

Міністерство освіти і науки України  
Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА)

# **ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛЕЙ ТА СКЛАДАННЯ МАШИН**

## **Методичні вказівки до виконання курсової роботи**

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня  
за спеціальністю 131 «Прикладна механіка»

Затверджено  
на засіданні  
методичної ради ДДМА  
Протокол № від . .2023 р.

Краматорськ – Тернопіль  
ДДМА  
2023



## ЗМІСТ

1 МЕТА ТА ЗАВДАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ .....	4
2 СТРУКТУРА ТА ОБСЯГ КУРСОВОЇ РОБОТИ .....	4
3 ЗМІСТ ТА ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ .....	5
3.1 Вступ .....	5
3.2 Вивчення конструкції та службового призначення деталі.....	5
3.3 Відпрацювання конструкції деталі на технологічність.....	6
3.4 Вибір виду та способу отримання заготовки.....	8
3.5 Розробка маршрутного технологічного процесу обробки деталі .....	10
3.6 Визначення припусків на поверхню розрахунково-аналітичним методом. Виконання креслення заготовки.....	11
3.7 Розробка операційної технології з обґрунтуванням вибору обладнання, пристроїв, різальних та вимірювальних інструментів...	13
3.8 Розрахунок режимів різання на технологічні операції.....	14
3.9 Технічне нормування технологічних операцій.....	15
3.10 Проєктування технологічних карт налагодження верстатів.....	15
3.11 Розробка вимог охорони праці та екології.....	16
3.12 Висновки до курсової роботи .....	16
Перелік посилань .....	17
Додаток А. Бланк завдання на курсову роботу.....	18
Додаток Б. Визначення основного часу.....	20
Додаток В. Приклад заповнення технологічної документації .....	23
Додаток Г. Приклад виконання карти налагодження на технологічну операцію.....	27

## **1 МЕТА ТА ЗАВДАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

Відповідно до робочої програми навчальної дисципліни «Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин» передбачено виконання курсової роботи.

У результаті виконання курсової роботи здобувачі вищої освіти набувають наступні компетентності:

а) загальні компетентності:

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;

б) фахові компетентності:

- здатність виконувати технічні вимірювання, одержувати, аналізувати та критично оцінювати результати вимірювань;
- здатність представлення результатів своєї інженерної діяльності з дотриманням загальноприйнятих норм і стандартів.

Здобувачі вищої освіти набувають наступні результати навчання:

- знати і розуміти основи інформаційних технологій, програмування, практично використовувати прикладне програмне забезпечення для виконання інженерних розрахунків, обробки інформації та результатів експериментальних досліджень.

Мета курсової роботи – набуття практичних навичок теоретичного обґрунтування проектування технологічних процесів механічної обробки.

Для досягнення мети здобувач вищої освіти повинен розв'язати наступні завдання:

- навчитися аналізувати методи отримання заготовок та розробляти маршрутно-операційний технологічний процес механічної обробки;
- навчитися розраховувати припуски та технологічні розміри; призначати режими різання та нормувати технологічні операції;
- набути навички оформлення технологічної документації.

## **2 СТРУКТУРА ТА ОБСЯГ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

У закінченому вигляді курсова робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічного матеріалу.

Пояснювальна записка є основним документом курсової роботи, в якому наводиться інформація про службове призначення деталі, метод отримання заготовки, маршрутний технологічний процес, режими різання і

нормування технологічних операцій, розроблена технологічна документація. Обсяг пояснювальної записки зазвичай становить 30-35 сторінок формату А4.

Графічний матеріал курсової роботи включає:

1 Креслення заготовки з технічними вимогами на виготовлення

2 Креслення двох технологічних карт налагодження верстатів на обробку заготовки

Загальний обсяг графічної частини становить 1-2 аркуші (формату А3).

Оформлення розрахунково-пояснювальної записки (РПЗ) виконується відповідно до вимог ДСТУ 3008–95 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки». Графічна частина дипломного проекту оформляється відповідно до вимог ЄСКД, ЄСТПВ, ГОСТів, ДСТУ.

## **3 ЗМІСТ ТА ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

### **3.1 Вступ**

У вступі до курсової роботи необхідно коротко викласти основні напрями розвитку машинобудування, директивні вказівки уряду про заходи та шляхи його подальшого вдосконалення в нашій країні. Слід показати зв'язок проєктованого технологічного процесу із завданнями машинобудування у забезпеченні всіх галузей народного господарства високоефективною технікою, відобразити основні вимоги до об'єкту виробництва та технології його виготовлення. Необхідно поставити завдання, які будуть вирішені у курсовій роботі.

### **3.2 Вивчення конструкції та службового призначення деталі**

Необхідно вивчити службове призначення та умови роботи деталі у вузлі, агрегаті. Це дозволить виконати якісний та кількісний аналіз відповідності норм точності службовому призначенню деталі.

Послідовно аналізуються розміри деталі, точність форми поверхонь, точність їх взаємного розташування (відхилення від паралельності, відхилення від перпендикулярності, відхилення від співвідносності та ін.) і шорсткість поверхонь.

Аналіз точності форми та розмірів основних робочих поверхонь дає підставу скласти уявлення про методи остаточної обробки та кількість операцій для отримання деталей з необхідними по робочому кресленню точності параметрами.

