхонь, мм	$T_{\square} = 0,01/100 - 0,03/100$, мм
6	Паралельність плоских поверхонь, мм	$T_{//} = 0,05/100$, мм
7	Перпендикулярність плоских поверхонь, мм	$T_{\perp} = 0,05/100$, мм
8	Циліндричний основних отворів, мм	$T_{/o/} = 0,3 \cdot T_D$, мм
9	Співвісність основних отворів, мм	$T = 0,3 \cdot T_D$, мм
10	Перпендикулярність осей основних отворів щодо торців 7, 8 квалітет	7, 8 квалітет
11	Паралельність осей основних отворів, мм	$T_{//} = (0,6 \div 0,7)f_{\Delta} \cdot \frac{l}{B}$, мм
12	Схрещування осей основних отворів, мм	$T_y = (0,6 \div 0,7)f_x \cdot \frac{l}{B}$, мм

Примітки: в таблиці f_{Δ} – допуск на міжосьова відстань зубчастого зачеплення, f_x – допуск на схрещування осей зубчастого зачеплення, l – відстань між підшипниками валу, B – ширина зубчастого вінця, T_D – допуск на діаметр основного отвори

Згідно ГОСТ 2.109-73 «Основні вимоги до робочих креслень» робочі креслення повинні містити всі дані, необхідні для виготовлення, контролю і випробування вироби. Тому при виконанні технологічного контролю креслень в бакалаврській роботі необхідно перевірити: чи містить робоче креслення всі відомості про деталі; необхідні проекції, розрізи і перетини, розміри з допусками, вимоги до точності форми і взаємного розташування поверхонь, вимоги до якості поверхонь. Також перевіряють правильність постановки

розмірів і граничних відхилень відповідно до ГОСТ 2.307-68 та ДСТУ ISO 3040:2006, звертаючи особливу увагу на дотримання розмірної визначеності.

Таблиця 4

Допустимі відхилення від паралельності і схрещування осей при ширині зубчастого колеса, мкм

Модуль	1 – 30				2,5 – 50			
Ступінь точності	7		8		9		10	
Ширина колеса, мм	55	55-110	55	55-110	55	55-110	55	55-110
Відхилення	±17	±19	±21	±24	±25	±30	±34	±38

2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Мета аналізу – виявити недоліки конструкції, вивчаючи робоче креслення і технічні вимоги, а також можливе поліпшення її технологічності. Технологічність деталей оцінюють за двома рівнями – якісного і кількісного. Якісну оцінку технологічності деталі виробляють на підставі аналізу матеріалу, геометричної форми, якості поверхонь, проставляння розмірів і можливих способів виготовлення заготовки.

Кількісна оцінка проводиться за абсолютними і відносними показниками. В першу чергу встановлюють показники базової деталі і деталі, яка розглядається: коефіцієнт використання матеріалу; точність обробки; шорсткість поверхонь; трудомісткість виготовлення; технологічна собівартість (ГОСТ14.205-83).

Конструкція деталі може бути визначена "технологічною", якщо вона забезпечує просте і економічне виготовлення виробу. Аналізуючи технологічність деталі на якісному рівні, необхідно перевірити:

- можливість використання стандартних або уніфікованих заготовок для виготовлення деталі;
- можливість спрощення деталі і заміни її матеріалу, створення деталі більш раціональної форми з легкодоступними для обробки поверхнями і достатню твердість з метою зменшення металоємності і трудомісткості;
- можливість зменшення кількості типорозмірів і довжини оброблюваних поверхонь деталі, оцінити можливість заміни ряду оброблюваних

оригінальних поверхонь нормалізованими поверхнями (галтелі, фаски, лиски, шпонкові пази, різьблення, отвори і т.п.);

– можливість отримання заготовки найбільш економічним способом з розмірами і формами, близькими до готової деталі, що забезпечують найбільш високий коефіцієнт використання матеріалу;

– можливість одночасної обробки декількох заготовок;

– наявність на деталях зручних базових поверхонь або можливість створення допоміжних технологічних баз;

– характеристику матеріалу деталі, його оброблюваність, вартість і дефіцитність. Можливість застосування більш легкого, але більш міцного матеріалу або підвищення фізико-механічних властивостей справжнього;

– можливість досягнення заданих допусків і параметрів шорсткості поверхонь без додаткових високоточних операцій або при зменшенні їх кількості;

– можливість обробки деталі високопродуктивними методами і обробки з високою концентрацією переходів;

– можливість використання при виготовленні деталей типових і стандартних технологічних процесів.

В бакалаврській роботі рекомендується визначити наступні кількісні показники технологічності:

1. Коефіцієнт використання матеріалу $K_{u.m.}$:

$$K_{u.m.} = \frac{M_d}{M_z}, \quad (1)$$

де M_d – маса деталі; M_z – маса заготовки.

2. Коефіцієнт точності обробки $K_{mч.}$:

$$K_{mч.} = 1 - \frac{1}{A_{cp}}, \quad (2)$$

де A_{cp} – середній квалітет точності обробки.

$$A_{cp} = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots + 19n_{19}}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_{19}} = \frac{\sum A_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (3)$$

де 1, 2, 3,...19 – квалітети точності обробки поверхні; $n_1, n_2, n_3, \dots, n_{19}$ – число поверхонь деталі відповідного квалітету;

$$K_{mч.} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum A_i \cdot n_i}, \quad (4)$$

3. Коефіцієнт шорсткості, $K_{ш}$:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{B_{cp}}, \quad (5)$$

де B_{cp} – середнє числове значення параметра шорсткості,

$$B_{cp} = \frac{100 \cdot n_{100} + 50 \cdot n_{50} + \dots + 1,6 \cdot n_{1,6} + \dots + 0,0125 \cdot n_{0,0125}}{n_{100} + n_{50} + \dots + n_{1,6} + \dots + n_{0,0125}} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} \quad (6)$$

де 100, 50, ... 1,6, ... 0,0125 – числове значення параметра шорсткості поверхні (по параметру Ra, мкм), $n_{100}, n_{50}, \dots, n_{1,6}, \dots, n_{0,0125}$ – число поверхонь деталі з відповідним числовим значенням параметра шорсткості.

$$K_{ш} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum B_i n_i}, \quad (7)$$

Деталь є технологічною, якщо значення показників $K_{ш.м.}, K_{мч.}, K_{ш}$ перебувають в межах $0,7 \div 1$.

В результаті проведення аналізу повинно бути зроблено висновок про конструкції в цілому: технологічна вона чи ні. Всі пропозиції по зміні конструкції деталі повинні бути відображені в розрахунково-пояснювальній записці.

3. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ, ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ ФОРМИ ВИРОБНИЦТВА

Виробнича програма випуску виробу при розробці технологічного процесу в реальних умовах визначається виходячи з ринкової потреби. В межах бакалаврської роботи оцінити ринкову потребу продукції немає можливості, тому за базу беруть планову програму випуску виробів, наведену в завданні на бакалаврську роботу.

Тип виробництва згідно з ГОСТ 3.1121-84 визначається коефіцієнтом закріплення операцій за формулою:

$$K_{з.о.} = \frac{O}{P}, \quad (8)$$

де o – кількість різних операцій, виконуваних на робочих місцях в цеху (на ділянці) протягом місяця, P – кількість робочих місць на ділянці (в цеху).

Якщо за робочим місцем, незалежно від завантаження, закріплена лише одна операція, то $K_{з.о.} = 1$, що відповідає масовому виробництву. При $1 < K_{з.о.} < 10$, виробництво – багатосерійне, при $10 < K_{з.о.} < 20$ – середнє серійне, при $20 < K_{з.о.} < 40$ – дрібносерійне, при $K_{з.о.} > 40$ – одиничне.

Під час проходження практики студент, вивчаючи базовий варіант технологічного процесу механічної обробки, може визначити структуру технологічного процесу та його трудомісткість і орієнтовно значення o і P .

На початковій стадії виконання бакалаврської роботи тип виробництва попередньо визначається в залежності від обсягу випуску та маси деталі, по таблиці 5 і уточняється після нормування технологічного процесу.

Таблиця 5

Залежність типу виробництва від обсягу випуску (шт.) та маси деталі, кг

Маса деталі, кг	Тип виробництва				
	одиничне	серійне	середнє серійне	багатосерійне масове	масове
<1,0	<10	10-2000	2000-100000	100000-200000	>200000
1,0-2,5	<10	10-1000	1000-50000	50000-100000	>100000
2,5-5,0	<10	10-500	500-35000	35000-75000	>75000
5,0-10,0	<10	10-300	300-25000	25000-50000	>50000
>10,0	<10	10-200	200-10000	10000-25000	>25000

Відповідно до ГОСТ 14312-74 встановлено дві форми організації виробництва: групова і потокова. При груповій формі організації виробництва, застосовуваної при серійному типі виробництва, запуск виробів у виробництво здійснюється партіями з певною періодичністю. Кількість деталей в партії запуску визначається за методикою В.А. Петрова [18].

1. Розраховують гранично допустимі параметри партії n_1 і n_2 :

$$n_1 = \frac{F_{e.m.} \cdot n_o \cdot k_g}{K_{з.о.} \cdot \sum_{i=1}^{n_o} T_i} \quad n_2 = \frac{F_{e.m.} \cdot k_g}{K_{м.о.} \cdot \sum_{i=1}^{n_o} T_i}, \quad (9)$$

де $F_{e.m.}$ – ефективний місячний фонд часу ділянки, що дорівнює 10 560 хв.; n_o – число операцій механічної обробки по технологічному процесу; k_g – середній

коефіцієнт виконання норм по ділянці, рівний 1,3; $\sum_{i=1}^{n_0} T_i$ – сумарна трудомісткість технологічного процесу, хв.; T_i – середня трудомісткість однієї операції, хв.; $k_{м.о.}$ – коефіцієнт що враховує витрати міжопераційного часу. Для середньо габаритних складних деталей приймається рівним 1,5. $K_{з.о.}$ – коефіцієнт закріплення операцій.

Параметр n_1 відображає продуктивність і рівень спеціалізації робочих місць на ділянці. За допомогою параметра n_2 враховується і обмежується обсяг незавершеного виробництва і зв'язування оборотних коштів. Менший з двох параметрів позначає n_{\min} , а більший n_{\max} . Для подальшого розрахунку розміру партії використовується n_{\min} . Параметр n_{\min} може бути заокруглений в бік збільшення до n'_{\min} , кратного розміру партії на складальній стадії $n_{сб.}$

2. Визначають розрахункову періодичність повторення партій деталей:

$$I_p = 22n'_{\min} / N_m, \quad (10)$$

де N_m – програма випуску деталей за місяць: $N_m = N_c / 24$.

3. Узгоджують розрахункову періодичність повторення партій деталей з її допустимими нормативними значеннями I_n :

місяці	1/22	1/8	1/4	1/2	1	3	6	12
дні	1	2,5	5	11	22	66	132	264

Найближче більше значення I_n приймається до розрахунку.

4. Розраховують розмір партії згідно з умовою:

$$n = \frac{I_n N_m}{22}; \quad n'_{\min} \leq n \leq n_{\max}. \quad (11)$$

За умовами бакалаврської роботи технологічні процес механічної обробки розробляються для багатосерійного виробництва. Основною формою організації виробництва в багатосерійному виробництві є потокова, яка характеризується розміщенням коштів технологічного оснащення в порядку виконання технологічних операцій, спеціалізацією робочих місць і наявністю такту випуску, який визначається за формулою:

$$\tau = \frac{60 \cdot F_0}{N_c} \quad [\text{хв}], \quad (12)$$

де F_0 – дійсний річний фонд часу роботи обладнання при двозмінному режимі роботи в годинах визначається за формулою:

$$F_0 = F_n \cdot \eta, \text{ [год]}, \quad (13)$$

де F_n – номінальний річний фонд часу в годинах;

$$F_n = (365 - \lambda - m) t \cdot z, \quad (14)$$

де λ – кількість вихідних днів на рік; m – кількість святкових днів у році; t – тривалість робочої зміни в годинах; z – кількість робочих змін на добу, $z = 2$; η – коефіцієнт, що враховує простой устаткування в ремонті за графіком ППР. При двозмінній роботі $\eta = 0,97$.

4. ВИБІР ВИДУ ЗАГОТОВКИ І ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ЇЇ ОТРИМАННЯ.

ПРОЕКТУВАННЯ КРЕСЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ

При проектуванні технологічного процесу необхідно обґрунтувати вибір способу отримання заготовки, запропонованого конструктором в робочому кресленні деталі або технологом в діючому технологічному процесі.

Відповідно до прийнятої класифікації, наведеної в [10], розрізняють наступні методи отримання заготовок: обробка тиском, лиття, метод порошкової металургії, метод з використанням зварювання, комбінований метод. Вибір методу отримання заготовки визначається призначенням деталі, її конструктивними формами, матеріалом, серійністю виробництва, технічним рівнем виробництва. Кожен метод включає в себе кілька способів. Наприклад, при обробці тиском розрізняють прокатку, кування, штампування, волочіння, пресування та ін.; при литті розрізняють лиття в піщані форми, в оболонкові форми, в глинисті форми, в кокіль, по моделях, що виплавляються, під тиском, відцентрове лиття та ін.

Спосіб отримання заготовки уточнюють шляхом вибору обладнання і технологічної оснастки. Наприклад, в залежності від вибору прокатного стану і форми валків розрізняють сортовий гарячекатаний прокат, трубний прокат, періодичний прокат і ін.

