

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Київський національний університет будівництва і архітектури

**ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ  
ТА ВЕРСТАТНЕ ОБЛАДНАННЯ  
АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА  
(МОДУЛЬ 1)**

Методичні вказівки та завдання  
до виконання розрахунково-графічної роботи  
для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка»  
освітньої програми «Інженерія логістичних систем»

Київ 2023

УДК 69.002.5

T38

Укладачі: Б.В. Корнійчук, канд. техн. наук, доцент;  
А.Т. Свідерський, канд. техн. наук, професор;  
В.О. Шаленко, канд. техн. наук, доцент

Рецензент Д.А. Паламарчук, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск К.І. Почка, д-р техн. наук, професор

*Затверджено на засіданні кафедри професійної освіти,  
протокол № 5 від 9 листопада 2022 року.*

В авторській редакції

**Технологія** машинобудування та верстатне обладнання  
Т38 автоматизованого виробництва: методичні вказівки та завдання до  
виконання розрахунково-графічної роботи / уклад.: Б.В. Корнійчук,  
А.Т. Свідерський, В.О. Шаленко. – Київ : КНУБА, 2023. – 40 с.

Містять основні методики виготовлення деталей та вибір  
і розрахунки режимів різання, що використовуються в сучасних  
верстатах з числовим програмним керуванням, а також список  
рекомендованої літератури.

Призначено для студентів, які навчаються за спеціальністю  
131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Інженерія  
логістичних систем».

## ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	4
1. ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ.....	6
2. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ .....	7
2.1. Розбирання робочого креслення.....	7
2.2. Аналіз технології виготовлення деталі .....	7
2.3. Визначення методу виготовлення деталі.....	10
2.4. Вибір заготовки для виготовлення деталі .....	11
2.5. Побудова плану і методу виготовлення деталі .....	12
2.6. Вибір технологічних баз.....	13
2.7. Вибір технологічного обладнання.....	14
2.8. Розрахунок і вибір режимів різання.....	19
2.9. Розрахунок технічної норми часу.....	25
3. ВИМОГИ ДО ОКРЕМИХ ЧАСТИН РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ .....	29
3.1. Вимоги до виконання розрахунково-пояснювальної записки .....	29
3.2. Вимоги до виконання креслення деталі.....	31
3.3. Вимоги до розробки 3-D моделі деталі.....	31
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	32
ДОДАТКИ.....	33
Додаток 1.....	33
Додаток 2.....	34

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Розрахунково-графічна робота з дисципліни «Технологія машинобудування та верстатне обладнання автоматизованого виробництва» сприяє поглибленому вивченню теоретичних положень курсу, дає змогу набути навички розрахунку і конструювання приводів верстатів з числовим програмним керуванням. Сприяє закріпленню знань з оформлення згідно з чинним стандартом конструкторської документації. Допомогає у підготовці до екзамену з дисципліни.

Методичні вказівки та завдання до виконання розрахунково-графічної роботи розроблено і складено таким чином, щоб допомогти закріпити основні положення теоретичного курсу «Технологія машинобудування та верстатне обладнання автоматизованого виробництва». Розвинути навички вибору необхідного обладнання для виготовлення деталі, правильного вибору баз і відповідно до них постановки розмірів деталі. Також ці методичні вказівки допоможуть навчитися проводити розрахунки вузлів верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК).

У процесі вивчення дисципліни та виконання розрахунково-графічної роботи студенти набувають таких спеціальних (фахових) компетентностей:

- здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми в прикладній механіці або у процесі навчання, що передбачає застосування певних теорій та методів механічної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов (ІК);

- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК 2);

- навички здійснення безпечної діяльності (ЗК 10);

- здатність робити оцінки параметрів працездатності матеріалів, конструкцій та машин в експлуатаційних умовах і знаходити відповідні рішення для забезпечення заданого рівня надійності конструкцій та процесів, у тому числі і за наявності деякої невизначеності (ФК2);

- здатність проводити технологічну і техніко-економічну оцінку ефективності використання нових технологій і технічних засобів (ФК3);

- здатність здійснювати оптимальний вибір технологічного обладнання, комплектацію технічних комплексів, мати базові уявлення про правила їх експлуатації (ФК4);

- здатність виконувати технічні вимірювання, одержувати, аналізувати та критично оцінювати результати вимірювань (ФК6);

- здатність застосовувати комп'ютеризовані системи проектування (CAD), виробництва (CAM), інженерних досліджень (CAE) і спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань з прикладної механіки (ФК7).

У результаті виконання студентами розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Технологія машинобудування та верстатне обладнання автоматизованого виробництва» передбачено такі результати навчання:

- вибирати та застосовувати для розв'язання задач прикладної механіки придатні математичні методи (PH1);

- використовувати знання теоретичних основ механіки рідин і газів, теплотехніки та електротехніки для вирішення професійних завдань (PH2);

- виконувати розрахунки на міцність, витривалість, стійкість, довговічність, жорсткість деталей машин (PH3);

- оцінювати надійність деталей і конструкцій машин у процесі статичного та динамічного навантаження (PH4);

- виконувати геометричне моделювання деталей, механізмів і конструкцій у вигляді просторових моделей та проекційних зображень і оформлювати результат у вигляді технічних і робочих креслень (PH5);

- створювати і теоретично обґрунтовувати конструкції машин, механізмів та їх елементів на основі методів прикладної механіки, загальних принципів конструювання, теорії взаємозамінності, стандартних методик розрахунку деталей машин (PH6);

- застосовувати нормативні та довідкові дані для контролю відповідності технічної документації, виробів і технологій стандартам, технічним умовам та іншим нормативним документам (PH7);

- знати і розуміти основи інформаційних технологій, програмування, практично використовувати прикладне програмне забезпечення для виконання інженерних розрахунків, обробки інформації та результатів експериментальних досліджень (PH8);

- навички практичного використання комп'ютеризованих систем проектування (CAD), підготовки виробництва (CAM) та інженерних досліджень (CAE) (PH12);

- здійснювати оптимальний вибір обладнання та комплектацію технічних комплексів (PH14).

## 1. ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

У методичних вказівках наведено роз'яснення до окремих частин розрахунково-графічної роботи та викладено вимоги до її виконання згідно з прийнятими правилами, що забезпечують раціональне виготовлення деталей машин.