Необхідно також проаналізувати допоміжні поверхні деталі, у тому числі обов'язкові: канавки для виходу різьбового різця або шліфувального круга, фаски, галтелі та ін. Аналіз системи проставляння лінійних координуючих розмірів дозволить виявити конструкторські бази та попередньо намітити послідовність обробки основних поверхонь.

Далі слід вивчити матеріал деталі, його фізико-механічні властивості, характер термічної обробки. Це є підставою для правильного вирішення питання про методи обробки, поділ технологічного процесу на етапи, способи виконання чистових, оздоблювальних та зміцнювальних операцій.

### **3.3 Відпрацювання конструкції деталі на технологічність**

Склад робіт із забезпечення технологічності конструкції виробів на всіх стадіях їх створення встановлюється ДСТУ 2391-2010, ДСТУ 3278-95. Конструкція деталі повинна задовольняти вимоги виготовлення, експлуатації та ремонту найбільш продуктивними та економічними способами для заданих умов виробництва [1, 3, 8, 9].

Конструкцію деталі слід відпрацьовувати на технологічність комплексно з огляду на залежність від:

- технологічності вихідної заготовки деталі;
- кожного виду обробки у технологічному процесі виготовлення;
- технологічності складальної одиниці, до якої ця деталь входить як складова частина.

Технологічність конструкції початкової заготовки деталі повинна відповідати державним (галузевим) стандартам або технічним умовам.

*Технологічність конструкції оцінюється якісно.* Це, як правило, порівняльна оцінка (“добре – погано”, “припустимо – неприпустимо”) за тими вимогами до конструкції, які важко висловити кількісно.

Мета такого аналізу – виявлення недоліків конструкції за відомостями, що містяться в кресленні та технічних вимогах, а також можливе покращення технологічності даної конструкції.

Робоче креслення деталі має містити всі дані, необхідні для її виготовлення: проєкції, розрізи, перерізи, що забезпечують повне висвітлення конструктивної форми деталі; розміри із зазначенням допустимих відхилень; параметри шорсткості оброблюваних поверхонь; допустимі відхилення від правильних геометричних форм; допустимі просторові відхилення у взаємному положенні елементарних поверхонь деталі; матеріал, що застосовується для виготовлення деталі, із зазначенням його марки і

ДСТУ; інші технічні вимоги до деталі та її елементів (термообробка, твердість, покриття тощо).

Загальні вимоги до технологічності конструкції деталі:

- конструкція деталі повинна складатися зі стандартних та уніфікованих конструктивних елементів або бути стандартною загалом;
- деталі повинні виготовлятися із стандартних або уніфікованих заготовок;
- розміри та поверхні деталі повинні мати відповідно оптимальні точність та шорсткість, тобто. економічно та конструктивно обґрунтовані;
- фізико-хімічні та механічні властивості матеріалу, жорсткість деталі, її форма та розміри повинні відповідати вимогам технології виготовлення (включаючи процеси зміцнення, корозійного захисту та ін.), зберігання та транспортування;
- показники базової поверхні (точність, шорсткість) деталі повинні забезпечувати точність установки, обробки та контролю;
- заготовки мають бути отримані раціональним способом з урахуванням заданого обсягу випуску та типу виробництва;
- метод виготовлення повинен забезпечувати можливість одночасного виготовлення кількох деталей;
- поєднання поверхонь деталей різних квалітетів та шорсткості повинні відповідати використовуваним методам та засобам обробки;
- конструкція деталі повинна забезпечувати можливість застосування типових та стандартних технологічних процесів її виготовлення.

*Кількісна оцінка технологічності.* Необхідність кількісної оцінки технологічності конструкції виробів, а також номенклатура показників та методика їх визначення встановлюються залежно від виду виробів, типу виробництва та стадії розробки конструкторської документації галузевими стандартами чи стандартами підприємства.

При оцінці технологічності заготовки застосовується коефіцієнт використання матеріалу – відношення маси деталі  $M_{дет}$  до маси заготовки  $M_{заг}$ :

$$K_{в.м} = \frac{M_{дет}}{M_{заг}}.$$

Рівень технологічності конструкції деталі за точністю обробки

$$K_{УТ} = \frac{K_{Т.Б}}{K_T},$$

де  $K_{Т.Б}$ ,  $K_T$  – базовий та досягнутий коефіцієнти точності обробки відповідно.

Коефіцієнт точності обробки деталі визначається за формулою

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum T n_i},$$

де  $T_{cp}$  – середній квалітет точності обробки деталі:

$$T_{cp} = \frac{\sum T n_i}{\sum n_i};$$

$n_i$  – кількість розмірів відповідного квалітету точності;

$T \equiv IT$  – квалітет точності обробки.

Рівень технологічності конструкції деталі за шорсткістю поверхні

$$K_{уш} = \frac{K_{ш.Б}}{K_{ш}},$$

де  $K_{ш.Б}$ ,  $K_{ш}$  – базовий та досягнутий коефіцієнти шорсткості поверхні відповідно.

Коефіцієнт шорсткості поверхні

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{ш_{cp}} = 1 - \frac{\sum k_i}{\sum ш k_i},$$

де  $ш_{cp}$  – середнє числове значення параметру шорсткості:

$$ш_{cp} = \frac{\sum ш k_i}{\sum k_i};$$

$k_i$  – кількість поверхонь з відповідним числовим значенням параметра шорсткості;

$ш \equiv Ra$  – числове значення параметру шорсткості за ДСТУ 2413–94.