Залежно від вибору кувально-штампувального обладнання розрізняють ковку на пресах і молотах, штампування на кривошипних гарячештампувальних автоматах (КГША) і молотах, штампування на

горизонтально-кувальних машинах (ГКР) і ін. Відповідно до обраного способу отримання заготовки проектують її форму [10].

При використанні розмірного аналізу креслення деталі складають спрощений ескіз заготовки. Форма заготовки на цьому ескізі максимально наближена до форми готової деталі. У заготовки можуть бути відсутні деякі геометричні елементи деталі: дрібні отвори, канавки, фаски і т.п. Відповідні поверхні заготовки і деталі пов'язані шаром припуску, величина якого залежить від кількості технологічних переходів механічної обробки цієї поверхні. На ескіз наносять позначення чорнових баз, розмірні лінії відповідно до прийнятої для кожного методу системою постановки розмірів, призначають допуски і технічні вимоги.

Числові значення граничних відхилень лінійних розмірів (включаючи діаметри і радіуси) і допусків розташування поверхонь вибирають за таблицями відповідних ГОСТ. Технологічні характеристики, опис способів отримання і порядок проектування заготовок наведені в [1, с.114-196]. Номінальні значення лінійних розмірів заготовки розраховують при виконанні розмірного аналізу спроектованого технологічного процесу, тобто після того, як намічені необхідні операції і переходи механічної обробки. Потім згідно з прийнятими правилами оформлення креслень заготовок на отриманий ескіз наносять ливарні або штампувальні ухили, радіуси заокруглень і додатково спрощують форму заготовки з метою підвищення технологічності її виготовлення даними способом.

5. ВИБІР І ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ БАЗ, ВСТАНОВЛЕННЯ ПОСЛІДОВНОСТІ МЕТОДІВ (МАРШРУТУ) ОБРОБКИ

Призначення баз є одним з важливих розділів проектування технологічних процесів. Від правильного вибору технологічних баз в значній мірі залежить: правильність взаємного розташування поверхонь; ступінь складності пристрої; загальна продуктивність обробки заготовок і ін.

Вихідними даними для вибору баз є: робоче креслення деталі, технічні умови на її виготовлення, вид заготовки та стан її поверхонь.

Розробка маршруту і вибір баз повинні вестися паралельно. Маршрут оформляється у вигляді плану операцій (табл. 6).

**Приклад таблиці для оформлення маршрутного технологічного процесу
в записі бакалаврської роботи**

№ операції	Найменування та зміст операції	Базові поверхні	Модель верстата	Робочий інструмент	Установочні пристосування
1	2	3	4	5	6

У першій графі вказуються всі операції даного маршруту обробки (в тому числі заготівельну, термообробку, покриття). У другій графі для кожної операції розробляють ескіз деталі в робочому положенні (оброблювані поверхні виділяються товстими лініями або іншим кольором). На ескізі проставляють шорсткість оброблюваних поверхонь, позначають технологічні бази (згідно ГОСТ 3.1107-81), наносять всі необхідні розмірні зв'язки. У третій графі вказують орієнтовно тип обладнання. В останній графі формулюють мету кожної операції (наприклад, формоутворення, підготовка технологічних баз, видалення основного припуску, забезпечення вимог креслення по точності, шорсткості і взаємного розташування поверхонь).

При виборі технологічних баз керуються основними принципами:

- принцип суміщення баз (технологічних з конструкторськими і вимірювальними);
- принцип єдності баз (обробка декількох поверхонь з одного установки);
- принцип сталості баз (використання одного і того ж комплексу технологічних баз на різних операціях).

Порядок вибору баз: спочатку вибирають бази для остаточної обробки, які, головним чином, визначають найбільшу точність взаємного розташування оброблюваних поверхонь у готовій деталі. Потім вибирають бази для першої чорнової операції. Основні правила вибору чорнових баз:

1. Як чорнових баз вибирають поверхні заготовки, які в готовій деталі не обробляються. Якщо таких поверхонь кілька, то в якості чорнових бази приймають ту з них, яка пов'язана з оброблюваною поверхнею розміром з найменшим допуском. Це забезпечує правильне взаємне розташування оброблюваних поверхонь відносно не оброблюваних.

2. Якщо в заготівлі обробляються всі поверхні, то в якості чорнових бази вибирають поверхню з найменшим припуском.

3. Чорнові бази повинні мати достатні розміри для забезпечення час встановлення та закріплення стійкого положення деталі без її деформації, не мати залишків літників, слідів від місця роз'єму опок і прес-форм.

4. Бази для проміжних операцій (між першою і останньою операціями) вибирають для обробки поверхонь, які неможливо обробити щодо вище перелічених баз, при цьому керуються принципом їх поєднання або принципом «короткого шляху», тобто за технологічні бази приймають поверхні, які пов'язані з оброблюваною поверхнею найкоротшою розмірною ланцюгом. Після термообробки чистові бази виправляють (знову обробляють).

Будь-яка деталь обробляється в чотири етапи, кожен з яких має свої цілі і завдання. На першому етапі обробляються ті поверхні, які є в подальшому технологічними базами. На другому етапі проводять основне зняття припуску, на третьому – домагаються необхідної точності розмірів, на четвертому – необхідної якості оброблених поверхонь.

Кількість переходів (операцій), необхідних для обробки кожної поверхні, визначається за коефіцієнтами уточнення і коригується за нормами досягається точності [1, табл. 4- 5].

Загальний коефіцієнт уточнення визначається за формулою:

$$K_{y.o.} = \frac{T_3}{T_0} = \prod_{i=1}^n K_{y_1} \cdot K_{y_2} \cdot K_{y_3} \dots K_{y_n}, \quad (15)$$

де T_3 – допуск на заготовку на оброблюваної поверхні, мкм; T_0 – допуск на оброблену поверхню, мкм; K_y – коефіцієнт уточнення на одній операції, зазвичай $K_y = 4 \div 6$. Менші значення K_y відносяться до оздоблювальних операцій.

Кількість співмножників за умови $K_{y.o.} \leq \prod_{i=1}^n K_{y_i}$ дорівнює кількості операцій для обробки даної поверхні. Наприклад, допуск заготовки 3 мм (3000 мкм), допуск деталі за кресленням 0,03 мм (30 мкм). Коефіцієнт уточнення загальний:

$$K_{y.o.} = \frac{3000}{30} = 100, \quad (16)$$

Прийнявши коефіцієнт уточнення однієї операції $K_y = 5$, отримаємо

$$\prod_{i=1}^n K_{y_i} = 5 \cdot 5 \cdot 5 = 125 \geq 100. \quad (17)$$

Таким чином, для обробки даної поверхні необхідно прийняти три операції (три співмножника): чорнову, чистову, оздоблювальну.

Результати вибору кількості переходів зводяться в табл. 7.

При виборі обладнання для одиничного і дрібносерійного виробництва слід віддавати перевагу:

– застосування високопродуктивного універсального обладнання з пристроями;

Таблиця 7

Приклад вибору технологічних переходів

Номер поверхні	Точність поверхні	Необхідна шорсткість	Технологічні переходи	Точність виконання переходів	Шорсткість виконання переходу
1	$\varnothing 100h7$	$R_a = 0,8$	Чорнове точіння	$h14$	$R_a = 25$
			Чистове точіння	$h10$	$R_a = 3,2$
			Шліфування	$h7$	$R_a = 0,8$

– застосування агрегатних верстатів зі стандартних вузлів (свердлильні головки, ділильні столи і т. П.), Які можна швидко змонтувати і отримати високі техніко-економічні показники;

– застосування спеціалізованих верстатів для великих деталей;

– застосування верстатів з різними навісними пристосуваннями, що розширюють їх технологічні можливості;

– застосування верстатів з ЧПУ;

– використання верстатів типу «оброблювальний центр».

У багатосерійному і масовому виробництві широко використовуються спеціальні та спеціалізовані верстати, що забезпечують:

– безперервну обробку заготовок;

– застосування багато інструментальних налагоджень для обробки одночасно декількох поверхонь;

– застосування протягання замість фрезерування;

– застосування шліфувальних верстатів з декількома шліфувальними кругами;

– застосування абразивної обробки деталей замість лезв'їної.

При виборі різального інструменту в умовах дрібносерійного виробництва слід виконувати такі вимоги:

– широко застосовувати нормалізований інструмент;

– впроваджувати нові високопродуктивні інструменти з механічними кріпленнями твердосплавних і мінералокерамічних пластин;

– широко застосовувати високі швидкості і подачі;

– застосовувати Борштанги з налаштованими інструментами.

У багатосерійному і масовому виробництві використовується нормалізований, спеціальний і спеціалізований інструмент.

6. ВИБІР ВАРІАНТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО МАРШРУТУ

Загальний план обробки заготовки, зміст операцій технологічного маршруту, застосовуваний тип обладнання визначається на підставі типових технологічних процесів обробки різних класів деталей.

При заміні і доповненні типового маршруту необхідно розбити технологічний процес на етапи, які виконуються в порядку збільшення точності, тобто від чорнових до чистових.

Обробку деталі виконують в такій послідовності:

1. Обробляють поверхні, прийняті за чистові технологічні бази;

2. Обробляють поверхні, на яких дефекти неприпустимі, і поверхні, що визначають габаритні розміри і контур деталі;

3. Обробляють все поверхні деталі в послідовності, зворотній їх точності (найбільш точна поверхню обробляється в останню чергу);

4. Виконують обробку неосновних поверхонь (нарізування різьблення, зняття фасок і т.п.) на стадії чистової обробки;

5. Обробляють поверхні, які легко пошкоджуються в процесі транспортування (різьблення, шліци і т.д.)

При виконанні бакалаврської роботи необхідно проаналізувати два варіанти технологічного маршруту. Рішення про вибір того чи іншого варіанту приймають після їх техніко-економічного порівняння, яке проводиться на яку відрізняються операціями.

Для кожної операції попередньо визначають тип верстата, пристосування, інструмент. Технічні характеристики верстатів та рекомендації щодо вибору пристосувань і інструментів для різних верстатних робіт дані в [2].

7. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

Встановлення змісту і схеми виконання операції. При проектуванні технологічної операції вирішується комплекс питань: уточнюється зміст операцій, вибираються засоби технологічного оснащення, розраховуються режими різання, визначають розміри, що налагоджують, норми часу, розробляються операційні ескізи і схеми налагоджень.

Існує кілька методів вибору структури операції. Критеріями оцінки варіантів проектованої операції можуть бути: оперативний час, штучний час, собівартість виконання операції. Всі ці критерії зменшуються за умови скорочення числа переходів і їх одночасного виконання. Число переходів, перш за все, залежить від числа стадій обробки кожної елементарної поверхні деталі. Чим менше стадій обробки необхідно для кожної поверхні і чим вище їх технологічна і тимчасова сумісність, тим більше можливостей скорочення часу виконання операції, і, відповідно, зниження собівартості її виконання.

При розробці послідовності і змісту переходів необхідно прагнути до скорочення часу обробки за рахунок раціонального вибору засобів технологічного оснащення, числа переходів, поєднання основного і допоміжного часу. В умовах багатосерійного і масового виробництва, де технологічні можливості обладнання досить широкі, виникає питання про побудову операцій з мінімальним штучним часом, а при поточному виробництві - штучний час операції повинно бути рівним або кратним такту випуску.

Поєднання переходів визначається конструкцією деталі, можливостями розташування ріжучих інструментів на верстаті і жорсткістю деталі. При побудові структури операції слід відмовлятися від одномісних одноінструментальних послідовних схем обробки на користь багатомісних та багатоінструментальних паралельних схем. Вибираючи схеми обробки, слід пам'ятати, що зі збільшенням числа інструментів в налагодженні продуктивність зростає до певної межі. При великій кількості інструментів

збільшуються витрати на зміну і настройку інструментів, знижується швидкість різання, зменшується подача.

Можливість суміщення технологічних переходів встановлюють залежно від взаємного розташування оброблюваних поверхонь, зручного відведення стружки, технічної можливості розміщення інструменту в зоні обробки.

Обробку поверхонь високої точності і низькою шорсткості доцільно виділяти в окрему операцію, застосовуючи одномісні одно інструментальні послідовні схеми.

Раціональне побудова операції залежить від ефективного використання обраного типу технологічного устаткування, оснащення і ріжучого інструменту.

Бажано дотримуватися наступного порядку проектування кожної операції:

- вибір типу і моделі верстата;
- визначення схеми базування деталі і верстатного пристосування;
- вибір ріжучого інструменту;
- розрахунок (вибір) режимів різання;
- визначення норми часу;
- визначення необхідної кількості верстатів;
- визначення коефіцієнтів завантаження верстатів.

Вибір засобів технологічного оснащення. Технологічне обладнання вибирають з урахуванням наступних характеристик: методів обробки; габаритних розмірів заготовок і розмірів оброблюваних поверхонь; потужності різання; продуктивності обладнання; можливості придбання і ціни верстата; зручності та безпеки його роботи.

При виборі враховують також такі коефіцієнти:

- завантаження устаткування:

$$\eta_3 = \frac{C_p}{C_n}, \quad (18)$$

де C_p – розрахункова кількість верстатів на операції; C_n – прийняте кількість верстатів.