Для виконання розрахунково-графічної роботи необхідно з дод. 2, де наведено варіанти завдань з вихідними даними для розрахунків, вибрати необхідні параметри відповідно до варіанта, креслення деталі. Ці деталі необхідно розробити в будь-якій програмі, що забезпечує 3D моделювання та підтримує збереження файлу в «STL» форматі (наприклад, КОМПАС).

Згідно з варіантом завдання на розрахунково-графічну роботу з курсу «Технологія машинобудування та верстатне обладнання автоматизованого виробництва» викладач видає кожному студентові індивідуально. Уся розрахунково-графічна робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та підшитого до неї креслення деталі, що виконано на форматі А-4.

Треба пам'ятати, що оформлення розрахунково-графічної роботи має відповідати чинним стандартам. Це є обов'язковою умовою. У разі відхилення від стандартів, розрахунково-графічна робота підлягає обов'язковій переробці.

Оцінку за розрахунково-графічну роботу виставляють за загальноприйнятою стобальною системою.

Визначаючи загальну оцінку за РГР, враховують такі вимоги:

а) своєчасність виконання етапів розрахунків, які надає викладачу студент, відповідно до складеного графіка виконання розрахунково-графічної роботи;

б) точність проведених розрахунків має бути до тисячних доль одного міліметра;

в) обов'язковим є пояснення до кожної розрахункової формули (назви виконаних пунктів, назви формул, чітка послідовність в оформленні пояснювальної записки до РГР: назва формули – формула – підставлені числа – отриманий результат – проставлена розмірність);

г) раціональність і доцільність прийнятих конструкторських рішень;

д) якість захисту свого варіанта розрахунково-графічної роботи (відповіді на поставлені запитання).

## **2. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ**

### **2.1. Розбирання робочого креслення**

Під час проектування технологічних процесів механічної обробки деталей машин вихідним документом є робоче креслення на деталь, яке має бути ретельно вивчене проектувальником і проаналізоване з точки зору технологічності конструкції деталі.

Робоче креслення деталі містить усі необхідні відомості, які дають повне уявлення про неї, тобто всі проекції, розрізи і перерізи, що пояснюють конфігурацію деталі.

На робочому кресленні вказують лінійні та діаметральні розміри з допусками на них, вільні розміри, а також шорсткість поверхонь.

У технічних умовах на виготовлення деталі обумовлюються можливі відхилення від геометричної форми, взаємне розміщення поверхонь, відомості про матеріал деталі, види термічної обробки окремих поверхонь деталі, використовувані захисні і декоративні покриття тощо.

Усі вказані на кресленні відомості дають змогу зробити висновок про можливу заготовку і намітити орієнтовний маршрут обробки деталі.

### **2.2. Аналіз технології виготовлення деталі**

Аналіз технологічності конструкції деталі має на меті виявити можливість зменшення металоємкості деталі, трудомісткості її механічної обробки і використання високопродуктивних методів обробки.

Аналіз технологічності рекомендується проводити в такій послідовності:

- на основі вивчення робочого креслення деталі, умов її роботи і заданого масштабу виробництва визначити вид заготовки та методи її отримання, зважаючи при цьому на економічні фактори;

- визначити поверхні, які можна використати при базуванні деталі, а також можливість введення штучних баз;

- встановити можливість використання високопродуктивних методів обробки;

- з метою отримання високого ступеня точності і потрібної шорсткості поверхонь визначити необхідність у додаткових операціях;

- провести ув'язку розмірів, обумовлених допусками, шорсткістю обробки, відхиленням за формою взаємного розміщенню поверхонь з геометричними похибками металоріжучих верстатів;

- визначити можливість безпосереднього контролю розмірів, заданих на кресленні;

- визначити в деталі конструктивні елементи, які зменшують її жолоблення в процесі термообробки, а також відповідність матеріалу деталі прийнятним видам термічної обробки.

Наведемо деякі рекомендації до аналізу технологічності окремих типів деталей.

***Для корпусних деталей визначають:***

- чи допускає дана конструкція обробку площин на прохід і що заважає такому виду обробки;

- чи можна обробляти отвори одночасно на багатошпindelних верстатах з урахуванням відстаней між осями цих отворів;

- чи дає змогу форма отворів розточувати їх на прохід з одного і двох боків;

- чи є вільний доступ інструмента до оброблюваних поверхонь;

- чи потрібне підрізання торців ступиць з внутрішніх боків відливки і чи можна її усунути;

- чи є глухі отвори і чи можна їх замінити наскрізними;

- чи є оброблювані площини, розміщені під тупим або гострим кутами, і чи можна їх замінити площинами, розміщеними паралельно чи перпендикулярно одна одній;

- чи є отвори, розміщені не під прямим кутом до площини входу чи виходу, і чи можлива заміна цих елементів;

- чи достатня жорсткість деталі, і чи не обмежує вона режими різання;

- чи є в конструкції деталі достатні за розмірами і відстанню базові поверхні, і якщо нема, то яким чином слід вибирати допоміжні бази;

- чи немає в конструкції внутрішньої різьби великого діаметра, і чи можна її замінити іншими конструктивними елементами;

- наскільки простий спосіб отримання заготовки (відливки), чи правильно вибрані елементи конструкції, які обумовлюють отримання заготовки.

***Для деталей типу вал, визначають:***

- чи можна обробляти поверхні прохідними різцями;

- чи зменшуються діаметральні розміри шийок валів до їх кінців;

- чи можна зменшити діаметри великих фланців, буртів, чи виключити їх взагалі, і як це вплине на коефіцієнт використання металу;

- чи можна замінити закриті шпонкові канавки відкритими, які обробляються більш продуктивно;

- чи мають поперечні канавки форму і розміри, придатні для обробки на гідрокопіювальних верстатах;

- чи допускає жорсткість вала отримання високої точності обробки (жорсткість вала є недостатньою для отримання точності 6-9-го квалітетів при співвідношенні його довжини  $l$  до діаметра  $d$  більше 10-12. Для валів, які виготовляються за більш низькими квалітетами, це співвідношення може дорівнювати 15. При багаторізцевій обробці його треба зменшити до 10).

Варто пам'ятати, що технологія обробки гладких валів значною мірою відрізняється від технології виготовлення ступінчатих валів простотою і економічністю, тому необхідно проаналізувати можливість заміни ступінчастого вала гладким.