### 3.4 Вибір виду та способу отримання заготовки

Вибрати заготовку – це встановити вид та способи її отримання, визначити припуски на обробку кожної поверхні, розрахувати розміри та вказати допуски на точність виготовлення.

Вибір заготовки є багатоваріантним завданням. З погляду економії матеріалів, скорочення витрат часу та коштів на механічну обробку доцільно вибирати такі заготовки, які формою, розмірами, точністю та якістю поверхні повніше відповідали варіантам готової деталі. Але при цьому збільшуватимуться поточні та одноразові витрати на отримання заготовки в заготівельному цеху. З іншого боку, спрощенням форми заготовки, зниженням вимог до її точності та якості можна значно зменшити витрати на її виготовлення. Але в цьому випадку знизиться коефіцієнт використання



матеріалу, і збільшуються витрати на обробку такої заготовки в механічному цеху.

Заготовки деталей машин отримують литтям, обробкою тиском, розрізанням сортового і профільного прокату, а також комбінованими способами.

При виборі технологічного процесу отримання заготовки та методу її формоутворення необхідно враховувати наступні фактори [1, 6, 7, 9]:

– технологічні властивості матеріалу (тобто ливарні властивості або здатність зазнавати пластичних деформацій при обробці тиском), а також структурні зміни матеріалу в результаті застосування того чи іншого способу виготовлення заготовки (розташування волокон у поковках, величина зерна в литих деталях тощо) ;

– конструктивні форми та розміри деталі (чим більша деталь, тим дорожче обходиться виготовлення металевих форм, штампів тощо);

– серійність виробництва (при великих партіях найбільш вигідні способи, які забезпечують найбільше наближення форми та розмірів заготовки до форми та розмірів деталі, – точне штампування, лиття під тиском тощо).

Якщо з точки зору технічних вимог і можливостей можуть застосуватися різні види заготовок (способи їх отримання), то для правильного вирішення питання про вибір заготовки необхідно виконати техніко-економічні розрахунки, зіставивши собівартість готової деталі у тому чи іншому виді заготовок.

Якщо деталь виготовляється із прокату, то витрати на заготовку визначаються за формулою

$$M = QS - (Q - q)S_{відх},$$

де  $Q$  – маса заготовки, кг;

$S$  – маса 1 кг заготовки в грн.;

$q$  – маса деталі, кг;

$S_{відх}$  – маса 1 кг відходів (стружки) в грн.

Вартість заготовок, що отримують литтям в земляні форми та кокіль, литтям за витоплюваними моделями, литтям під тиском, гарячим штампуванням на молотах, пресах, ГKM визначається за формулою

$$M = QSk_1k_2k_3k_4k_5 - (Q - q)S_{відх},$$

де  $Q$  – маса заготовки, кг;

$S$  – маса 1 кг заготовки в грн.;

$q$  – маса деталі, кг;

$S_{відх}$  – маса 1 кг відходів (стружки) в грн.;

$k_1, k_2, k_3, k_4, k_5$  – коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу, обсягу виробництва заготовок.

Значення коефіцієнтів визначаються з довідникової літератури.

В залежності від прийнятого методу отримання заготовки визначаються припуски й допуски за відповідними ГОСТами, ДСТУ.

### **3.5 Розробка маршрутного технологічного процесу обробки деталі**

У загальному випадку послідовність технологічних операцій (маршрут обробки деталі) встановлюють, користуючись такими методичними рекомендаціями [1, 3, 5, 8, 9]:

- спочатку обробляють поверхні, які служать надалі технологічними базами;

- потім обробляють ті поверхні, з яких знімається найбільший шар металу, що дозволяє своєчасно виявити та усунути внутрішні дефекти, не допускаючи подальшої обробки бракованих заготовок;

- обробку інших поверхонь ведуть у послідовності, зворотній ступеню їх точності;

- закінчують обробку тими поверхнями, які є найбільш точними та найважливішими для нормального функціонування деталі;

- обробку поверхонь, що легко ушкоджуються (наприклад, зовнішньої різьби) рекомендується виносити в кінець маршруту;

- допоміжні операції (свердління дрібних отворів, прорізання канавок та галтелей, зняття фасок, зачищення задирок тощо) виконують на стадії чистової обробки;

- оздоблювальні операції, такі як шліфування, хонінгування, притирання та ін., виконують в останню чергу, зазвичай після термічної, хіміко-термічної та інших немеханічних операцій, які поділяють, як правило, весь технологічний процес на частини;

- технічний контроль проводять після операцій, на яких можливе підвищення браку, після складних дорогих операцій, після закінченого циклу, а також після закінчення виготовлення деталі.

У маршруті обробки точних деталей розрізняють чорнову, чистову та оздоблювальні стадії. На першій стадії знімають основну масу металу у вигляді припусків та напуску. Обробку проводять працівники невисокої кваліфікації на верстатах зниженої точності. Похибки обробки виникають через значні деформації технологічної системи, викликані великими силами закріплення заготовки, її інтенсивним розігрівом, а також через викривлення заготовки внаслідок перерозподілу внутрішніх напруг. При чистовій обробці значна частина похибок усувається. Групуючи обробку за зазначеними стадіями, збільшують розрив у часі між чорною та оздоблювальною обробкою і дозволяють повніше проявитися деформаціям до їх усунення на останній стадії обробки.

Підсумки технологічного проектування по даному етапу (перелік та зміст операцій, тип обладнання та види оснащення, норми часу та ін.) заносяться до карт технологічного процесу (ГОСТ 3.1404). Приклад заповнення представлений у додатку В.