Для масового виробництва рекомендований $\eta_3 = 0,65 \div 0,75$, для серійного $\eta_3 = 0,75 \div 0,8$, для дрібносерійного і одиничного – $\eta_3 = 0,8 \div 0,9$. У

дрібносерійному виробництві перевагу віддають верстатів з ЧПУ і універсальних верстатів, які легше довантажити обробкою аналогічних деталей;

– використання верстатів за основним часу:

$$\eta_o = \frac{t_o}{t_{um}} \text{ – для масового виробництва; } \quad (19)$$

$$\eta_o = \frac{t_o}{t_{um}} \text{ – для серійного виробництва, } \quad (20)$$

де t_o, t_{um}, t_{um-k} – відповідно основна, штучне і штучно-калькуляційний час. Коефіцієнт використання верстатів за основним часу коливається в межах: $0,35 \div 0,45$ – для протяжних верстатів, $0,85 \div 0,95$ – для карусельно-фрезерних і барабанно-фрезерних верстатів. Коефіцієнт слід збільшувати для дорогого устаткування, зменшуючи витрати на допоміжний і підготовчо-заклучний час;

– використання обладнання за потужністю,

$$\eta_{cm} = \frac{N_p}{N_{cm}}, \quad (21)$$

де N_p – необхідна потужність різання, N_{cm} – потужність електродвигуна верстата.

Встановленим вимогам зазвичай задовольняють верстати декількох моделей даного типорозміру. Віддають перевагу моделі з великим запасом потужності і більшим ступенем автоматизації робочого циклу.

При виборі агрегатних верстатів (для масового і багатосерійного виробництва) необхідно розглядати характер технологічної операції, виконуваної на агрегатному верстаті, число позицій обробки, число шпинделів в силовий голівці, швидкість різання і зусилля подачі.

Застосування верстатів з ЧПУ доцільно в дрібносерійному і серійному виробництві для трудомістких операцій; при виробництві складних деталей малими партіями; для обробки деталей з великою кількістю розмірів, які мають високі вимоги по точності; при обробці деталей, які вимагають високоточної оснастки, коли її вартість становить значну частину вартості обробки. При виборі моделі верстата з ЧПУ в основному керуються тими ж правилами, що і при виборі звичайних верстатів.

Необхідні дані для вибору верстатів приведені в [2, стор. 5 -67; 3, стор. 154-196].

Ріжучий інструмент вибирають з урахуванням:

– максимального використання нормалізованого і стандартного інструменту;

– методу обробки;

– розмірів оброблюваних поверхонь;

– точності обробки і якості поверхні;

– проміжних розмірів і допусків на ці розміри;

– стійкості інструменту, його ріжучих властивостей і міцності;

– стадії обробки (чорновий, чистової, обробної);

– типу виробництва.

Розміри мірного інструменту визначають, виходячи з проміжних розмірів обробки (зенкерів, розгортки, круглих протяжок і т.п.), Розміри інших інструментів (різців, розточувальних борштанг і т.п.) з розрахунку на міцність і жорсткість.

Дані по вибору матеріалу ріжучої частини, типів, розмірів, конструкцій інструментів наведені в [2, стор. 111-260].

Використання вимірювальних інструментів і спеціальних контрольних пристосувань залежить від точності вимірювання, форми і розмірів вимірюваної поверхні, типу виробництва.

Пристосування для технологічних операцій вибирають на основі габаритних розмірів виробів; виду заготовки; матеріалу виробів; точності обробки, якості поверхні; конфігурації виробу; схем базування і закріплення; характеристик обладнання; типу виробництва.

При виборі пристосувань керуються матеріалами, викладеними в [6; 7; 2, стор. 66-110].

Розрахунок режимів різання. В бакалаврській роботі режими різання розраховуються аналітичним методом (за емпіричними формулами теорії різання) для 2-х не повторюються операцій [2, стор. 261 -303].

Для інших операцій режими різання призначаються за нормативами з урахуванням поправочних коефіцієнтів [8].

Розрізняють дві методики розрахунку режимів різання:

1. При одно інструментальній обробці, яка використовується в одиничному, дрібносерійному і серійному виробництвах;

2. При багато інструментальній обробці, яка використовується у багатосерійному і масовому виробництвах.

Розрахунок режимів різання при одно інструментальній обробці виконують в наступному порядку:

1) Виходячи з креслення деталі і заготовки, визначаємо довжину робочого ходу інструменту;

2) Вибираємо ріжучий інструмент і його стійкість, виходячи з властивостей оброблюваного матеріалу, точності обробки, величини припуску і жорсткості системи ВПЗ.

3) Вибираємо глибину різання t , бажано, щоб глибина різання дорівнювала припуску на обробку $t = z_{\min}$; якщо з технологічних причин не можна це виконати, то на першому проході знімають 80÷90% $[t = (0,8 \div 0,9)z]$ припуску, а на другому – 20 ÷ 10%.

4) Вибираємо подачу S , мм/хв, виходячи з максимальної продуктивності, таку, яка за величиною буде найбільшою, але одночасно забезпечує необхідну точність і шорсткість і т.п., наприклад, при точінні подача може бути визначена за формулою:

$$S = cR_z^y \cdot r^u / t^x \varphi^z \cdot \varphi_1^z, \quad (22)$$

де c – висота мікронерівностей оброблюваної поверхні, мкм; r – радіус у вершини різця, мм; R – радіус оброблюваної поверхні, мм; φ і φ_1 – відповідно головний і допоміжний кут в плані різця; y , u , x , z – коефіцієнти ступеня, $y = 0,6 \div 1,4$; $u = 0,3 \div 0,75$; $x = 0,12 \div 0,3$; $z = 0,15 \div 0,5$.

5) Знаючи t і S для конкретної операції, вибираємо або розраховуємо швидкість різання V_p за формулами, які наведені для кожного методу обробки в [2, стор. 261- 303].

6) Отриману швидкість необхідно помножити на поправочний коефіцієнт K (при централізованій заточування інструменту алмазними колами $K = 1,08$, при децентралізованій – $K = 0,88$).

7) За отриманою швидкості різання V_p визначаємо розрахункове число обертів n_p і, звіряючи отримане значення n_p з паспортними даними верстата n_ϕ , приймаємо найближче менше значення щодо розрахункового.

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D} \text{ [об/хв]}, \quad (23)$$

де D – діаметр оброблюваної поверхні, мм,

8) За формулою $V_\phi = \frac{\pi D n_\phi}{1000}$ [м/хв] розраховуємо фактичну швидкість різання.

9) Визначаємо силу різання і потужність в залежності від методу обробки за формулами [2, стор. 261 ÷ 303].

10) За потужністю на шпинделі і двигуна верстата вибираємо його модель [2, стор. 5 ÷ 66; 3, стор. 154 ÷ 196], при цьому потужність двигуна повинна бути більше або дорівнює потужності на шпинделі верстата:

$$N_{\text{дв}} \geq N_{\text{шп}}. \quad (24)$$

Розрахунок режимів різання при багато інструментальній обробці.
Для підвищення продуктивності праці і зниження собівартості виготовлення деталей в багатосерійному і масовому виробництвах використовують багато інструментальне налагодження.

Вибір режимів різання при багато інструментальній обробці аналогічний одно інструментальній обробці, за винятком деяких особливостей, і виконується в наступному порядку:

- 1) Оброблювану поверхню розбиваємо на кілька ділянок;
- 2) Вибираємо схему розміщення інструментів;
- 3) Встановлюємо кінцеві розміри обробки;
- 4) Призначаємо глибину різання для кожного переходу;
- 5) Підбираємо ріжучий інструмент;
- 6) Визначаємо подачу. Подачу підбираємо в два етапи. На першому етапі її встановлюють, як при одно інструментальній обробці, враховуючи при цьому глибину різання, розміри обробки, механічні властивості деталі і інструменту, точність і шорсткість оброблюваної поверхні, стійкість інструменту та ін. На другому етапі коректують обрану подачу. Наприклад, при виборі подачі при фрезеруванні слід враховувати, що інструменти,

розташовані на одній оправці, повинні мати однакову хвилинну подачу або подачу на один оберт фрези. Це ж стосується і інструментів, які знаходяться в багатошпиндельних головках, наприклад, свердла, розгортки, зенкери і ін. В цьому випадку подача кожного окремого інструменту дорівнює подачі багатошпиндельною головки.

7) Вибираємо стійкість інструменту в залежності від числа одночасно працюючих інструментів [2, стор. 264, табл. 7.], передбачивши при цьому його дві або одну заміну в зміню.

8) З усіх інструментів найбільшу стійкість матиме інструмент, швидкість різання на якому найменша.

9) По відомій швидкості різання визначаємо частоту обертання шпинделя верстата.

10) Сумарна потужність різання повинна бути менше потужності приводу верстата.

Формули для розрахунку режимів різання наведені [2, стор. 261 - 303].

Технічне нормування операцій. У масовому виробництві технічна норма (штучний час) визначається за формулою:

$$t_{шт} = t_o + t_e + t_{обс} + t_{омд} + t_{омд} \text{ [хв.]}, \quad (25)$$

в серійному виробництві технічна норма (штучно-калькуляційний час) - за формулою:

$$t_{шт-к} = t_o + t_e + t_{обс} + t_{омд} + t_{омд} + \frac{T_{n-3}}{n} \text{ [хв.]}, \quad (26)$$

де t_o – основний час, хв.; t_e – допоміжний час, хв.; $t_{обс}$ – час на обслуговування робочого місця, хв.; $t_{омд}$ – час на відпочинок і особисті потреби робітника, хв.; T_{n-3} – підготовчо-заклучний час на партію деталей, хв.; n – розмір партії деталей.

Визначення основного часу. Якщо основний час - машинне, то його розрахунок виконується, використовуючи формули:

$$t_o = \frac{l_{p.x.}}{S_{мин}} \text{ [хв.]}, \quad (27)$$

використання цієї формули для розрахунку основного (машинного) часу вимагає знання кінематики використовуваного обладнання. Всі металорізальні

верстати для визначення основного часу і нормування слід розділити на дві групи: 1) верстати з обертовим рухом різання (токарні, свердлильні, фрезерні та т.п.); 2) верстати з зворотно-поступальним рухом різання (стругальні, тощо).

Формула для розрахунку основного часу в загальному вигляді для більшості верстатів (точіння, фрезерування):

$$t_o = \frac{l_{p.x.}}{S_{мин}} \cdot i = \frac{l_{ep.} + l_0 + l_n}{n \cdot S_0} \cdot i \quad [\text{хв.}], \quad (28)$$

де $l_{p.x.}$ – довжина робочого ходу, мм; $S_{мин}$ – хвилинна подача, мм/хв.; i – число робочих ходів інструменту до повної обробки на цій операції; l_0 – довжина оброблюваної поверхні, мм; $l_{ep.}$ і l_n – відповідно довжина врізання інструмента, мм; n – число оборотів в хв.; S_0 – подача, мм/об.

Для різних методів обробки та обладнання, що застосовується розрахункові формули для визначення t_o наведені в [11].

Наприклад:

– нарізуванням зубів зубчастих коліс черв'ячною фрезою:

$$t_o = \frac{(l_{ep.} + l_0 + l_n) \cdot z}{S \cdot n \cdot q} \cdot i \quad [\text{хв.}], \quad (29)$$

де l_0 – довжина зуба, що нарізується в мм; $l_{ep.}$ і l_n – довжина врізання та перебігу, в мм; z – число зубів зубчастого колеса, що нарізується; S – подача на один оборот зубчастого колеса в мм; n – число оборотів фрези в хвилину; q – число заходів фрези; i – число проходів.

– нарізування зубів довбачем:

$$t_o = \frac{h}{S_p \cdot n} + \frac{t \cdot z}{S_k \cdot n} \cdot i \quad [\text{хв.}], \quad (30)$$

де h – глибина западини зубчастого вінця в мм; S_p – радіальна подача на один подвійний хід довбача в мм; n – число подвійних ходів довбача в хв.; t – крок зубів зубчастого колеса, що нарізуються в мм; z – число зубів колеса, що нарізується;

S_k – кругова подача зубчастого колеса на один подвійний хід довбача в мм; i – число ходів, необхідне для нарізування зубів зубчастого колеса.

Решта складових норми часу ($t_v, t_{обс}, t_{омд}, T_{н.з.}$) визначаються по [9, 12].

Після нормування операцій визначають кількість обладнання. Для масового виробництва розрахункове число верстатів на операції визначається за формулою:

$$C_p = \frac{t_{ум}}{\tau}, \quad (31)$$

де τ – такт випуску деталей, хв.

Якщо розрахункова кількість верстатів отримано дробове, то його округляють до цілого. Число прийнятих верстатів C_n .

Завантаження верстатів за часом визначається коефіцієнтом завантаження.

$$\eta_z = \frac{C_p}{C_n}, \quad (32)$$

середній коефіцієнт завантаження визначається:

$$\eta_{зср} = \frac{\sum C_p}{\sum C_n} \quad (33)$$

за результатами розрахунків будується графік завантаження устаткування.

8. РОЗРАХУНОК ТОЧНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

Метою розрахунку точності обробки є:

- 1) Визначення сумарної похибки механічної обробки;
- 2) Розробка заходів, що знижують вплив елементарних похибок на сумарну точність.