#### ***Для зубчастих коліс, визначають:***

Насамперед потрібно визначити можливість високопродуктивних методів формоутворення зубчатого вінця з використанням пластичного деформування в гарячому і холодному станах.

Конструкція зубчастого колеса має характеризуватися такими ознаками:

- простою формою центрального отвору, оскільки складний отвір значно ускладнює обробку, викликаючи необхідність використання револьверних верстатів і напівавтоматів;

- простою конфігурацією зовнішнього контуру зубчастого колеса (найбільш технологічним є зубчасті колеса без виступаючих ступиць);

- ступицями, розміщеними по один бік;

- симетричним розміщенням перемички між ступицею і вінцем як відносно вінця, так і відносно до ступиці для зубчастих коліс, які підлягають термічній обробці. Порушення цієї умови призводить до значних однібічних деформацій за термічної обробки;

- правильною формою і розмірами канавок для виходу інструменту;

- можливістю багатолезової обробки залежно від співвідношення діаметрів вінців і відстані між ними.

Подібним методом проводиться аналіз технологічності і для інших деталей, які мають аналогічні елементи конструкції.

### 2.3. Визначення методу виготовлення деталі

Метод виготовлення деталі визначається кількістю продукції, яку випускає підприємство за одиницю часу, і її характером.

У свою чергу він визначає побудову і ступінь деталізації розробки технологічних процесів.

Умовно виділяють три типи виробництва: одиничне, серійне та масове.

**Одиничним** називається таке виробництво деталі, за якого вироби виготовляються в одному чи декількох екземплярах.

Цей тип виробництва характеризується використанням універсального обладнання, універсальних і нормалізованих пристосувань (наприклад, тиски, кутники, прихвати тощо), стандартних інструментів (стандартні свердла, зенкери, розверстки, фрези, різці, плашки, мітчики тощо).

Технологічний процес обробки в цьому випадку має ущільнений характер – на одному верстаті виконується декілька операцій чи повна обробка різних деталей.

**Серійним** називається таке виробництво деталі, за якого їх виготовлення виконується серіями (партіями) з деякою періодичністю.

Залежно від кількості деталей у серії, їх характеру і трудомісткості умовно розрізняють дрібно-, середньо-, та багатосерійне виробництво.

У серійному виробництві технологічний процес розчленований на окремі операції, які закріплені за окремими верстатами.

Цей тип виробництва рекомендує використовувати верстати різних видів: універсальні, спеціалізовані, спеціальні (автоматів, напівавтомати, агрегатні верстати, тощо), а також верстати з програмним керуванням, а також центрів обробки.

У серійному виробництві поряд з універсальними пристосуваннями та інструментом використовують спеціалізовані і спеціальні.

Обробку деталей виконують партіями. При серійному виробництві можна визначити кількість деталей у партії. Цю кількість визначають за формулою, шт.:

$$n = \frac{N \cdot t}{F},$$

де  $N$  – кількість деталей у річному обсязі виробництва;

$t$  – періодичність запуску в днях;

$F$  – кількість робочих днів на рік.

Періодичність запуску в днях рекомендовано брати: 3, 6, 12, 24.

Кількість робочих днів на рік зазвичай беруть у межах 240...260.

**Масовим** називається виробництво, для якого характерний великий обсяг випуску однакових деталей.

У масовому виробництві використовують вузькоспеціалізоване і спеціалізоване обладнання з числовим програмним керуванням, а також спеціальну оснастку та інструмент.

Форма організації виробництва має бути поточною, тобто обробку деталей виконують на основі поточного принципу шляхом безперервної та автоматизованої передачі деталей від верстата до верстата, які розміщені в порядку послідовності технологічних операцій. Їх ще називають автоматичними технологічними лініями.

#### **2.4. Вибір заготовки для виготовлення деталі**

Метод отримання заготовки визначають насамперед конфігурацією і службовим призначенням деталі. На кресленні конструктор вказує матеріал, з якого має виготовлятися деталь, вимоги до точності та шорсткості оброблених поверхонь.

Обсяг виробництва й економічність виготовлення є одними з основних факторів під час вирішення питання про метод отримання заготовки.

Вибрати заготовку означає встановити спосіб її отримання, розрахувати припуски на механічну обробку всіх поверхонь і вказати допуски на виготовлення.

Остаточне рішення про вибір способу отримання заготовки ухвалюють після комплексного розрахунку собівартості виготовлення як заготовки, так і самої деталі.

Водночас порівнюють декілька варіантів і вибирають той, за якого забезпечується мінімальна собівартість деталі за рахунок скорочення механічної обробки, зниження трудомісткості та збільшення ступеня механізації і автоматизації виробництва.

Основними видами заготовок для деталей машин залежно від їх призначення і форми є:

- заготовки з прокату і листового матеріалу;
- ковани, пресовані і штамповані заготовки;
- відливки з чорних і кольорових металів;
- заготовки з неметалевих матеріалів (деревина, гума, текстоліт, азбест, пластмаса тощо).

Вибір виду заготовки залежить від конструктивних форм деталей, їх призначення, типу виробництва, умов роботи тощо.

## **2.5. Побудова плану і методу виготовлення деталі**

Суть побудови плану обробки полягає у визначенні послідовності виконання операцій, у виборі способу обробки і обладнання для їх реалізації.

Встановлюючи послідовність обробки, необхідно дотримуватися таких правил:

1. Поставлена в механічні цехи заготовка, яка виготовлена методом лиття, має бути очищеною, а поковки і штамповки очищені від окалини.

2. За можливості в механічних цехах виконувати напівчистову і чистову обробку, чорнову – в заготівельних цехах;

3. Насамперед провести обробку поверхонь, які будуть базами для наступних операцій;

4. Обробляти поверхні, де знімається багато металу. Це дозволить легше визначити внутрішні дефекти заготовки (раковини, включення, тріщини тощо), а також виявляти деформацію окремих поверхонь деталі, яка буде усунена при наступній чистовій обробці цих поверхонь. Зі свого боку, це виключить деформації і спотворення розмірів при виконанні фінішних і доводочних операцій. Величина деформації деталі має суттєве значення, особливо у разі обробки недостатньо жорстких деталей і деталей з особливо точними розмірами окремих поверхонь (у межах 2,5-20 мкм). За механічної обробки жорстких деталей і деталей з допусками в межах 100-200 мкм деформацію можна не враховувати;

5. Спочатку мають також виконуватися операції, де існує можливість браку через дефекти матеріалу чи складності механічної обробки.