### 3.6 Визначення припусків на поверхню розрахунково-аналітичним методом. Виконання креслення заготовки

Визначення припусків на задану поверхню розрахунково-аналітичним методом виконується в наступній послідовності [2, 8]:

а) складається план обробки поверхні, що враховує точність розміру, що отримується на кожному етапі обробки;

б) виконується розрахунок операційних припусків та розмірів розрахунково-аналітичним методом в послідовності, що представлена в таблиці 1.

в) у відповідності з визначеним за ГОСТом загальним припуском на задану поверхню розраховується коефіцієнт уточнення припусків  $K_{yt}$ ;

г) на інші поверхні виконується уточнення припусків з урахуванням  $K_{yt}$ .

Коефіцієнт уточнення припусків визначається за формулою

$$K_{yt} = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i^{pac}}{Z_o^{mab}},$$

де  $Z_i^{pac}$  – розрахунково-аналітичне значення операційних припусків;

$n$  – кількість операцій, що виконується при обробці даної поверхні;

$Z_o^{mab}$  – значення загального припуску на дану поверхню за ГОСТом.

Таблиця 1 – Порядок розрахунку припусків на обробку та граничних розмірів по технологічних переходах розрахунково-аналітичним методом

Для зовнішніх поверхонь	Для внутрішніх поверхонь
1 Записати в розрахункову карту оброблювані поверхні заготовки й технологічні переходи в порядку їх виконання від заготовки до кінцевої обробки.	
2 Указати значення $Rz$ , $h$ , $T$ та розрахувати $\rho$ , $\varepsilon$ .	
3 Визначити розрахункові мінімальні припуски $Z_{min}$ ( $2Z_{min}$ ) за всіма переходами.	
4 Розрахувати для кінцевого переходу і записати в графу «Розрахунковий розмір» найменший граничний розмір деталі за кресленням.	4 Розрахувати для кінцевого переходу і записати в графу «Розрахунковий розмір» найбільший граничний розмір деталі за кресленням.

Продовження таблиці 1

Для зовнішніх поверхонь	Для внутрішніх поверхонь
5 Для переходу, попереднього кінцевого, визначити розрахунковий розмір додаванням до найменшого граничного розміру за кресленням розрахункового припуску $Z_{\min}$ ( $2Z_{\min}$ ).	5 Для переходу, попереднього кінцевого, визначити розрахунковий розмір відніманням від найбільшого граничного розміру за кресленням розрахункового припуску $Z_{\min}$ ( $2Z_{\min}$ ).
6 Послідовно визначити розрахункові розміри для кожного попереднього переходу додаванням до розрахункового розміру розрахункового припуску $Z_{\min}$ ( $2Z_{\min}$ ) наступного за ним суміжного переходу.	6 Послідовно визначити розрахункові розміри для кожного попереднього переходу відніманням від розрахункового розміру розрахункового припуску $Z_{\min}$ ( $2Z_{\min}$ ) наступного за ним суміжного переходу.
7 Записати найменші граничні розміри по всіх переходах, округляючи їх збільшенням розрахункових розмірів.	7 Записати найбільші граничні розміри по всіх переходах, округляючи їх зменшенням розрахункових розмірів.
8 Визначити найбільші граничні розміри додаванням допуску до округленого найменшого граничного розміру.	8 Визначити найменші граничні розміри відніманням допуску від округленого найбільшого граничного розміру.
9 Записати граничні значення припусків $Z_{\max}$ ( $2Z_{\max}$ ) як різницю найбільших граничних розмірів і $Z_{\min}$ ( $2Z_{\min}$ ) як різницю найменших граничних розмірів попереднього та виконуваного переходів.	9 Записати граничні значення припусків $Z_{\max}$ ( $2Z_{\max}$ ) як різницю найменших граничних розмірів і $Z_{\min}$ ( $2Z_{\min}$ ) як різницю найбільших граничних розмірів виконуваного та попереднього переходів.
10 Визначити загальні припуски $Z_{\max}$ і $Z_{\min}$ , підсумовуючи проміжні припуски на обробку.	
11 Перевірити правильність розрахунків за формулами: $Z_{\max} - Z_{\min} = T_3 - T_{\Delta},$ $2Z_{\max} - 2Z_{\min} = TD_3 - TD_{\Delta}.$	
12 Визначити загальний номінальний припуск за формулами: $Z_o = Z_{\min} + EI_3 - EI_{\Delta},$ $2Z_o = 2Z_{\min} + EID_3 - EID_{\Delta}.$	12 Визначити загальний номінальний припуск за формулами: $Z_o = Z_{\min} + ES_3 - ES_{\Delta},$ $2Z_o = 2Z_{\min} + ESD_3 - ESD_{\Delta}.$
Розмір заготовки (тіло обертання) $D_3 = D_{\Delta} + 2Z_o.$	Розмір заготовки (тіло обертання) $D_3 = D_{\Delta} - 2Z_o.$

На підставі раніше обраних методів одержання та виду заготовки, а також проведеного розрахунку припусків та основних її розмірів виконується креслення заготовки у відповідному масштабі. Креслення повинне містити всі необхідні розміри з допусками, показниками шорсткості поверхонь, твердість матеріалу та метод термообробки, масу заготовки. На кресленні також повинні бути показані лінії роз'єму штамп, наведені технічні умови приймання заготовки. На кресленні заготовки необхідно показати контур готової деталі та під відповідними розмірами заготовки вказати у дужках розміри готової деталі.