Похибка установки Δy (базування і закріплення) при використанні конкретного установочного пристосування для отримання заданого розміру визначається за формулою:

$$\Delta y = \sqrt{\Delta_o^2 + \Delta_s^2} \quad [1, \text{стор. 40}]. \quad (34)$$

Похибки установки заготовок в різні пристосування наведені в [1, стор. 41-44, табл. 12 -17].

Деякі вирази для визначення похибок базування в залежності від схеми установки і витримує розмірів наведені в [1, стор. 45-48, табл. 18].

Похибка обробки Δ_o , що виникає від геометричної неточності виготовлення металорізальних верстатів і пружних деформацій вузлів верстата під дією сил різання наведені в [1, стор. 54-70, табл. 23].

Для визначення похибки налагодження Δ_n слід використовувати залежності, наведених в [1, стор. 70-73, табл. 24-27].

Сумарна похибка визначається виразом:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_y^2 + \Delta_o^2 + \Delta_n^2} \quad (35)$$

Висновок про точність операції можливо зробити порівнявши значення сумарної похибки і допуску на обробку заданого розміру. Якщо, це означає, що точність операції задовільна. Якщо, то необхідно передбачити заходи щодо зміни схеми базування, виду обробки, що застосовується верстатного пристосування, що застосовується верстата підвищеної точності, зміни методу налаштування технологічної системи і т.п. Операцію, яка не забезпечує умова, застосовувати в технологічному процесі не можна, оскільки це призведе до виникнення браку.

9. ВАРІАНТИ І ВИХІДНІ ДАНІ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ

При виконанні прикладу виконання індивідуального завдання в якості об'єкту дослідження є деталь №«Зубчасте колесо». Кресленики деталей наведено нижче на рис. 1-10. Також до креслення додається таблиця варіантів завдань зі змінними параметрами креслення деталі, матеріалу та річної програми випуску (табл. 8). Варіанти індивідуальних завдань вибирати згідно з останньою цифрою залікової книжки.

10. ПРИКЛАД ПРОЕКТУВАННЯ ТИПОВОГО МАРШРУТНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗУБЧАСТОГО КОЛЕСА

Зубчасті колеса є дуже поширеними деталями в машинобудуванні. Вони дуже різні за формою, розмірами, ступеня точності і іншим кінематичними параметрами. Вибір методу виготовлення зубчастих коліс залежить від багатьох чинників: типу і розмірів коліс, обсягу виготовляються однотипних коліс, виду і матеріалу заготовок, кінематичної точності і інших параметрів. Вибір схеми обробки зубчастих коліс повинен проводитися на підставі

ретельного аналізу конструкції колеса і технічних вимог на його виготовлення і можливостей даного виробництва.

В якості прикладу розглянемо маршрут виготовлення циліндричного зубчастого колеса з маточиною 7-ї ступені точності, виконаної зі сталі 45 (рис. 11).

Основні операції механічної обробки зубчастого колеса наступні:

005 Заготівельна

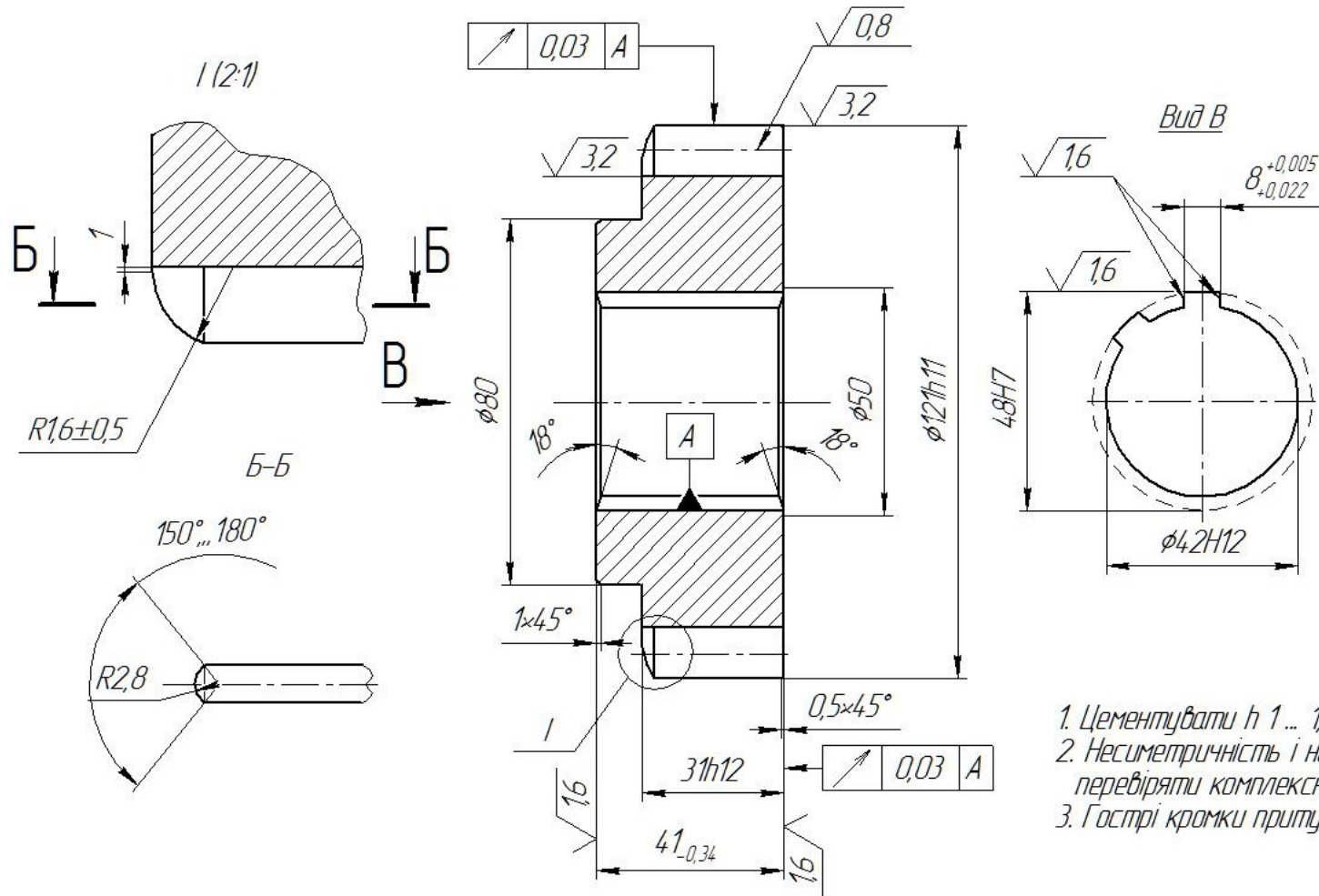
В умовах одиничного чи дрібносерійного виробництва заготовкою є прокат. Зміст заготівельної операції при цьому - різка прокату на окремі заготовки.

Варіанти і вихідні дані індивідуального завдання

Номер варіанту	Найменування деталі	Номер рисунку	Матеріал	Програма випуску деталей на рік
1	Шестерня ведена	1	Сталь 35	БС
2	Колесо зубчасте	2	Сталь 40Х	СС
3	Колесо зубчасте	3	Сталь 40ХН	ОД
4	Колесо зубчасте	4	Сталь 45	МА
5	Шестерня	5	Сталь 20Х	ОД
6	Вал	6	Сталь 45Х	БС
7	Вал шліцьовий	7	Сталь 45	МА
8	Вал	8	Сталь 18ХГТ	СС
9	Вал шліцьовий	9	Сталь 45	ОД
10	Вал	10	Ст. 3	БС
11	Шестерня ведена	1	Сталь 35	МА
12	Колесо зубчасте	2	Сталь 40Х	СС
13	Колесо зубчасте	3	Сталь 40ХН	ОД
14	Колесо зубчасте	4	Сталь 45	БС
15	Шестерня	5	Сталь 20Х	МА
16	Вал	6	Сталь 45Х	СС
17	Вал шліцьовий	7	Сталь 45	ОД
18	Вал	8	Сталь 18ХГТ	МА
19	Вал шліцьовий	9	Сталь 45	СС
20	Вал	10	Ст. 3	ОД

Примітка: ОД - одиничний тип виробництва; СС - середньо серійний тип виробництва; БС - багатосерійний тип виробництва; МА - масовий тип виробництва

6,3
√(√)



Модуль	<i>m</i>	3,5	
Число зубів	<i>z</i>	30	
Похідний контур		ГОСТ13755-86	
Коеф. зміщення похідного контуру	ξ	+1,43	
Ступінь точності		Ст 7-х	
Довжина загальної нормалі	L^{α}	$51,387_{-0,201}^{-0,181}$	
Діаметр основної окружності	d_o	98,668	
Відхилення основного кроку	Δt_o	0,018	
Колівання міжцентрової відстані	за оберт	δ_{ω}	0,095
	на 1 зуб	δ_{γ}	0,045
Допуск на напрямок зубу	$\delta_{\alpha,\beta}$	0,017	
Допуск на колівання довжини загальної нормалі	δ_s	0,03	

1. Цементувати h 1 ... 1,4; серцевина HRC 30 ... 40.
2. Несиметричність і непаралельність бічних поверхонь шліцьових пазів перевіряти комплексним калібром.
3. Гострі кромки притупити.

Рис. 1. Кресленик шестерні веденої (Сталь 35)

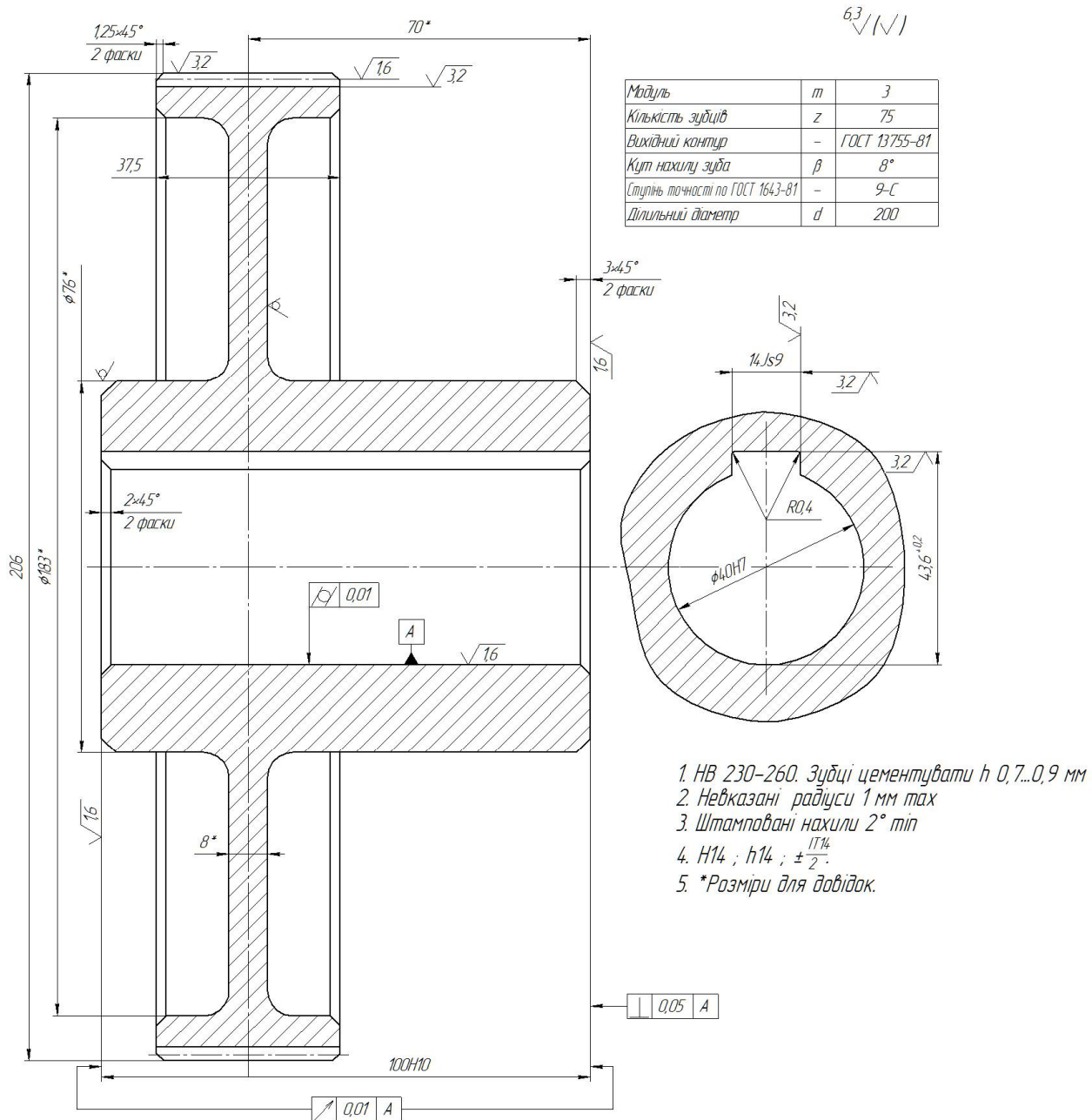


Рис. 2. Кресленик колеса зубчастого (Сталь 40X)