6. Далі послідовність операцій встановлюють залежно від потрібної точності поверхні: чим точніша має бути поверхня, тим пізніше вона мають оброблятися, щоб уникнути спотворення оброблених поверхонь через перерозподіл внутрішніх напружень.

7. Найбільш точні поверхні з найменшою шорсткістю мають оброблятися останніми. Цим усувається чи зменшується можливість зміни їх розмірів і появи пошкоджень.

З огляду на вказані правила можна рекомендувати таку схему послідовності операцій процесу механічної обробки:

1. Обробка поверхонь, які утворюють технологічні бази для всіх наступних операцій обробки.

2. Чорнова обробка основних поверхонь деталі. До обробки основних поверхонь відносяться: підрізання торців і центрування валів, обточування шийок валів, свердління, зенкерування, розвертання, розточування отворів, нарізання зубів, фрезерування шліців, стругання, протягування поверхонь.

3. Чистова обробка основних поверхонь деталі (при обробці на одному верстаті великої кількості поверхонь можливо суміщення чорнових і чистових операцій).

4. Чорнова і чистова обробка другорядних поверхонь (свердління дрібних отворів, зняття фасок, виправлення центрів, нарізання різьби, фрезерування, цекування невеликих поверхонь, лисок).

5. Термічна обробка деталі, якщо вона передбачена кресленням.

6. Виконання фінішних операцій по основних поверхнях (чорнове і чистове шліфування, тонке розточування, чистове розвертання, протягування, шевінгування).

7. Виконання доводочних операцій по основних поверхнях (хонінгування, притирання, суперфінішування, доведення притиральними пастами).

## **2.6. Вибір технологічних баз**

Правильно вибрані технологічні бази є запорукою швидкого виготовлення деталі, адже це зменшує кількість переналаштувань верстату.

Окрім цього, якість обробки різних деталей значною мірою залежить від правильного вибору технологічних баз. Неправильний їх вибір псує положення деталі відносно інструменту, призводить до неправильної обробки поверхні за кресленням, створює нерівномірні припуски на обробку і може бути причиною браку деталі.

Вибираючи технологічні бази, необхідно керуватися такими основними рекомендаціями:

1. Для досягнення найбільшої точності кутового положення поверхонь деталі одна відносно іншої і стійкості заготовок необхідно для технологічних баз використовувати поверхні найбільшої довжини (тобто поверхні найбільших габаритних розмірів).

2. За технологічні бази треба вибирати ті поверхні чи осі деталей, відносно яких потрібно забезпечувати задане положення поверхонь на даному переході чи операції.

3. Необхідно за можливості дотримуватися принципу постійності баз і під час обробки на всіх основних технологічних операціях

використовувати як установочні бази одні й ті ж поверхні. Постійні бази забезпечують високу точність обробки взаємозв'язаних поверхонь і дозволяють використовувати одноманітні затискні пристосування.

4. Потрібно намагатися обробляти якомога більше поверхонь з одного встановлення заготовки.

5. За потреби слід штучно збільшувати розміри технологічних баз чи робити спеціальні технологічні бази.

6. На першій чи двох перших операціях мають створюватися єдині постійні бази для наступної обробки.

7. Чорновими базами для виконання перших операцій можуть бути поверхні, які взагалі не обробляються або обробляються пізніше. Поверхні, які використовують як чорнові бази, мають бути за можливості гладкими, не мати штампувальних і ливарних ухилів, ливників, прибуткової частини, площин рознімання ливарних форм і штампів.

У технологічних документах і при оформленні операційних ескізів використовують умовне позначення баз, вказавши розміщення і кількість опорних точок.

## **2.7. Вибір технологічного обладнання**

Тип обладнання визначається формою і розмірами заготовки, обраним методом обробки поверхні, зручністю базування і закріплення заготовки, типом виробництва.

Вибираючи тип і моделі верстата, необхідно керуватися такими вимогами:

1. Правильно пов'язати вимоги технології, організації виробництва й економіки. Обраний верстат має забезпечити виконання усіх вимог креслення і технічних умов на обробку деталі з даній операції у відношенні точності розмірів, форми і якості поверхонь. Необхідно, за можливості, використовувати обладнання, що випускається верстатобудівними заводами серійно.

2. Розміри верстата мають відповідати розмірам оброблюваних на ньому деталей. Водночас варто прагнути, щоб верстат був достатньо використаний за своїми технологічними можливостями і за потужністю.

3. Обраний верстат має забезпечити найменші витрати часу на обробку, мінімальну собівартість виготовлення деталі і найбільш швидку окупність витрат на його придбання.

**Вибір універсального обладнання.** Вибір верстатів для проєктованого технологічного процесу проводять після того, як кожна

операція попередньо розроблена, тобто визначено: метод обробки поверхні або з'єднання поверхонь (точіння, фрезерування, свердління тощо); точність і шорсткість поверхонь; припуск на обробку; різальний інструмент; такт випуску і тип виробництва.

Типорозмір (модель) верстата можна вибрати порівняно швидко на підставі таких даних, як метод обробки, точність обробки, шорсткість, розташування і розміри оброблюваної поверхні або габаритні розміри деталі.

Однак такий вибір ще не буде досить обґрунтованим і, головне, не дасть уявлення про забезпечення заданої продуктивності.

Після визначення необхідної кількості верстатів, з огляду на задану продуктивність по першому варіанту, може змінитися початкове рішення щодо вибору типорозміру верстата.

Це можливо в умовах масового виробництва, де необхідно прагнути, щоб на операціях було зайнято не більш одного-двох верстатів.

У цьому разі, якщо спочатку був, наприклад, прийнятий одношпindelний верстат, може виявитися доцільною його заміна на багатошпindelний, багатопозиційний, спеціалізований або навіть спеціальний верстат.

В усіх подібних випадках необхідно підтвердити доцільність заміни одного верстата іншим на підставі техніко-економічного розрахунку.

Іншим фактором, що може призвести до зміни початкового рішення щодо вибору типорозміру верстата, є неефективне використання його за потужністю.

В умовах масового і багатосерійного виробництва дозволяється установити для привода головного руху електродвигун меншої потужності.