### **3.7 Розробка операційної технології з обґрунтуванням вибору обладнання, пристроїв, різальних та вимірювальних інструментів**

Для двох технологічних операцій необхідно визначити структуру технологічної операції: зміст технологічних та допоміжних переходів; технологічне обладнання.

До технологічного оснащення належать: технологічне обладнання (металорізальні верстати), технологічне оснащення (установочно-затискні пристрої, різальний, допоміжний, контрольно-вимірювальний інструмент), засоби механізації та автоматизації виробничих процесів. Їх вибирають з урахуванням типу виробництва, програми випуску виробів, можливості групування операцій, використання стандартної оснастки та устаткування.

Вибір технологічного обладнання заснований на аналізі витрат на реалізацію технологічного процесу, завантаження обладнання, маси, габаритів та точності деталей, що підлягають обробці. Вибір моделі верстата, насамперед, визначається його можливістю забезпечити точність розмірів та форми, а також якість оброблюваних поверхонь [1, 3, 9].

Вибір технологічного оснащення значною мірою визначається типом виробництва, прийнятим верстатним устаткуванням. Вибір системи установочно-затискних пристроїв повинен ґрунтуватися на техніко-економічних розрахунках економічної ефективності від застосування пристосування, а також можливий вибір на основі типових рішень, рекомендованих довідковою літературою.

Вибір типорозміру інструменту, інструментального матеріалу та геометричних параметрів ріжучої кромки проводять з урахуванням форми поверхні оброблюваної деталі, її розміру, точності, шорсткості, конструктивних особливостей, твердості та міцності. Вибір інструменту та його характеристик виконується відповідно до рекомендацій [1, 3, 9].

Контрольно-вимірювальний прилад повинен забезпечувати необхідну точність виміру, продуктивність виміру має відповідати продуктивності технологічного процесу. Вимірювальний прилад має бути простим та зручним у процесі експлуатації.

Механізації та автоматизації піддаються об'єкти з метою зниження матеріальних та трудових витрат, підвищення продуктивності праці та якості виробів. Об'єктами автоматизації можуть бути: завантаження та вивантаження заготовки, робочі рухи верстата та деталі, контроль розмірів та ін.

### 3.8 Розрахунок режимів різання на технологічні операції

При призначенні режимів різання для одноінструментної обробки зазвичай враховують характер обробки, вимоги до точності і шорсткості поверхонь, що обробляються, тип і стан обладнання, матеріал і стан заготовки (міцність, твердість і ін.), тип і розміри інструменту, матеріал його різальної частини та ін. Параметри режиму різання визначаються у наступній послідовності [1, 9].

1 Визначається глибина різання  $t$ . Зазвичай глибину обробки приймають по можливості максимальною, що дорівнює всьому припуску на обробку або більшу його частину, що зменшує кількість робочих ходів. При чистовій обробці значення  $t$  встановлюють залежно від вимог до точності розмірів і шорсткості поверхні, що обробляється.

2 Призначається подача  $s$ . При чорновій обробці призначають подачу максимально можливою, виходячи з міцності і жорсткості технологічної системи, потужності приводу верстата, міцності різального інструменту та інших обмежувальних факторів.

При чистовій обробці подачу вибирають залежно від вимог до точності розмірів та шорсткості оброблюваної поверхні. Вибрані значення подач узгоджують із можливостями їх реалізації на верстаті та приймають найближче найменше значення  $s$ .

3 Визначають швидкість різання  $v$  за емпіричними формулами або нормативами.

4 Визначається частота обертання шпинделя,  $xv^{-1}$ :

$$n_p = \frac{1000v}{\pi d}$$

або кількість подвійних ходів інструмента (або заготовки) за хвилину:

$$n_p = \frac{1000v}{2l},$$

де  $d$  і  $l$  – діаметр оброблюваної поверхні (або діаметр інструменту при фрезеруванні, свердлінні тощо) та довжина ходу інструменту (заготовки) відповідно, мм.

Розрахункові значення  $n_p$  порівнюють зі значеннями  $n_e$ , які можуть бути реалізовані на верстаті, і приймають найближче найменше значення.

Визначається дійсна швидкість різання з урахуванням  $n_e$ . Потім розрахунком чи за нормативами визначається потужність різання, яка має перевищувати потужності верстата.

### 3.9 Технічне нормування технологічних операцій

Основний час визначається розрахунком за відповідними формулами в залежності від виду обробки (додаток Б).

Допоміжний час  $T_d$ , пов'язаний з основними та (або) допоміжними переходами, встановлюють за нормативами. Потім обчислюють штучний та штучно-калькуляційний час технологічної операції за відповідними формулами [1, 3, 4]:

штучний час

$$T_{шт} = (T_o + T_d) \cdot \left(1 + \frac{K}{100}\right),$$

штучно-калькуляційний час

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{n-з}}{n},$$

де  $T_d$  – допоміжний час, хв;

$K$  – сумарна кількість відсотків для часу на технічне та організаційне обслуговування обладнання та відпочинок,  $K = 6 \dots 12\%$ ;

$T_{n-з}$  – підготовчо-заключний час на виконання технологічної операції (визначається за нормативами);

$n$  – розмір партії деталей, що запускаються у виробництво.