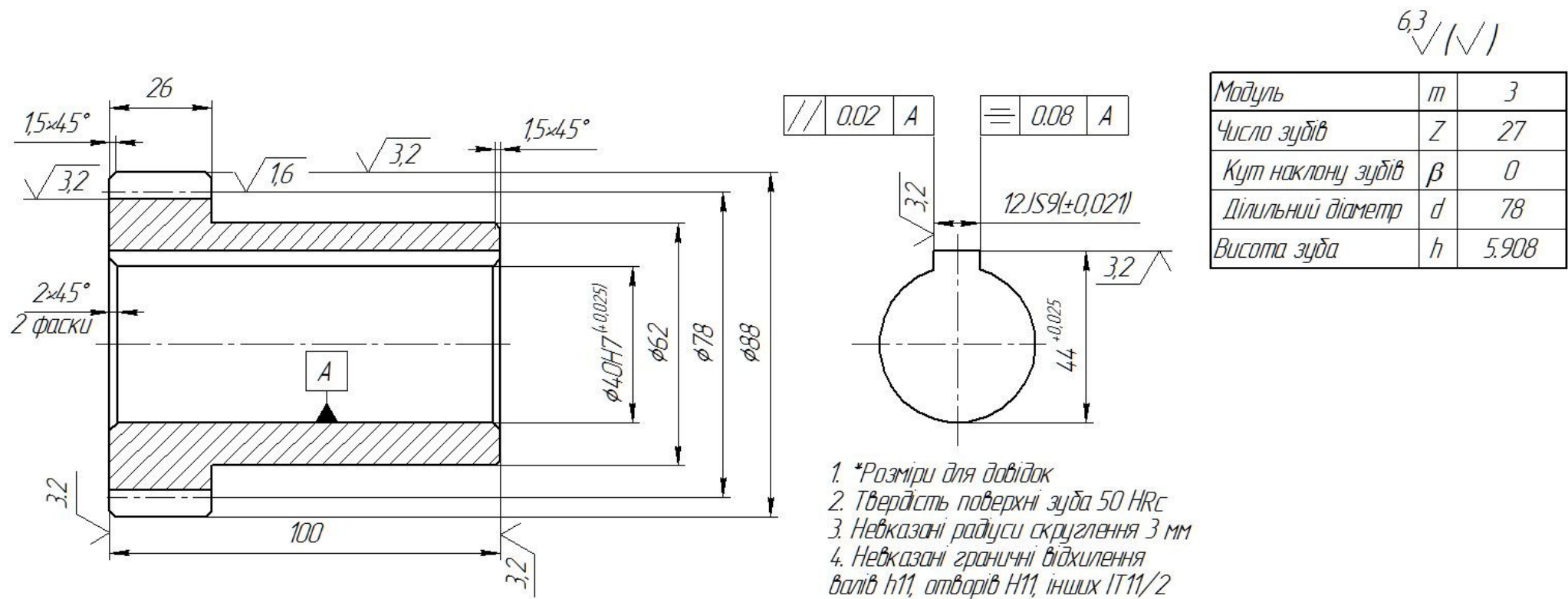
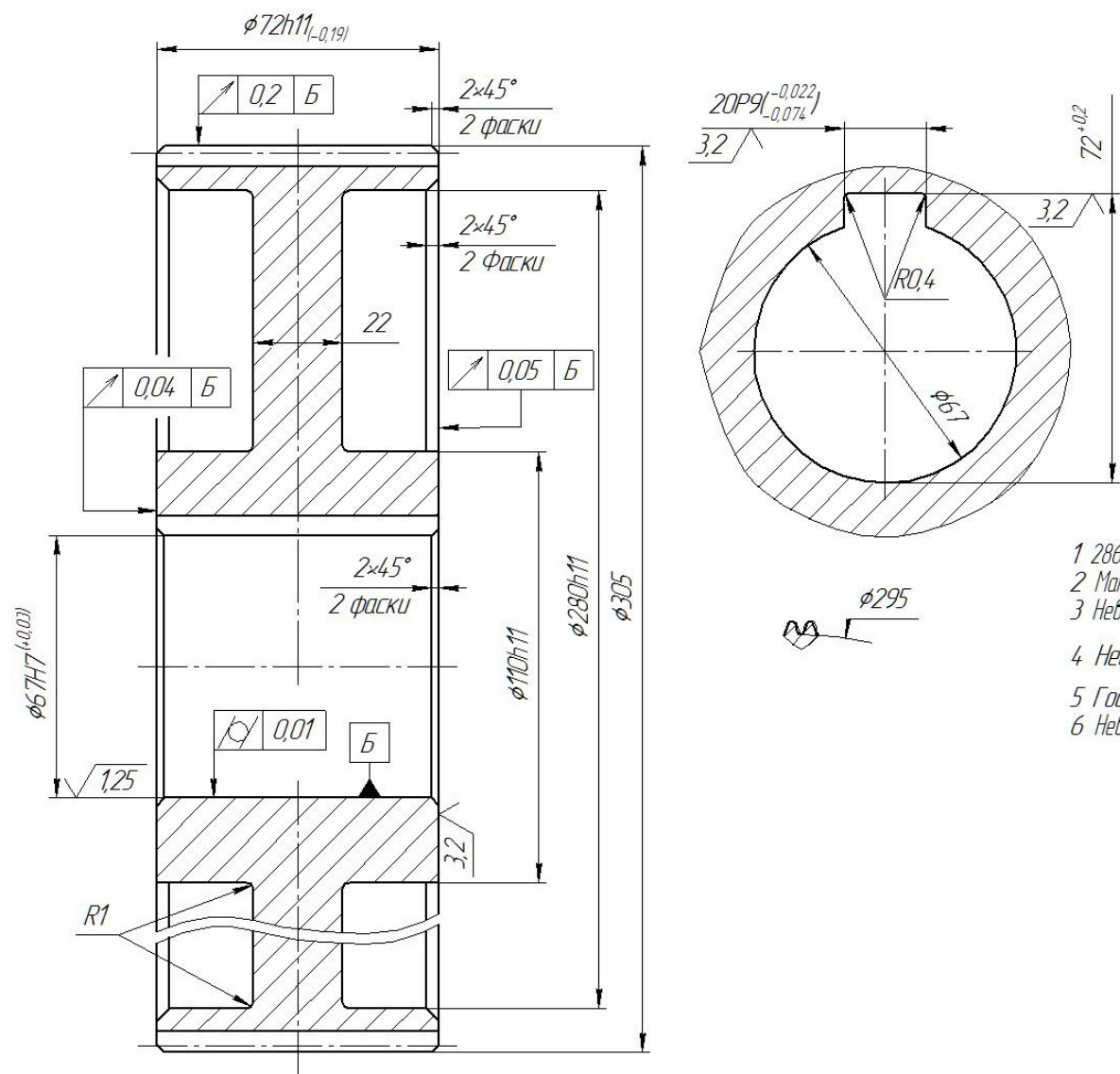


Рис. 3. Кресленик колеса зубчастого (Сталь 40ХН)

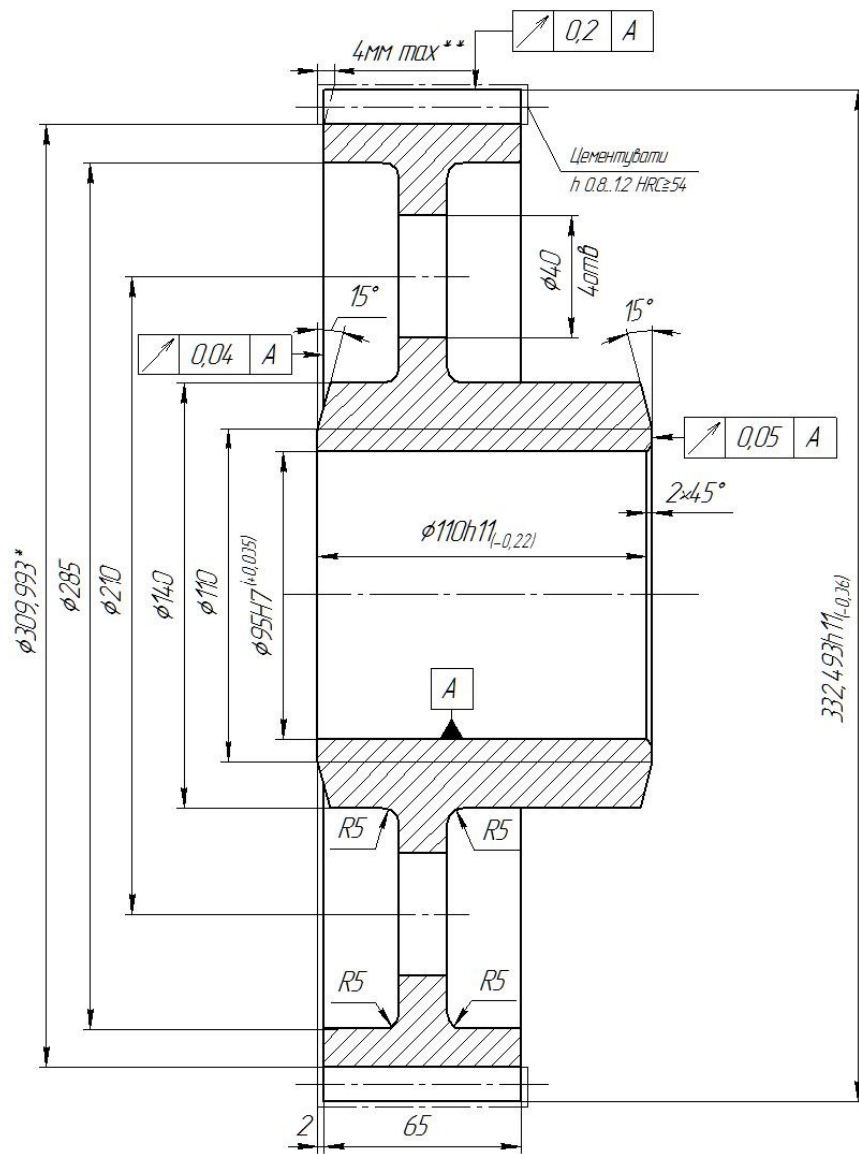


6,3 $\sqrt{(\sqrt{V})}$

Модуль	m	2,5	
Кількість зубців	z	120	
Вихідний контур	-	ГОСТ 13755-81	
Коеф. зміщення вихідного контуру	ξ	0	
Ступінь точності по ГОСТ 1643-81	-	7-С	
Допуск на коливання довжини загальної нормалі	δ_s	0,02	
Колівання міжцентрової відстані	за одерт колеса	δ_{ω}	0,05
	на 1 зуб	δ_{ω}	0,022
Дільний діаметр	d	300	

- 1 286 ... 341 НВ.
- 2 Матеріал-замінник - сталь 40ХС ГОСТ 4543-71.
- 3 Невказані вимоги по штамповці по класу Т5 ГОСТ 7505-89.
- 4 Невказані граничні відхилення розмірів Н14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.
- 5 Гострі кромки притупити радіусом або фаскою 0,2 max.
- 6 Невказані радіуси R0,3 max.

Рис. 4. Кресленник колеса зубчастого (Сталь 45)

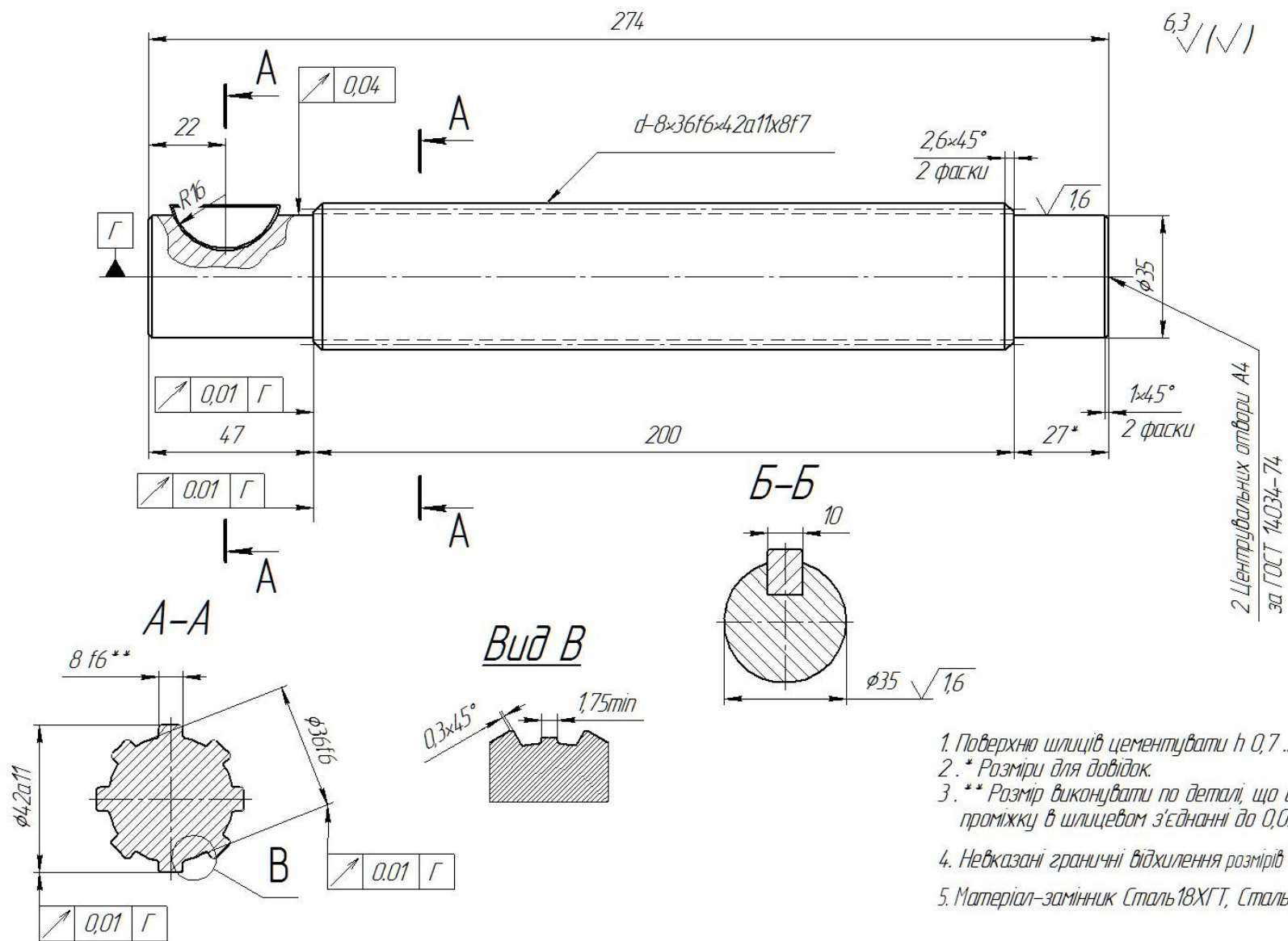


Модуль	m	5
Число зубів	z	62
Напрямок лінії зуба	—	ліве
Нормальний вихідний контур	—	ст 9-7-6 ГОСТ 1643-81
Кут нахилу	β	16
Коеф. зміщення похідного контуру	ξ	0
Ступінь точності	—	ГОСТ 1643-81
Довжина загальної нормалі	L°	115,562 ^{-0,128} _{-0,210}
Дільний діаметр	d	322,493