**Вибір агрегатних верстатів.** Крім універсальних, високопродуктивних і спеціалізованих верстатів, останнім часом, особливо в умовах масового і багатосерійного виробництва для забезпечення високої продуктивності застосовують агрегатні верстати й автоматичні лінії.

Саме тому під час розробки технологічних процесів часто виявляється доцільним використовувати це високопродуктивне обладнання.

Технологічна характеристика агрегатного верстата визначається при розробці технологічного процесу.

До факторів, що визначають технологічну характеристику, належать:

- характер технологічної операції, що намічено виконувати на агрегатному верстаті;
- число позицій обробки;
- число шпинделів інструментального налагодження;
- швидкість різання і подачі кожного інструменту;
- потужність різання і зусилля подач;
- інші умови, що визначають особливості даної обробки.

Технологічна характеристика верстата і конструктивні ознаки оброблюваної деталі дають можливість визначити компоновання агрегатного верстата, що характеризується розташуванням деталі в робочій зоні, наявністю і конструкцією транспортного пристрою для переміщення деталі з позиції в позицію, а також взаємним розташуванням вузлів верстата в компонованні.

Найпоширеніші компоновання передбачають: вертикальне і горизонтальне розташування по характеру здійснення робочої подачі силовими механізмами; нерухоме положення оброблюваної деталі або її переміщення з позиції в позицію за допомогою транспортуючих пристроїв з вертикальною і горизонтальною віссю повороту.

Наприклад, вертикальний агрегатний верстат – це верстат зі стояком, на якому змонтований силовий вузол, що переміщується для здійснення прискореного підведення інструментів і робочої подачі у вертикальному напрямку.

Стояк може бути змонтований зі станиною для встановлення стаціонарного пристосування (для обробки нерухомої деталі) або з поворотним столом, що дозволяє вести обробку в декількох позиціях.

Горизонтальний агрегатний верстат також може бути змонтований зі стаціонарним пристосуванням або з поворотним барабаном, що дає змогу вести багатопозиційну обробку.

Вертикальні і горизонтальні верстати зі стаціонарними пристосуваннями призначені для обробки великогабаритних деталей.

Найбільше застосування мають вертикальні і горизонтальні верстати з поворотними пристроями для багатопозиційної обробки.

Вибравши компоновання верстата, можна за даними технологічної характеристики (швидкості різання, подачі, потужності різання, ходів робочих і прискорених переміщень) підібрати нормалізовані вузли.

Цю роботу доцільно виконувати в такій послідовності:

- по продуктивності, подачі і сумарному зусиллю подачі у всіх позиціях підібрати силовий стіл;

- по ефективній потужності різання і частоті обертання інструментів підібрати силову бабку для здійснення привода головного руху;

- по кількості позицій обробки підібрати відповідний транспортуючий пристрій – поворотний стіл або барабан.

Вибравши уніфіковані вузли, необхідно перевірити можливість їх сполучення по розмірах приєднувальних поверхонь, що з'єднується, а також вузлів з базовими деталями.

**Вибір верстатів з числовим програмним керуванням.** Верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК) поєднують точність спеціалізованих верстатів і високу продуктивність порівняно з верстатами загального призначення (у 2-5 разів).

Однак верстати з ЧПК значно складніші звичайних, вартість їх досить висока і перевищує вартість універсальних верстатів у 1,2-8 разів.

Область застосування верстатів з ЧПК достатньо широка, як за характером технологічних операцій, так і за типами виробництва.

За останньою ознакою створені й успішно використовуються верстати з ЧПК як для одиничного і дрібносерійного, так і для багатосерійного і масового виробництва.

Верстати з ЧПК використовують:

1) Токарної групи – у масовому, серійному й рідше у штучному виробництві.

2) Фрезерні, свердлильні і розточувальні – у серійному та іноді у штучному виробництві.

3) шліфувальні – у серійному виробництві.

Дані за можливості використання кожної з моделей верстатів із ЧПК в умовах певного типу виробництва наведено в паспортах верстатів.

У моделях верстата для позначення ступеня автоматизації додають літеру Ф з цифрою:

Ф1 – верстати з цифровою індикацією і попереднім набором координат;

Ф2 – верстати з позиційними і прямокутними системами;

Ф3 – верстати з контурними системами;

Ф4 – верстати з універсальною системою для позиційної і контурної обробки.

До основних умов доцільності застосування верстатів з ЧПК належать:

- обробка отворів складної геометричної форми, що вимагають застосування декількох послідовно працюючих інструментів, а також

обробка груп отворів на свердлильних і розточувальних верстатах. Ці види обробки можуть бути виконані на верстатах з ЧПК без виготовлення спеціального оснащення (кондукторів, копирів тощо), що звичайно застосовується на універсальних верстатах;

- необхідність побудови процесу за принципом концентрації операцій, тобто зосередження можливо більшого числа однотипних видів обробки на одному робочому місці;

- необхідність зменшення частки допоміжного часу, що затрачається в розглянутій операції на прийоми, пов'язані зі зміною режимів різання, переходом з обробки однієї поверхні на іншу, зміною різального інструмента та іншого, що звичайно має місце при послідовній обробці декількох поверхонь на універсальних верстатах;

- обробку декількох аналогічних деталей на одному верстаті, що має місце в умовах серійного виробництва. У цьому випадку застосуванням верстатів із ЧПК можна скоротити час на переналагодження обладнання;

- можливість скорочення числа операторів введенням багатOVERSTATного обслуговування.

Робота зі складання технологічної документації про застосування верстатів з ЧПК передбачає такі етапи:

- 1) Складання технологічного процесу механічної обробки деталі і виявлення операцій, на яких застосування верстатів з ЧПК принципово можливо і доцільно.

- 2) Вибір верстата з ЧПК, який можна було б застосувати на намічених операціях.

- 3) Технологічну розробку креслення деталі (операційного ескізу) для виконання операції на верстаті з ЧПК.

- 4) Складання розрахунково-технологічної карти команд і переміщень виконавчих органів верстата з ЧПК.

- 5) Техніко-економічне обґрунтування застосування верстата з ЧПК.