### 3.10 Проектування технологічних карт налагодження верстатів

Технологічна карта-налагодження є схемою обробки заготовки, закріпленої в пристосуванні на даній операції. На карті обов'язково повинні бути показані настановні та затискні елементи пристроїв у точній відповідності до дійсних умов базування та закріплення деталі на даній операції. Різальні інструменти показуються в робочому положенні в кінці робочого ходу і повинен відповідати нормалізованим конструкціям, що вживаються.

Якщо при обробці використовують послідовно кілька інструментів, один з них показують у кінцевому положенні, а інші – поруч, у послідовності виконання переходів.

Необхідно показати: налагоджувальні та операційні розміри з допусками, що отримуються на цій операції; шорсткість оброблюваних поверхонь; траєкторію руху подачі різального інструменту або заготовки у процесі обробки. Оброблювані поверхні зображуються лініями в 2-3 рази товщі, ніж інші лінії картки-налагодження.

Ескіз налагодження необхідно робити в одній або двох найбільш характерних проєкціях. При багатопрхідній обробці на револьверних або багатошпиндельних верстатах ескізи налагодження виконуються для всіх переходів, при цьому установочні та затискні елементи зображуються тільки на першому переході обробки, якщо в процесі виконання операції заготовка не установлюється знову.

На картах налагодок подаються результати розрахунку елементів режиму обробки та норм часу, дані про інструмент та пристосування, умовно показуються робочі упори та напрями основних рухів. На картах також можуть бути представлені особливі технічні вимоги до точності даної операції.

Ескізи обробки на картах налагодження виконуються в довільному масштабі, але з дотриманням розмірних пропорцій.

Приклад виконання карти налагодження на технологічну операцію представлений в додатку Г.

### **3.11 Розробка вимог охорони праці та екології**

Необхідно проаналізувати розроблений технологічний процес та умови його реалізації на відповідність вимогам техніки безпеки, промислової санітарії та протипожежної безпеки. Необхідно виконати аналіз та виявити небезпечні та шкідливі виробничі фактори технологічного процесу та умови праці на робочих місцях; необхідно запропонувати заходи по забезпеченню безпеки умов праці.

### **3.12 Висновки до курсової роботи**

В висновках необхідно підсумувати виконання завдань, що були поставлені у вступній частині курсової роботи. Бажано навести 2-3 конкретних результати, що були отримані при виконанні курсової роботи.



## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. **Ковалевський, С. В.** Теоретичні основи технології виробництва деталей і складання машин у важкому машинобудуванні : навчальний посібник / С. В. Ковалевський, С. Г. Онищук, Ю. Б. Борисенко. – Краматорськ : ДДМА, 2013. – 179 с. (гриф МОН України, лист № 1/11-7156 від 17.04.13)

2. **Ковалевський, С. В.** Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом. Методичні вказівки до практичних занять. / уклад.: С. В. Ковалевський, С. Г. Онищук, Ю. Б. Борисенко. – Краматорськ : ДДМА, 2013. – 48 с.

3. **Мельничук, П. П.** Технологія машинобудування : підручник / П. П. Мельничук, А. І. Боровик, П. А. Лінчевський. – Житомир : ЖДТУ, 2005. – 876 с.

4. Основи технології машинобудування. Методичні рекомендації до виконання курсового проекту для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 131 – Прикладна механіка за освітньо-професійною програмою «Технології машинобудування» всіх форм навчання. – Чернігів: ЧНТУ, 2020. – 60 с.

6. Дусанюк Ж.П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Гаряче об'ємне штампування. Навчальний посібник. / Ж.П. Дусанюк, І.О. Сивак, С.В. Дусанюк, С.В. Репінський. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 106 с.

7. **Сапон, С. П.** Проектування вилівка. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Проектування і виробництво заготовок» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології машинобудування» всіх форм навчання. / С. П. Сапон. – Чернігів: ЧНТУ, 2018. – 50 с.

8. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.

**Додаток А**  
**БЛАНК ЗАВДАННЯ НА КУРСОВУ РОБОТУ**

Міністерство освіти і науки України  
Донбаська державна машинобудівна академія  
Кафедра «Інноваційних технологій і управління»

**З А В Д А Н Н Я**  
на курсову роботу з дисципліни  
**“Теоретичні основи технології виробництва  
деталей та складання машин”**

**ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО  
ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ  
ДЕТАЛІ**

Студ. \_\_\_\_\_ групи \_\_\_\_\_  
Вихідні дані \_\_\_\_\_ серійне виробництво \_\_\_\_\_

Найменування деталі \_\_\_\_\_  
найменування деталі та номер креслення

Річна програма випуску № \_\_\_\_\_ шт.; розмір партії \_\_\_\_\_ шт.

1 Вивчити та проаналізувати об'єкт проектування \_\_\_\_\_

2 Розробити маршрутний технологічний процес обробки \_\_\_\_\_

3 Визначити режими різання на \_\_\_\_\_

4 Визначити норми часу на \_\_\_\_\_

5 Виконати операційні карти та ескізи на \_\_\_\_\_

6 Виконати технологічні карти налагодження верстатів на \_\_\_\_\_

7 Розробити вимоги охорони праці та екології

Дати \_\_\_\_\_  
видачі \_\_\_\_\_ завершення \_\_\_\_\_

Підписи \_\_\_\_\_  
студент \_\_\_\_\_ викладач \_\_\_\_\_

**ЗМІСТ РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ  
ЗАПИСКИ КУРСОВОЇ РОБОТИ**  
(30-35 сторінок формату А4)

Бланк завдання

Реферат

Зміст

Вступ

1 Вивчення конструкції та службового призначення деталі

2 Відпрацювання конструкції деталі на технологічність

3 Вибір виду та способу отримання заготовки

4 Розробка маршрутного технологічного процесу обробки деталі

5 Визначення припусків на поверхню (\_\_\_\_\_ ) розрахунково-аналітичним методом та за ГОСТом, визначення коефіцієнту уточнення припуску, розрахунок розмірів заготовки та виконання креслення заготовки.