6,3 $\sqrt{\sqrt{}}$

1. Допускається заміна матеріалу на сталь марки 12ХНЗА ГОСТ 4543-71.
2. HB207 ... 302. Для матеріалу сталь 12ХНЗА ГОСТ 4543-71 HB255 ... 388.
3. * Розмір для довідок.
4. Незазначені граничні відхилення розмірів: отворів H14, валів h14, інших $\pm \frac{IT14}{2}$.
5. Перед цементуванням гострі краї зубів скруглити по контуру R0,5, або зняти фаску 1,5x45°, а на поздовжніх краяхах головок зубів зняти фаски 0,3x45°.
6. ** Заточування для перевірки наявності цементованого шару виконувать на одному зубі з бідь-якого боку.
7. Допускається виконувати заточку другого діаметрально розташованого зуба для повторної перевірки наявності цементації.
8. Перевірку глибини і якості цементації допускається проводити з зразком, що виготовлено з матеріалу шестерні.
9. Перевірку зубів виробляти магнітним дефектоскопом. Щілини не допускаються.
10. Допускається перевіряти похилку напрямлення зуба за плямою контакту робочих поверхонь зубів.
 - а) по висоті не менше 50%.
 - б) по довжині не менше 70%.
11. Контроль твердості проводити на торці зубчастого вінця.

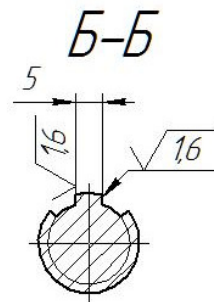
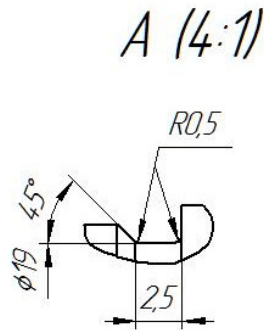
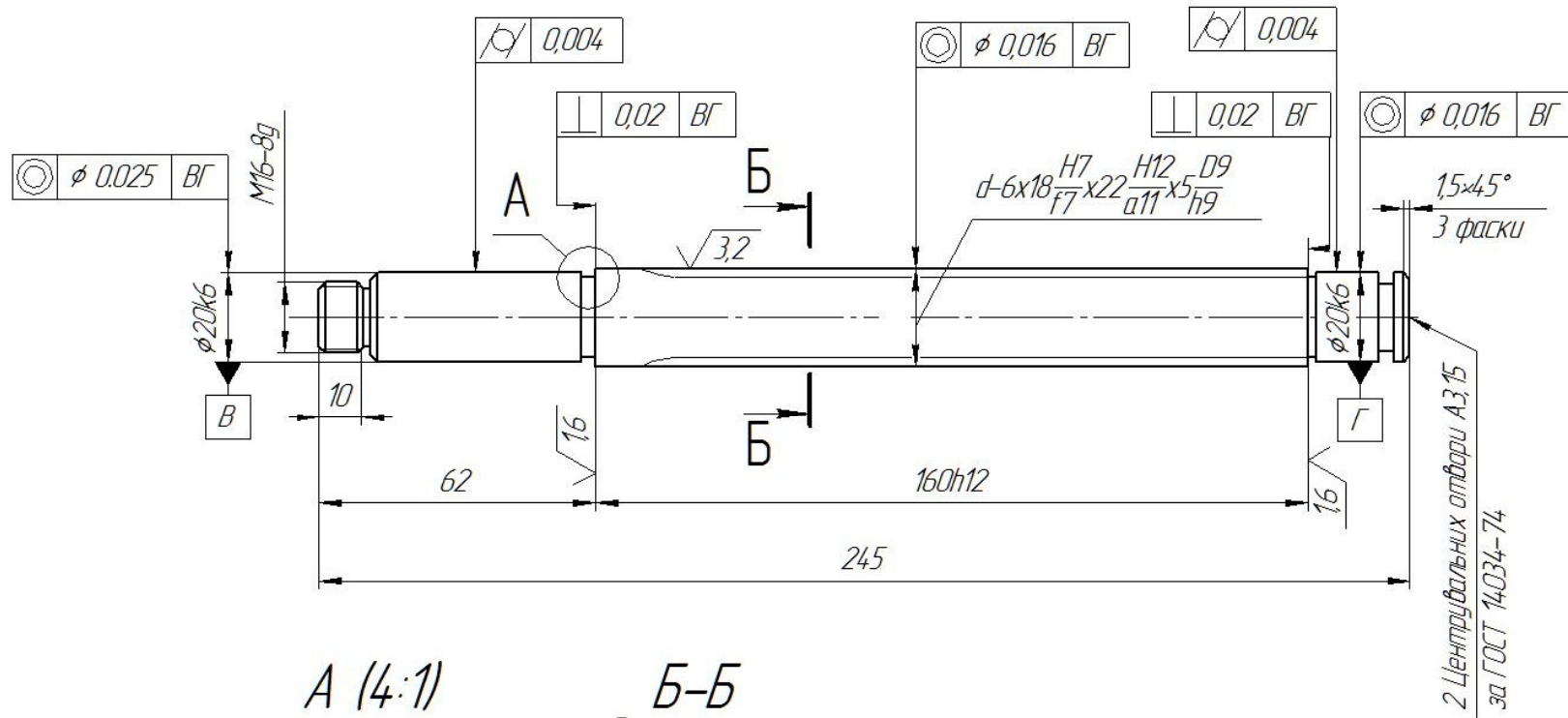
Рис. 5. Кресленник шестерні (Сталь 20Х)



1. Поверхню шлиців цементувати $h\ 0,7 \dots 1,1\ 56 \dots 63\ HRC$.
2. * Розміри для довідок.
3. ** Розмір виконувати по деталі, що сполучається, при забезпеченні проміжку в шлицевом з'єднанні до 0,02.
4. Невказані граничні відхилення розмірів $H14, h14, \pm \frac{IT14}{2}$.
5. Матеріал-замінник Сталь 18ХГТ, Сталь 20Х ГОСТ 4543-71

Рис. 6. Кресленик валу шліцьового(Сталь 45Х)

6,3 √(√)



1. НВ 220...260.

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

Рис. 7. Кресленик валу шліцьового (Сталь 45)

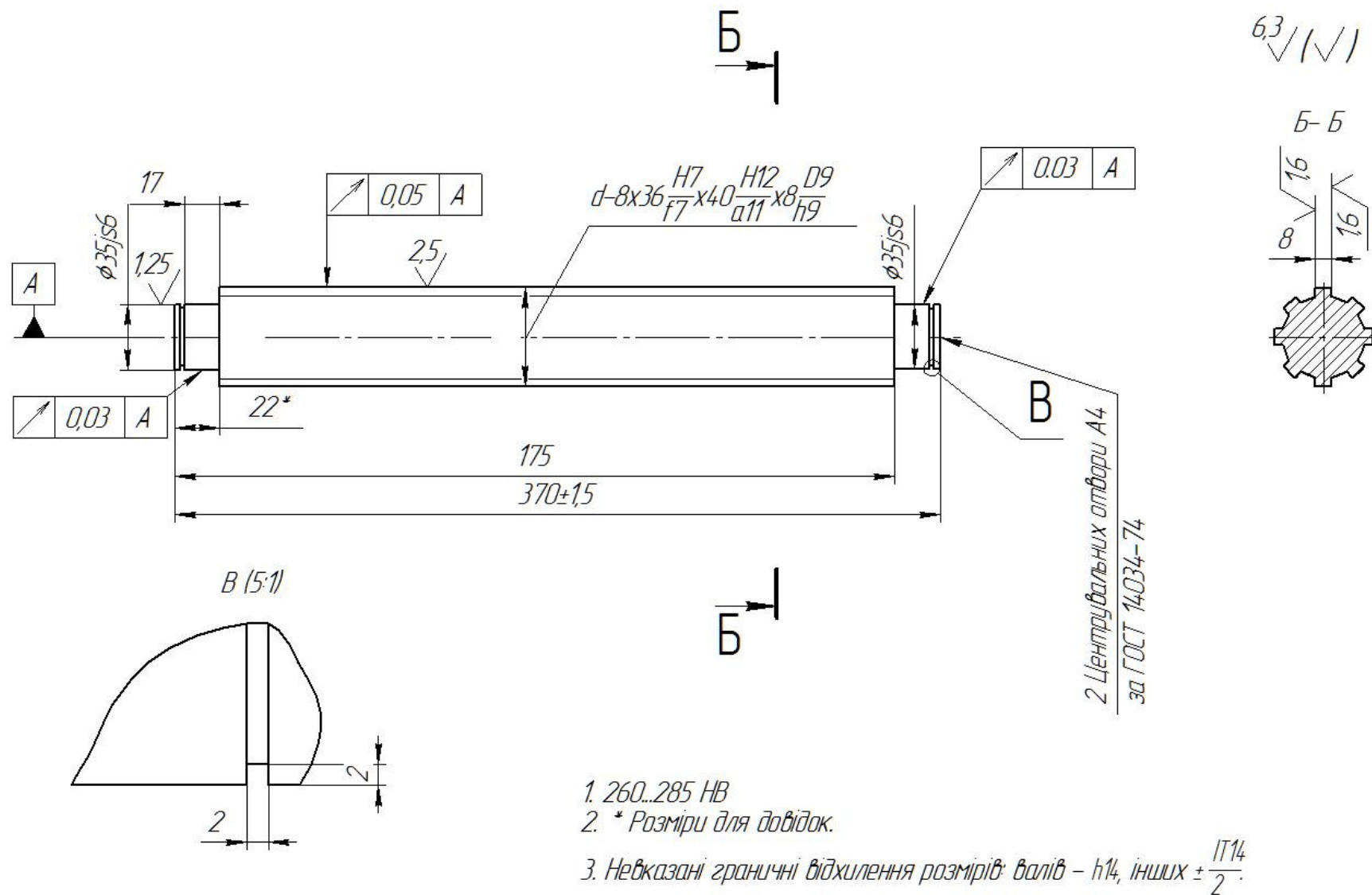


Рис. 8. Кресленик валу шліцьового(Сталь 18ХГТ)