Технологічний процес механічної обробки із застосуванням верстатів з ЧПК у відношенні послідовності операцій обробки, складу операцій, розрахунку режимів різання, вибору моделей верстатів підпорядковується тим же правилам, що і для верстатів з іншим керуванням, тобто спочатку може бути складений технологічний процес з орієнтацією на звичайні верстати.

Після цього аналізують ті операції, на яких доцільно застосування верстатів з ЧПК.

Операції необхідно проаналізувати по допоміжному часу. Якщо операція нормована, на підставі техніко-економічного розрахунку, показати доцільність застосування верстата з ЧПК.

Розрахунково-технологічна карта складається на підставі докладної розробки операцій технологічного процесу і переробленого креслення.

У карті послідовно вказують всі команди для здійснення запроєктованої обробки на верстаті з ЧПК, швидкості і напрямки переміщення органів верстата.

Надалі на підставі розрахунково-технологічної карти дані карти перетворюються в систему команд програмоносія, передбаченого даним верстатом.

## 2.8. Розрахунок і вибір режимів різання

Розробляючи технологічний процес обробки деталі, потрібно встановити режими різання, від яких значною мірою залежить продуктивність і вартість обробки.

Встановити режими різання означає визначити: глибину різання  $t$ , мм; подачу  $S$ , мм/об або мм/хв; швидкість різання  $V$ , м/хв.

Знаючи швидкість різання  $V$  і діаметр заготовки  $D$ , мм, визначають число оборотів за формулою, об/хв:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}.$$

### *Вибір режимів різання при токарній обробці (точінні)*

Глибина різання, мм:

$$t = \frac{\Pi_p}{2},$$

де  $\Pi_p$  – припуск на діаметр, мм.

Подача при обробці в патроні з підтисканням задньою бабкою, мм:

$$S = \sqrt[0,75]{\frac{667 \cdot f \cdot D}{t} \cdot \left(\frac{D}{l}\right)^3},$$

де  $D$  – діаметр заготовки в місці обробки, мм;  $l$  – довжина деталі, мм;  $t$  – глибина різання, мм;  $f$  – стріла прогину деталі, яка визначається, мм:

$$f = \frac{\delta}{4},$$

де  $\delta$  – поле допуску на отримуваний розмір, мм.

Подача при обробці в патроні без підтисканням задньою бабкою, мм:

$$S = \sqrt[0,75]{\frac{14,3 \cdot f \cdot D}{t} \cdot \left(\frac{D}{l}\right)^3}.$$

Швидкість різання можна знайти, знаючи з якого матеріалу виготовлений інструмент (вибирають з табл. 1).

Таблиця 1

### Властивості інструментальних матеріалів

Швидкість різання, м/хв	Назва матеріалу	Твердість, HRA	Жаростійкість, Град	Приклади марок
15 – 18	Інструментальні вуглецеві сталі	60 – 62	200 – 250	У8, У10, У10А, У12, У13
15 – 25	Низьколеговані інструментальні сталі	62 – 64	250 – 300	Х, ХВГ, 9ХВГ, ХГ, 6ХС, 9ХС
до 80	Швидкорізальна сталь	65 – 75	600 – 630	Р6, Р9, Р18, Р9Ф5, Р6М3, Р18Ф2, Р9К5
до 800	Тверді сплави	86 – 92	800 – 1000	ВК2, ВК3, Т30К4, Т15К6, ТТ16К8
до 1000	Мінералокераміка	91 – 93	до 1200	УМ332, ВОК60
до 6000	Штучні абразивні матеріали	витримує тиск до $10,6 \cdot 10^4$ МПа	1800 – 2000	Електрокорунд, карбід бору і кремнію
понад 6000	Алмазний інструмент	витримує тиск понад $10,6 \cdot 10^4$ МПа	понад 2000	А, АСО, АСР, АСВ

Також швидкість різання можна розрахувати за формулою, м/хв:

$$V = \frac{C}{t^x \cdot S^y \cdot T^m},$$

де  $C$  – коефіцієнт матеріалу заготовки (вибирають з табл. 2);  $t$  – глибина різання, мм;  $S$  – подача, мм/об;  $T$  – стійкість інструменту, хв (вибирають з табл. 3); значення коефіцієнта  $x$  приймається при обробці сталі  $x = 0,18$ , а при обробці чавуну –  $x = 0,15$ ; значення коефіцієнта  $y$  при обробці сталі

відповідно  $y = 0,27$ , а при обробці чавуну –  $y = 0,30$ ; значення коефіцієнта типу різця  $m$  вибирають з табл. 4 залежно від умов його роботи.

Таблиця 2

### Коефіцієнт матеріалу заготовки

Матеріал, що обробляється	$C$
Сталь, сталеві відливки	417
Сірий чавун	240
Мідні сплави	240

Таблиця 3

### Стійкість інструменту

Матеріал різця	Перезір різця, мм				
	16x25	20x30	25x40	40x60	60x90
	Стійкість різця, хв				
Швидкорізальна сталь	60	60	90	120	150
Твердий сплав	90	90	120	150	180

Таблиця 4

### Коефіцієнт типу різця залежно від умов роботи

Матеріал, що обробляється	Тип різців	Умови обробки	Значення $m$		
			Швидкорізальна сталь	Сплав ТК	Сплав ВК
Сталь, сталеві відливки, ковкий чавун	Прохідні	З охолодженням	0,125	-	0,150
	Підрізні, Розточні	Без охолодження	0,100	0,125	0,150
	Підрізні	З охолодженням	0,250	-	0,150
	Відрізні	Без охолодження	0,200	0,125	0,200
Сірий чавун	Прохідні Підрізні Розточні	Без охолодження	0,100	0,125	0,200
	Підрізні Відрізні	З охолодженням	0,150	-	0,200

### ***Вибір режимів різання при свердлінні***

Глибина різання  $t$  при свердлінні в суцільному матеріалі дорівнює, мм:

$$t = \frac{D}{2},$$

де  $D$  – діаметр свердла в мм;

Глибина різання  $t$  при розсвердлюванні отвору діаметром  $d$ , мм:

$$t = \frac{D-d}{2}.$$

Подача, мм/об:

$$S = 0,035 \cdot D^{0,6}.$$

Швидкість різання, при свердлінні, м/хв:

$$V = \frac{C_1 \cdot D^z}{T^m \cdot S^y}.$$

Швидкість різання, при розсвердлюванні, м/хв:

$$V = \frac{C_1 \cdot D^z}{T^m \cdot S^y \cdot t^x}.$$

де  $C_1$  – коефіцієнт матеріалу заготовки (вибирають з табл. 5);  
 $t$  – глибина різання, мм;  $S$  – подача, мм/об;  $T$  – стійкість інструменту, хв (вибирають з табл. 6); значення коефіцієнтів  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $m$  вибирають за табл. 5 залежно від матеріалу, який обробляють.