6 Розробка операційної технології на дві операції з обґрунтуванням вибору обладнання, пристосувань, різальних та вимірювальних інструментів

7 Визначення режимів різання на дві операції

8 Технічне нормування операцій

9 Проектування технологічних карт налагодження верстатів

10 Розробка вимог охорони праці та екології

Висновки

Перелік посилань

ДОДАТОК А. ТЕХНОЛОГІЧНА ДОКУМЕНТАЦІЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ (маршрутна та операційна технологія; при розробці операційної технології на 2 операції виконати ескізи з умовним позначенням верстатних пристосувань, оброблюваних поверхонь та шорсткості обробки)

ЗМІСТ ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ: (НА АРКУШАХ ФОРМАТУ А3)

1 Креслення заготовки з технічними вимогами на виготовлення

2 Креслення двох технологічних карт налагодження верстатів на обробку заготовки

**Додаток Б**  
**ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОГО ЧАСУ**

Таблиця Б.1 – Формули для визначення основного часу на операції

Вид обробки	Формула для визначення основного часу $t_o$ , хв.
1	2
Точіння, свердління, зенкування, розточування, розгортання	$t_o = \frac{li}{ns_o}$
<p>Фрезерування:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- циліндричними та торцевими фрезами</li> <li>- двохперовою фрезею з маятниковими рухами подачі</li> <li>- дисковою фрезею</li> <li>- дисковою фрезею для сегментних шпонок</li> </ul>	$t_o = \frac{li}{v_s} \text{ или } t_o = \frac{li}{s_z z n_\phi}$ $t_o = \frac{(l_{np} - D_\phi) + (0,5 \dots 1) \text{ мм}}{S_{np}} \frac{h}{t}$ $t_o = \frac{h + (0,5 \dots 1) \text{ мм}}{s_\phi} + \frac{l_{np} - D_\phi}{s_{np}}$ $t_o = \frac{h + (0,5 \dots 1) \text{ мм}}{s_\phi}$
<p>Стругання та протягування:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- обробка на поперечно- та поздовжньо-стругальних верстатах</li> <li>- протягування</li> <li>- протягування шліців</li> </ul>	$t_o = \frac{b + b_1 + b_2}{n_{2x} s_{2x}} i$ $t_o = \frac{(L_{np} + l_g)}{1000} \left( \frac{1}{v_p} + \frac{1}{v_{\partial.x}} \right)$ $t_o = \frac{L_{np} + l_g + (10 \dots 30) \text{ мм}}{1000 v_p} i$
<p>Нарізання різьби:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- профільним різцем</li> <li>- плашками</li> <li>- різьбонарізними головками</li> <li>- дисковими фрезами на різьбофрезерних верстатах</li> </ul>	$t_o = \frac{l_o + l_{\phi p} + l_n}{P_n} i q$ $t_o = \frac{l_o + l_{\phi p} + l_n}{P_n} + \frac{l_o + l_{\phi p} + l_n}{P_{nB}}$ $t_o = \frac{l_o + l_{\phi p} + l_n}{P_n}$ $t_o = \frac{l_o + l_{\phi p} + l_n}{P} \frac{\pi d}{\cos \alpha v_s} i q$

Продовження таблиці Б.1

1	2
- гребінчастою різьбовою фрезою	$t_o = \frac{1,2\pi d}{v_s}$
Нарізання: - зубонарізання циліндричних коліс дисковою модульною фрезою - зубонарізання черв'ячною фрезою - зубодовбання - зубостругання - зубошевінгування	$t_o = \frac{B+l_{ep}+l_n}{v_s} z_p i$ $t_o = \frac{l_3 m_g + l_{ep} + l_n}{s_o n_\phi m_g z_\phi} z_p i$ $t_o = \frac{h_3}{s_p n_{2x}} + \frac{\pi m z_p}{s_k n_{2x}} i$ $t_o = \pi m z_p \left( \frac{1}{n_{2x} s_k} \frac{1}{v_{s\phi}} \right) + 0,12 z_p$ $t_o = \frac{(l_3 + l_{ep} + l_n) z_p z_i}{n_{шев} z_{шев} s_{np} s_\epsilon} K$
Шліфування: - з поздовжньою подачею - врізанням - плоске периферією круга - плоске торцем круга - різьби однопрофільним кругом - різьби багатпрофільним кругом - зубів коліс методом копіювання - зубів коліс методом обкатування	$t_o = \frac{L_{cm}}{n s_{np}} \frac{z_i}{s_n} K$ $t_o = \frac{z_i}{n s_n} K$ $t_o = \frac{B z_i}{s_n n_{2x} s_\epsilon t} K$ $t_o = \frac{z_i}{s_g n t} K$ $t_o = \frac{l_o + l_{ep} + l_n}{P n} \left( \frac{z_i}{s_n} + m_g \right)$ $t_o = \frac{\pi d n_3}{1000 v_3}$ $t_o = \frac{2 L_{cm} i \alpha_D}{1000 v_{cm}} z_p$ $t_o = \left( \frac{l_3 i}{n s_{np}} + i \tau \right) \frac{z_p}{m_g}$