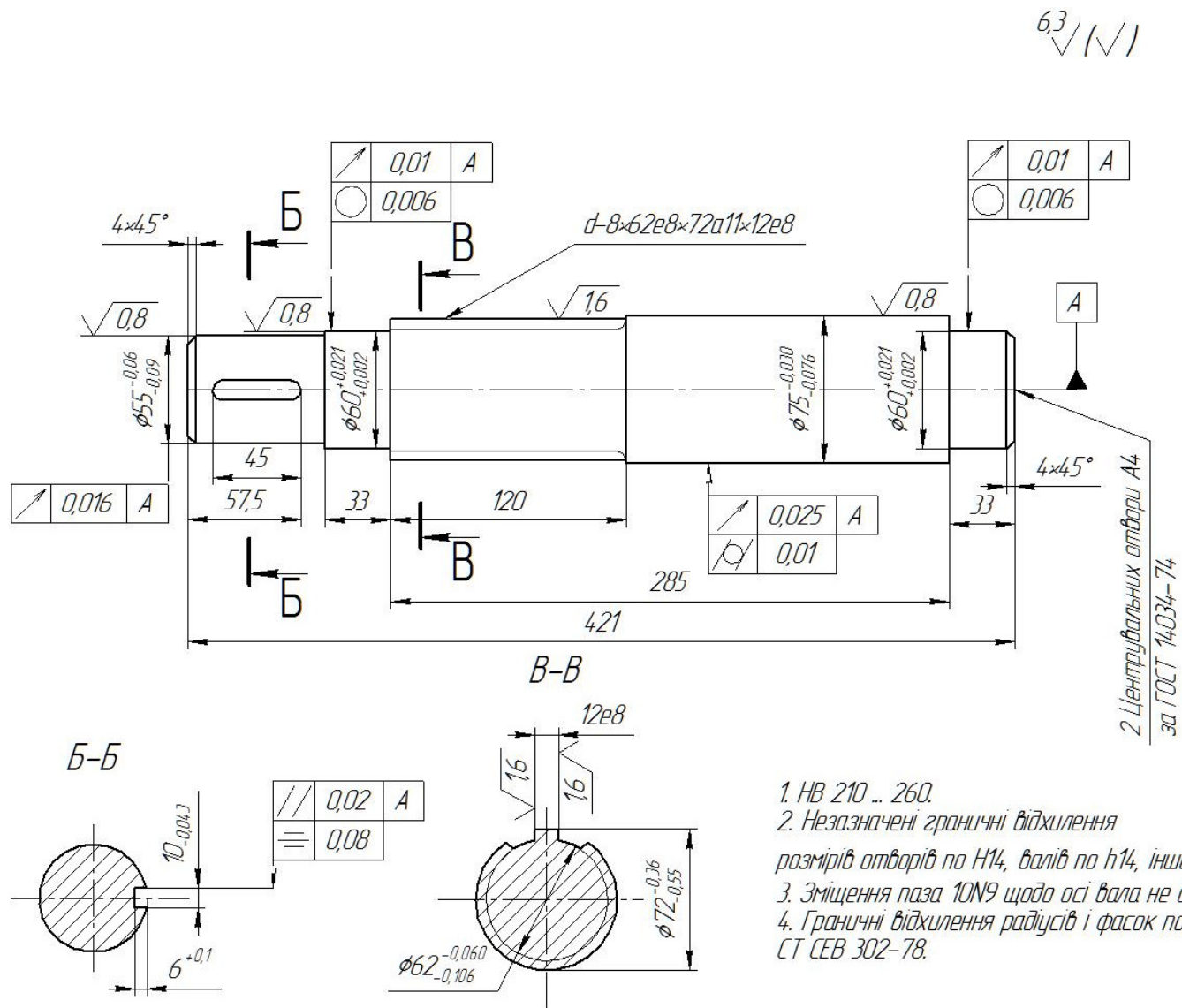
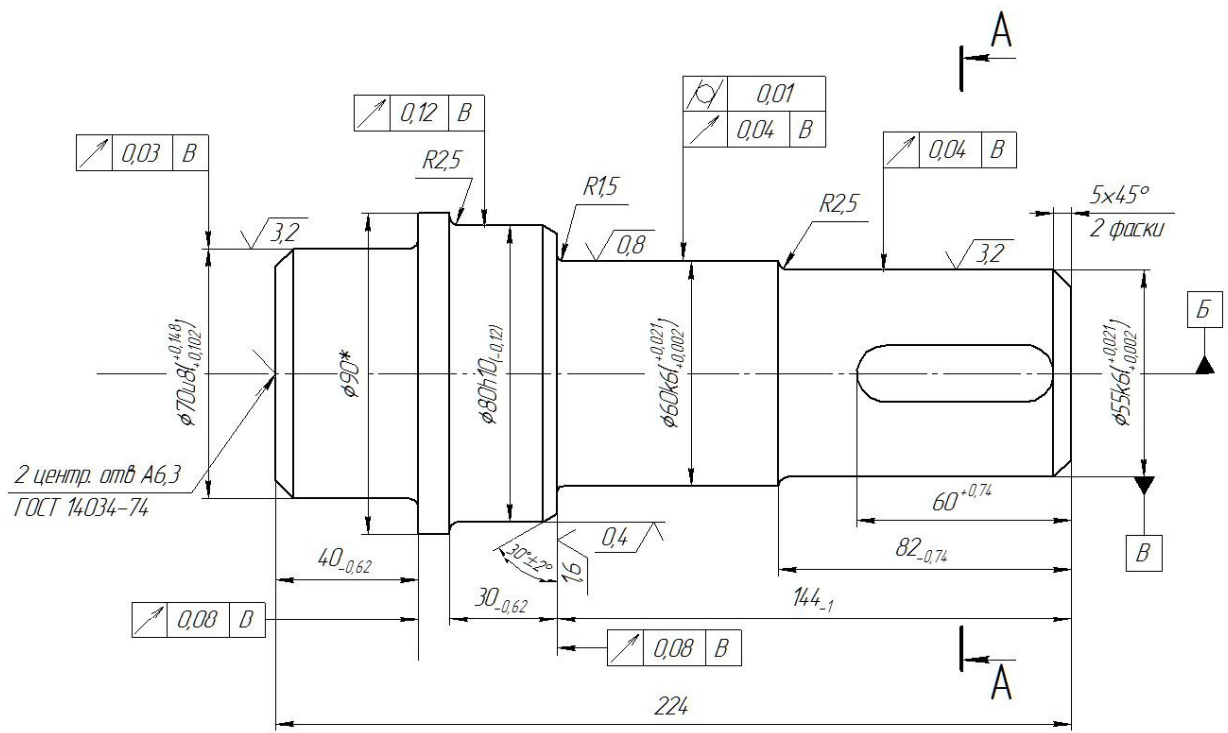
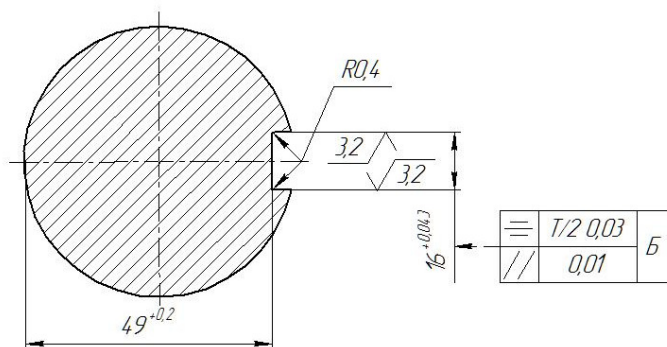


Рис. 9. Кресленник валу шліцьового (Сталь 45)

63 √(√)



Вид А-А



* Розмір для довідок

Рис. 10. Кресленик валу (Ст. 3)

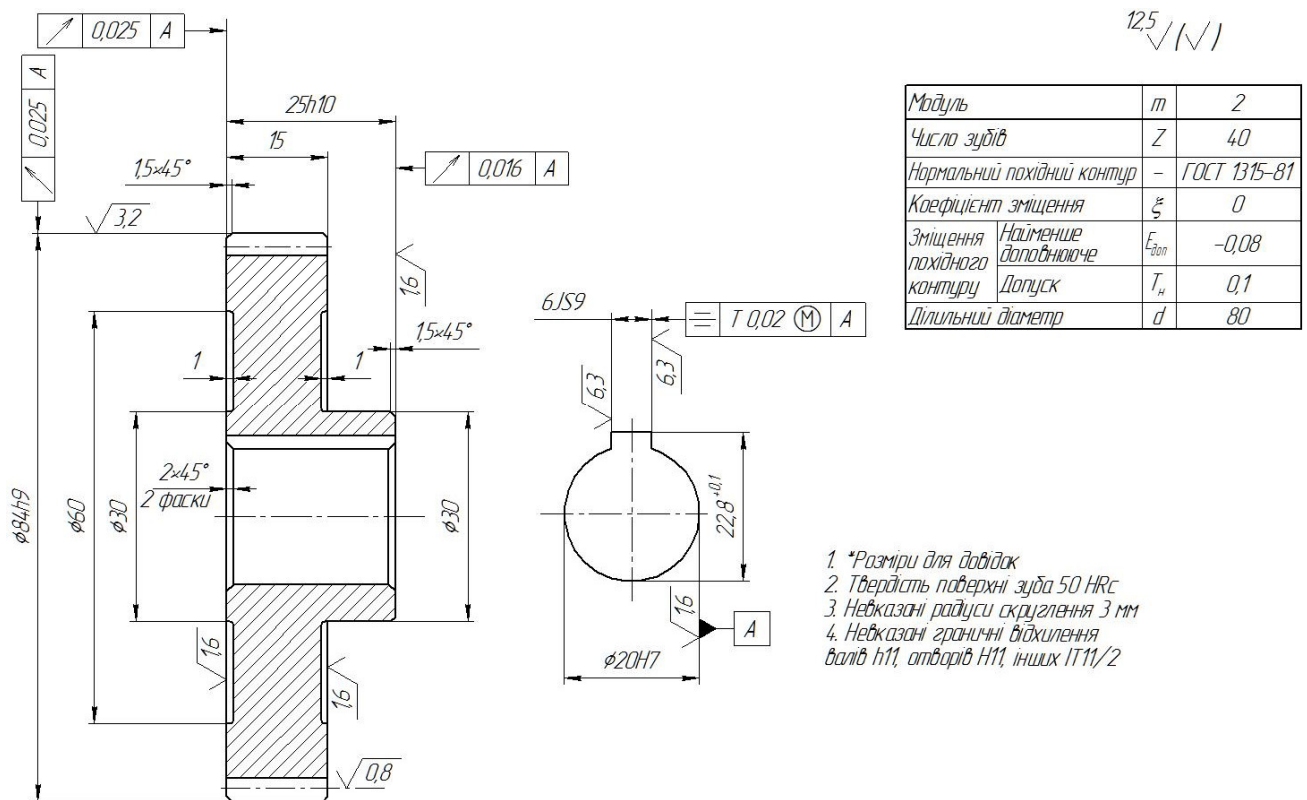


Рис. 11. Циліндричне зубчасте колесо

В умовах серійного, багатосерійного та масового виробництва заготовкою є штамповка (наприклад, штамповка на КГША). При цьому, штамповані заготовки слід виконувати з прошитими отворами, якщо їх діаметр більше 30 мм і довжина не більше 3-х діаметрів.

010 Токарна

Точити торець обода і торець маточини з одного боку начорно, точити зовнішню поверхню обода до кулачків патрона начорно, розточити начорно на прохід отвір (або свердлити і розточити при відсутності отвори в заготівлі), точити зовнішню поверхню маточини начорно, точити фаски.

Технологічна база - зовнішня поверхня обода і торець, протилежний маточині (закріплення в кулачках токарного патрона).

Устаткування: одиничне виробництво - токарно-гвинторізний верстат; дрібно- та середнє серійне - токарноревольверний, токарний з ЧПК; багатосерійне і масове - одношпindelний або багатошпindelний токарний напівавтомат (для заготовки з прутка - прутковий автомат).

015 Токарна

Точити базовий торець обода (протилежний маточині) начорно, точити зовнішню поверхню обода на частини начорно, розточити отвір під шліфування, точити фаски.

Технологічна база - оброблені поверхні обода і більшого торця (з боку маточини).

Устаткування - те саме (див. Операцію 010).

020 Протягальна (довблення)

Протягнути (довбати в одиничному виробництві) шпонковий паз або шлицевий отвір.

Технологічна база - отвір і базовий торець колеса.

Устаткування - горизонтально-протяжний або довбальний верстати.

Застосовуються варіанти чистового протягання отворів на даній операції замість чистового розточування на попередній операції.

025 Токарна

Точити базовий і протилежні торці, зовнішню поверхню вінця начисто.

Технологічна база - поверхня отвору (реалізується напресування на оправлення, осьове положення на оправці фіксується шляхом застосування підкладних кілець при запресуванні заготовки). Необхідність даної операції викликається вимогою забезпечення співвісності поверхонь обертання колеса.

Устаткування - токарно-гвинторізний (одиничне виробництво), токарний з ЧПК (серійне) або токарний багаторізцеві напівавтомат.

030 Зубофрезерування

Фрезерувати зуби начорно (забезпечується 8-я ступінь точності).

Технологічна база - отвір і базовий торець (реалізується оправкою і упором в торець). Устаткування - зубофрезерний напівавтомат.

035 Зубофрезерування

Фрезерувати зуби начисто (забезпечується 7-я ступінь точності).

040 Шевінговальная

Шевінговальная операція підвищує на одиницю ступінь точності зубчастого колеса. Операції застосовують для термообробних коліс з метою зменшення викривлення зубів.

Технологічна база - отвір і базовий торець (реалізується оправкою).

Устаткування - верстати зубошевінговальні.

045 Термічна

Загартувати заготовку або зуби (ТВЧ) або цементувати, загартувати і відпустити - згідно з технічними вимогами. Наявність зміцнювальної термообробки, як правило, призводить до зниження точності колеса на одну одиницю.

050 Внутрішньошліфувальна

Шліфувати отвір і базовий торець за один установ. Обробка отвору і торця за один установ забезпечує їх найбільшу перпендикулярність.

Технологічна база - робочі евольвентні поверхні зубів (початкова окружність колеса) і торець, протилежний базовому. Реалізація базування здійснюється спеціальним патроном, у якого в якості настановних елементів використовують калібрувальні ролики або зубчасті сектори.

Необхідність такого базування викликана вимогою забезпечення рівномірного знімання металу і зубів при їх подальшій обробці з базуванням по отвору на оправці.

Устаткування - внутрішньошліфувальних верстат.

При базуванні колеса на даній операції за зовнішню поверхню вінця для забезпечення співвісності поверхонь обертання необхідно ввести перед або після термообробки круглошліфувальних операцію для шліфування зовнішньої поверхні вінця і торця, протилежного базовому (бажано за один установ на оправці).