Таблиця 5

## Значення величин коефіцієнтів свердління

Матеріал, що обробляється	Подача, $S$ , мм/об	Свердління				Розсвердлювання				
		$C_1$	$t$	$y$	$Z$	$C_1$	$t$	$Y$	$z$	$x$
Сталь	$\leq 0,2$	5,0	0,2	0,7	0,4	11,6	0,2	0,2	0,5	0,4
	$> 0,2$	7,0	0,2	0,5	0,4	11,6	0,2	0,2	0,5	0,4
Чавун	$\leq 0,3$	10,5	0,125	0,55	0,25	16,6	0,125	0,1	0,4	0,25
	$> 0,3$	12,2	0,125	0,4	0,25	16,6	0,125	0,1	0,4	0,25

Таблиця 6

## Стійкість інструменту

Діаметр свердла, мм	8	12	16	20	24	30
Стійкість свердла $T$ , хв	При обробці сталей					
	10	10	12	18	18	30
	При обробці чавунів					
	20	30	40	60		

**Вибір режимів різання при фрезеруванні**

Глибина різання  $t$ , при фрезеруванні, мм:

$$t = P_p.$$

Подача на один зуб, для циліндричної фрези, мм/зуб:

$$S_z = 0,01 \dots 0,1.$$

Подача на один зуб для твердосплавної торцевої фрези, мм/зуб:

$$S_z = 0,02 \dots 1.$$

Подача на один оберт фрези, мм/об:

$$S_0 = S_z \cdot z,$$

де  $z$  – число зубів фрези.

Швидкість різання, м/хв:

$$V = \frac{C_2 \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot z^n \cdot B^z}$$

де  $D$  – зовнішній діаметр фрези;  
 $T$  – стійкість фрези, хв.;  
 $B$  – ширина фрезерування, мм.

Таблиця 7

**Значення величин коефіцієнтів фрезерування**

Матеріал різальної частини фрези	Матеріал, що обробляється	$C_2$	$q$	$m$	$x$	$Y$	$z$	$n$
Швидкорізальна сталь	Сталь	30	0,45	0,33	0,3	0,3	0,1	0,1
	Чавун	31	0,7	0,25	0,5	0,4	0,3	0,3
Твердий сплав	Сталь	330	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1
	Чавун	528	0,2	0,35	0,15	0,35	0,2	0,3

Число обертів фрези, об/хв:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}$$

Подача, мм/хв:

$$S = S_0 \cdot n.$$

**Вибір режимів різання при шліфуванні**

Глибина різання  $t$  при шліфуванні, мм/прохід:

$$t = 0,005 \dots 0,1.$$

Кількість проходів  $i$ , при шліфуванні циліндричної поверхні:

$$i = \frac{h}{2 \cdot t}$$

де  $h$  – припуск на шліфування за діаметром, мм.

Поздовжня подача  $S$ , мм:

$$S = (0,5 \dots 0,8) \cdot B,$$

де  $B$  – ширина шліфувального круга, мм.

Колова швидкість обертання деталі  $V_D$  при чорновому шліфуванні, мм/хв:

$$V_D = 20 \dots 80.$$

Колова швидкість обертання деталі  $V_D$  при чистовому шліфуванні, мм/хв:

$$V_D = 2 \dots 5.$$

Кількість обертів деталі, об/хв:

$$n = \frac{1000 \cdot V_D}{\pi \cdot D}.$$

де  $D$  – діаметр деталі, мм.

## 2.9. Розрахунок технічної норми часу

Основним завданням технічного нормування часу на підприємстві є визначення і встановлення затрат часу (норми часу) для виконання визначеного обсягу роботи для тої, чи іншої операції з виготовлення деталі.

Водночас, продуктивність роботи може вимірюватися як кількістю продукції, яку виготовляє один робітник за певний проміжок часу, так і витратою часу на виконання певного завдання з виготовлення деталі на одиницю продукції.

Таким чином, норма часу є мірою продуктивності роботи.

Зі зменшенням затрат часу на виконання певної роботи з виготовлення деталі, продуктивність роботи підвищується.

Одну і ту саму роботу може виконуватися різними способами:

- за допомогою різних технічних засобів – на різних видах обладнання;

- за допомогою різних пристосувань;
- за допомогою різних видів обробки;
- за допомогою різних вимірювальних інструментів;
- за допомогою різних режимів обробки.

Під час розробки технологічного процесу намагаються так спроектувати процес виготовлення даної деталі, щоб затрати часу на виконання окремих операцій були найменшими за найбільшої продуктивності.

У процесі проектування технологічних процесів потрібно добиватися мінімальних затрат часу не на окремо взятій операції, а на сукупності всіх операцій при виготовленні даної деталі.

Найбільш раціональним варіантом технологічного процесу буде той, що забезпечує найменшу собівартість виготовлення деталі.

Норми часу чи норми вироблення мають бути технічно обґрунтовані і задовольняти таким вимогам:

- технологічний процес передбачає раціональне і повне використання технічних засобів – обладнання, пристроїв, інструменту, механізмів, що беруть участь у роботі;

- режим обробки (швидкість різання, подача) встановлюють відповідним розрахунком з урахуванням попереднього досвіду;

- обслуговування робочого місця має бути безперебійним;

- робоче місце має бути раціонально організоване: обладнане необхідною спеціальною тарою, стелажми, шафами, транспортними засобами, повинна бути забезпечено освітленням, вентиляцією, чистотою та інші умови;

- підготовчі та підсобні функції мають виконуватися у разі економічної доцільності іншими, менш кваліфікованими робітниками з тим, щоб майстер міг всю свою увагу і час приділяти виконанню основного завдання;

- роботу має виконувати майстер, що володіє необхідними знаннями і навичками;

- виконання важких робіт треба механізувати та автоматизувати.

*Нормою часу  $T_H$*  – називається час, який даний на виконання роботи у визначених організаційно-технічних умовах.