Продовження таблиці Б.1

1	2
Хонінгування	$t_o = \frac{z_i}{s_p n}$
Накатування шліців	$t_o = \frac{L_u + l_n}{v_3}$
<p>Примітки: 1 Позначення: <math>l</math> – розрахункова довжина робочого ходу інструмента або супорта, мм; <math>lg</math> – довжина поверхні, що протягується, мм; <math>l_o</math> – довжина різьби, що нарізується, мм; <math>l_{vp}</math> – довжина врізання різального інструмента, мм; <math>l_n</math> – перебіг різального інструмента, мм; <math>l_z</math> – довжина зуба, що нарізується, мм; <math>L_{np}</math> – довжина робочої частини протяжки, мм; <math>L_{cm}</math> – довжина ходу стола верстата, мм; <math>P</math> – крок різьби, що нарізується, мм; <math>i</math> – кількість робочих ходів; <math>n</math> – частота обертання шпинделя, хв<sup>-1</sup>; <math>n_\phi</math> – частота обертання фрези, хв<sup>-1</sup>; <math>n_e</math> – частота обертання при допоміжному ході, хв<sup>-1</sup>; <math>n_{2x}</math> – кількість подвійних ходів за 1 хв, подв.хід/хв; <math>n_{шев}</math> – частота обертання шевера, хв<sup>-1</sup>; <math>n_3</math> – частота обертання заготовки при нарізанні різьби, хв<sup>-1</sup>; <math>s_{2x}</math> – подача за один подвійний хід стола, мм/подв.хід; <math>s_o</math> – подача на оборот, мм/об; <math>v_s</math> – швидкість руху подачі, мм/хв; <math>s_z</math> – подача на зуб фрези, мм/зуб; <math>s_{np}</math> – поздовжня подача, мм/об; <math>s_n</math> – поперечна подача круга за один робочий хід, мм/роб.хід; <math>s_e</math> – вертикальна подача, мм/об; <math>s_p</math> – радіальна подача за подвійний хід, мм/подв.хід; <math>s_k</math> – кругова подача зубчастого колеса за подвійний хід довбача, мм/подв.хід; <math>v_{sob}</math> – швидкість руху подачі в зворотному напрямку, мм/хв; <math>b</math> – ширина поверхні, що стругається, мм; <math>b_1</math> – врізання різця, мм; <math>b_2</math> – перебіг різця, мм; <math>B</math> – ширина циліндричного зубчастого вінця, мм; <math>z</math> – кількість зубів фрези; <math>z_\phi</math> – число заходів фрези; <math>z_p</math> – розрахункова кількість зубів коліс; <math>z_{шев}</math> – кількість зубів шевера; <math>z_i</math> – припуск на сторону поверхні, що обробляється, мм; <math>h</math> – глибина різання або канавки западини, що нарізується, мм; <math>h_z</math> – висота зуба, мм; <math>D_\phi</math> – діаметр фрези, мм; <math>d</math> – зовнішній діаметр заготовки, що нарізується, мм; <math>v_p</math> – швидкість різання (робочого ходу), м/хв; <math>v_{d.x}</math> – швидкість допоміжного ходу, м/хв; <math>v_3</math> – швидкість врізання заготовки, м/хв; <math>q</math> – кількість заходів різьби; <math>\tau</math> – час на переключення та ділення; <math>\alpha</math> – кут падіння гвинтової лінії, °; <math>\alpha_d = 1,3 \dots 1,5</math> – коефіцієнт, що враховує час ділення, тобто повороту колеса на один зуб; <math>m</math> – модуль; <math>m_g</math> – кількість коліс, що нарізуються, або деталей, що обробляються одночасно; <math>K</math> – поправний коефіцієнт на виходжування (зменшується зняття металу в кінці циклу при виключеній подачі на глибину).</p> <p>2 Довжина поздовжнього ходу стола при шліфуванні на прохід <math>L_{cm} = l_o - (0,2 \dots 0,4) B_k</math> та при шліфуванні в упор – <math>L_{cm} = l_o - (0,4 \dots 0,6) B_k</math>, де <math>B_k</math> – висота круга, мм; <math>l_o</math> – довжина поверхні, що шліфується, мм.</p> <p>3 Коефіцієнт <math>K</math> має наступні значення: <math>K = 1,1</math> – при відхиленні розмірів <math>0,1 \dots 0,15</math> мм та <math>K = 1,7</math> – при відхиленні розмірів <math>0,02 \dots 0,03</math> мм; <math>K = 1,1 \dots 1,2</math> – при шевінгуванні.</p>	













*Навчальне видання*

**КОВАЛЕВСЬКИЙ Сергій Вадимович,  
ОНИЩУК Сергій Григорович,  
ТУЛУПОВ Володимир Іванович**

**ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА  
ДЕТАЛЕЙ ТА СКЛАДАННЯ МАШИН**

**Методичні вказівки до виконання курсової роботи**

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня  
за спеціальністю 131 «Прикладна механіка»

За авторською редакцією

7/2022 Формат 60 x 84/16. Ум. друк. арк. 1,63.  
Обл.-вид. арк. 1,27. Тираж пр. Зам. №

Видавець і виготівник  
Донбаська державна машинобудівна академія  
84313, м. Краматорськ, вул. Академічна, 72.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
ДК №1633 від 24.12.2003