Технологічна база - отвір і базовий торець.

Устаткування - круглошліфувальний або торцекруглошліфувальні верстати.

Необхідність обробки зовнішньої поверхні вінця колеса часто викликається також і тим, що контроль основних точностних параметрів зубів проводиться з використанням цієї поверхні в якості вимірювальної бази.

055 Плоскошліфувальна

Шліфувати торець, протилежний базового (якщо необхідно за кресленням).

Технологічна база - базовий торець. Устаткування - плоскошліфувальний верстат з прямокутним або круглим столом.

060 Зубошліфувальні

Шліфувати зуби. Технологічна база - отвір і базовий торець.

Устаткування - зубошліфувальних верстат (обробка обкаткою двома тарілчастими або черв'ячним колами або копіюванням фасонним кругом).

При малому викривленні зубів при термообробці (наприклад, при азотуванні замість цементації) операція зубошліфування може бути замінена зубохонінгування або взагалі бути відсутнім.

Наявність зубошліфувальні або зубохонінгувальні операції визначається наявністю і величиною викривлення зубів при термообробці.

Дворазове зубофрезерування і шевінгування зубів до термообробки може забезпечити 6-ю ступінь точності.

При втраті точності під час термообробки на одну ступінь кінцева 7-я ступінь точності буде досягнута.

Введення оздоблювальної операції зубошліфування або зубохонінгування необхідно тільки при зменшенні точності колеса при термообробці більше, ніж на одну ступінь.

Об5 Контрольна

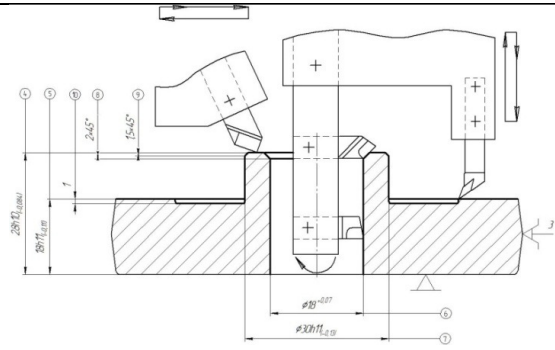
Приклад оформлення маршрутного технологічного процесу механічної обробки деталі у вигляді таблиці 9.

Перелік всіх основних операцій маршрутного технологічного процесу механічної обробки зубчастого колеса можливо представити у вигляді таблиці наведеної нижче. У таблиці відображено: послідовність, найменування та зміст операцій, ескізи обробки, модель верстату, вид установчого пристосування, вид ріжучого та контрольного інструментів. Представлений маршрутний технологічний процес розраховано на багатосерійний тип виробництва.

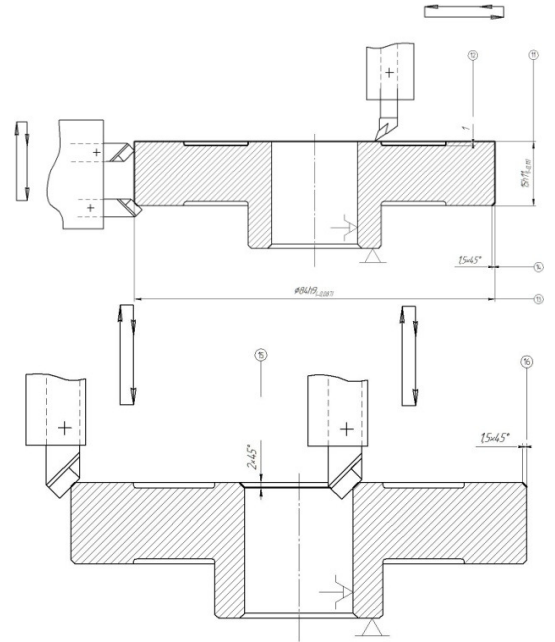
Таблиця 9

Маршрутний технологічний процес виготовлення циліндричного зубчастого колеса

№ операції	Найменування та зміст операції	Ескіз обробки	Обладнання	Прийом	Робочий інструмент	Контрольний інструмент
005	Заготівельна (штампівка на КГШП)		КГШП		Матриця верхня Матриця нижня	Штангенциркуль ГОСТ 166-63
010	Токарна напівавтоматна (обробка зовнішнього контуру деталі, розточування отвору)		Токарний багаторіз-цевий вертикальний нап/автомат моделі 1283	Патрон самоцентрувальний кліноричажний механізований трьохкулачковий ГОСТ 24351-80 Оправка кулачкова	Різець токарний прохідний прямий Т15К6 Розточувальний упорний різець $\phi=90^{\circ}$ Т15К6	Штангенциркуль ГОСТ 166-63 Скоба ГОСТ 2216-84 Пробка циліндрична ГОСТ 14810-69

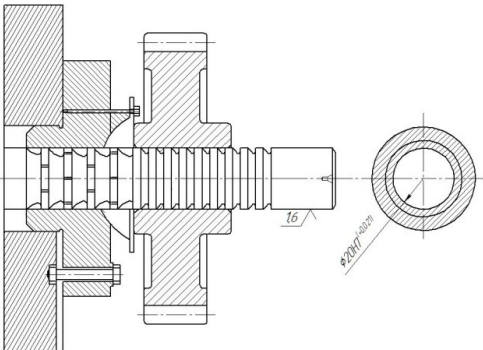
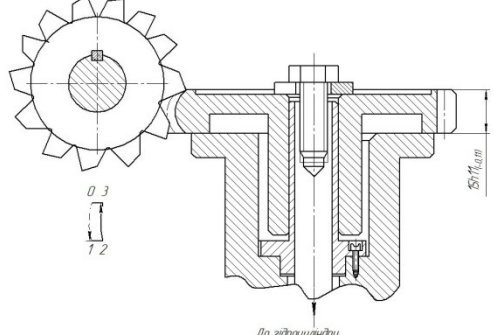


Установ 2



ГОСТ
17531-72

Різець
канавкови
й Т5К10

015	Протяжна (протягання отвору)		Горизон-тально-протяжний 7Б55	Верстатне	Протяжка кругла Р6М5	Пробка циліндрична ГОСТ 14810-69
020	Протяжна (протягання шпонкового паза)		Горизон-тально-протяжний 7Б55	Верстатне Адаптер	Протяжка шпонкова Р6М5	Калібр на паз Штанген-циркуль ГОСТ 166-63
025	Зубофрезерувальна (фрезерувати зуб'я колеса)		Зубофрезерувальний верстат мод. 5К32С7	Верстатне зубофрезерувальне	Черв'ячна фреза ГОСТ 9324-80	Скоба Комплексний калібр зевовимірювач ГОСТ 4446-81 Шаговимірювач ГОСТ 3883-81

						
030	Зачисна (зачистка задирок і мийка)		Автомат зачистки та мийки Е1133А	Верстатне	Шліфувал ьний порошок	
035	Шевінгування (шевінгування зубів колеса)		Шевінгува-льний автомат			
040	Мийна (мийка деталей)		Мийний агрегат			
045	Контрольна (проміжний контроль)					
050	Термічна обробка (цементувати зуби колеса)					
055	Зубообкатна (обкатка зубів колеса)		Зубо-обкатний автомат			

060	Внутрішньошліфувальна (шліфування базового отвору)		Внутрішньошліфувальний 3К229В	Патрон самоцентрувальний кліноричний механізований трьохкулачковий ГОСТ 24351-80	Шліфувальний круг ГОСТ 2424 - 83	Нутромір ГОСТ 868 - 62 Прилад індикаторний
065	Мийна (мийка деталей)		Мийний агрегат			
070	Контрольна (кінцевий контроль)					

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що включає в себе технологічна підготовка виробництва?
2. Що означає - «технологічна уніфікація», її основні напрямки?
3. На чому ґрунтується типізація технологічних процесів?
4. В чому сутність групового методу обробки деталей?
5. Основні етапи розробки технологічних процесів?
6. Що таке «коефіцієнт закріплення операцій», напишіть формулу?
7. Що є вихідними даними для вибору методу отримання заготовки?
8. За якими критеріями здійснюється вибір технологічних баз?
9. Які методи зміцнення зовнішніх циліндричних поверхонь ви знаєте?
10. Які існують методи обробки зовнішніх циліндричних поверхонь деталей?
11. Назвіть основні схеми базування та основні способи установки валів.
12. Що таке нормування технологічних операцій? Якою є структура норми часу на обробку?
13. Які ви знаєте основні методи обробка плоских поверхонь лезовим інструментом?
14. Назвіть основні методи обробки внутрішніх циліндричних поверхонь.
15. Які методи обробка отворів лезовим інструментом ви знаєте?
16. Назвіть матеріали і заготовки, які використовують для виготовлення зубчастих коліс.
17. Які ви знаєте основні методи формоутворення зубів зубчастих коліс?
18. Які методи обробки плоских поверхонь абразивним інструментом ви знаєте?
19. Назвіть відомі вам методи обробка отворів абразивним інструментом.
20. Перелікуйте основні етапи типового маршруту виготовлення зубчастих коліс.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. **Богуслаєв В. О.** Технологія машинобудування: підручник / В.О. Богуслаєв, О. С. Качан, В. Ф. Мозговий. – Запоріжжя: Мотор Січ, 2018. – 436 с.
2. **Желєзков Ю. П.** Технологічні основи машинобудування: навч. посіб. / Ю. П. Желєзков. – Маріуполь: ПДТУ, 2021. – 214 с.
3. **Кальченко В. В.** Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: навч. посіб. / В. В. Кальченко, В. В. Венжега. – Чернігів: ЧНТУ, 2019. – 312 с.
4. **Клименко Г. П.** Технологічні основи машинобудування: підручник / Г.П. Клименко, М. Ю. Полив'янчук. – Краматорськ: ДДМА, 2017. – 364 с.
5. **Ковалевський С. В.** Технологія машинобудування. Спеціальна частина: навч. посіб. / С. В. Ковалевський. – К.: Центр учбової літератури, 2022. – 288 с.
6. **Кондратюк С. Е.** Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів / С. Е. Кондратюк. – К.: Наукова думка, 2015. – 240 с.
7. **Кузнєцов Ю. М.** Проектування верстатних комплексів: підручник / Ю.М. Кузнєцов. – К. : ТОВ «Ексмо», 2016. – 420 с.
8. **Литвин О. В.** Основи технології машинобудування: навч. посіб. / О.В. Литвин, В. О. Литвин. – Суми : СумДУ, 2020. – 195 с.
9. **Мельничук П. П.** Технологія машинобудування: курс лекцій / П.П. Мельничук. – Житомир : ЖДТУ, 2014. – 256 с.
10. **Орловський С. П.** Технологічні процеси механічної обробки деталей машин / С.П. Орловський. – Харків : НТУ «ХП», 2023. – 180 с.
11. **Пасічник В.А.** Технологія виготовлення типових деталей машин : навч. посіб. / В. А. Пасічник. – Львів: Магнолія 2006, 2018. – 320 с.
12. **Петраков З. А.** Точність та надійність технологічних систем / З.А. Петраков. – К.: Либідь, 2015. – 210 с.
13. **Пермяков О. А.** Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні / О. А. Пермяков. – Харків: ХНУ, 2019. – 280 с.
14. **Руденко В. О.** Розрахунок припусків та міжперехідних розмірів у машинобудуванні / В. О. Руденко. – Дніпро : НТУ «ДП», 2021. – 145 с.

15. **Смирнов В. А.** Технологічність конструкцій деталей машин: довідник / В. А. Смирнов. – К.: Техніка, 2017. – 202 с.

16. **Федоренко О. Г.** Механічна обробка деталей на верстатах з ЧПК / О. Г. Федоренко. – Миколаїв: НУК, 2020. – 234 с.

17. **ДСТУ ISO 3040:2006.** Технічні креслення. Проставляння розмірів і допусків. Конуси (ISO 3040:1990, IDT). – [Чинний від 2007-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 18 с.

18. **ДСТУ 2307:2015.** Єдина система конструкторської документації. Нанесення розмірів і граничних відхилів. – К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 46 с.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до вивчення курсу та виконання індивідуального завдання з дисципліни

Технологія обробки типових деталей та складання машин»

для здобувачів вищої освіти спеціальностей

G9 – Прикладна механіка та

G11 – Машинобудування

Тема: «Проектування типового технологічного процесу обробки деталі технологічного обладнання»

Укладачі:

Шумакова Тетяна Олександрівна

Романченко Олексій Володимирович

Логунів Олександр Миколайович

Ніколаєнко Анна Павлівна

Шевченко Олександр Володимирович

Оригінал-макет

Т.О. Шумакова

Підписано до друку _____

Формат 60x84/16. Папір типограф. Гарнітура Times.

Друк офсетний. Умов. друк. арк. _____. Облік. видавн. арк. ____

Тираж ___ екз. Вид. №_____. Замовл. №_____. Ціна договірна.

Видавництво Східноукраїнського національного університету

імені Володимира Даля

Свідоцтво про реєстрацію: серія ДК № 1620 від 18.12.03 р.

Адреса видавництва: 01042, м. Київ, вул. Іоанна Павла II, 17

адреса електронної пошти uni@snu.edu.ua,

офіційний web-сайт <https://snu.edu.ua>

E-mail: vidavnictvoSNU.ua@gmail.com