Залежно від характеру і тривалості роботи норма часу додається в змінах, годинах, хвилинах чи частках хвилин.

Норма часу може даватися на операцію взагалі і на елементи операції – на перехід, прийом, дію і рух. Робітнику норма часу дається на операцію в цілому.

Технічно обумовлена норма часу часто скорочено називається *технічною нормою часу*.

*Нормою виготовлення  $N$*  називається кількість роботи, що задана на виконання протягом визначеного інтервалу часу.

Норму виготовлення можна виражати в штуках, вагових одиницях, одиницях довжини, площі, або об'єму.

На машинобудівних заводах показником, на основі якого визначають розцінювання роботи, і величиною, що покладена в основу планування виробничого процесу, при масовому виробництві, є норма часу.

Між технічною нормою часу і нормою виготовлення існує зв'язок:

$$T_H = \frac{1}{N}.$$

До складу технічної норми часу також входить штучний час, тобто час, затрачений на виготовлення однієї деталі, та підготовчо-заклучний час, який залежить від кількості деталей.

Підготовчо-заклучний час – це такий час, протягом якого робітник до початку роботи готує все необхідне для виконання завдання і після закінчення роботи приводить до порядку робоче місце.

Характерною особливістю підготовчо-заклучної роботи є те, що вона виконується зазвичай до початку і після закінчення виготовлення заданої партії деталей і не залежить від розміру партії.

Тоді, технічну норму часу можна визначити, хв:

$$T_H = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n},$$

де  $T_{\text{шт}}$  – штучний час,  
 $T_{\text{пз}}$  – підготовчо-заклучний час,  
 $n$  – кількість деталей в партії.

Зі свого боку, штучний час залежить від основного (технологічного) часу, протягом якого відбувається зміна вигляду, форми, стану чи взаємного розміщення предметів праці, що є метою технологічного процесу.

Крім цього, штучний час залежить від допоміжного часу на встановлення і зняття деталей з верстату, пуск і зупинення верстату, підведення і відведення різального інструменту, вимірювання розміру тощо.

Тобто, поєднавши основний і допоміжний час, ми отримуємо час на проведення відповідної операції, хв:

$$T_{\text{оп}} = T_0 + T_{\text{доп}},$$

де  $T_0$  – основний (технологічний) час, хв;

$T_{\text{доп}}$  – допоміжний час, хв.

Основний (технологічний) час – це час, протягом якого відбувається зміна вигляду, форми, стану чи взаємного розміщення предметів праці, що є метою технологічного процесу.

Він залежить від загальної довжини переміщення інструменту, частоти обертання, та подачі інструменту, хв:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i,$$

де  $L$  – загальна довжина переміщення інструменту, мм;

$n$  – частота обертання заготовки (інструменту), об/хв;

$S$  – подача, мм/об;

$i$  – кількість операцій.

Загальна довжина переміщення інструменту залежить від довжини оброблюваної поверхні, якою переміщується інструмент (деталь) у напрямку подачі. Також залежить від довжини врізання інструменту, мм (розраховують за формулами відповідно до геометрії інструмента і глибини різання  $t$ ). Водночас також до її складу входить довжина перебігу інструменту.

Враховуючи цей перелік, можна визначити загальну довжину переміщення інструменту, мм:

$$L = l + l_1 + l_2,$$

де  $l$  – довжина оброблюваної поверхні, якою переміщується інструмент (деталь) в напрямку подачі, мм;

$l_1$  – довжина врізання інструменту, мм;

$l_2$  – довжина перебігу інструменту, мм;

Зазвичай  $l_2 = 2 \dots 5$  мм;

Також необхідно врахувати, що до складу штучного часу входить час на відпочинок і природні потреби, відпочинок та відправлення природних потреб, хв:

$$T_{\text{відп}} = 0,025 \cdot T_{\text{оп}}.$$

Штучний час містить у собі також час на обслуговування робочого місця. Цей час буде затрачений на підтримання робочого місця в стані готовності для виконання заданої роботи.

Враховуючи вище перелічене, можна вирахувати штучний час, хв:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{відп}} + T_{\text{обсл}},$$

де  $T_{\text{обсл}}$  – час на обслуговування робочого місця, хв.

У цьому розділі Ви познайомилися з основним завданням технічного нормування в процесі виготовлення деталі і зможете самостійно проводити визначення часу на виконання необхідних операцій та виготовлення деталі в цілому.

### **3. ВИМОГИ ДО ОКРЕМИХ ЧАСТИН РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ**

#### **3.1. Вимоги до виконання розрахунково-пояснювальної записки**

Обсяг сторінок розрахунково-пояснювальної записки становить 5-10 с. друкованого тексту, на одному боці стандартного аркуша формату А4 (210×297 мм). Записка має містити повний обсяг розрахунків і пояснень до кожної формули; супроводжувати у необхідних випадках розрахункові схеми; опис та обґрунтування прийнятих конструкторських рішень; ескізи етапів розробок деталей або їх скріншот.

Застосовувані в розрахунках формули мають мати експлікації. Використовуючи формули, графіки і таблиці, необхідно давати посилання, на відповідні літературні джерела.

Розрахунково-графічна робота складається з двох частин. Завдання для їх виконання вибирають згідно з дод. 2.

Перша частина розрахунково-графічної роботи полягає у виборі матеріалу, або заготовки для виготовлення заданої деталі. Це залежить від серійності виробництва, методу її виготовлення, або навантажень, які буде передавати дана деталь, працюючи в механізмі.

Для виконання цієї частини роботи необхідно проаналізувати дані з технічного завдання, що видано кожному студенту викладачем відповідно до варіанта, що взятий з дод. 2.

Початок роботи починається з проведення вибору матеріалу, з якого буде виготовлена деталь.

Далі робота переходить до вибору верстатів для виготовлення заданої деталі. При цьому слід врахувати, яке обладнання доцільно використовувати при серійному, а яке при одиничному виготовленні деталі.

Закінчується перша частина розрахунково-графічної роботи розрахунком часу на виготовлення заданої деталі.

Рекомендації щодо оформлення розрахунково-графічної роботи: усі сторінки розрахунково-пояснювальної записки, окрім першої, нумерують;

- обов'язково записують назви всіх етапів розрахунків і вказують назви формул;

- під час оформлення необхідно дотримуватися чіткої послідовності в записах: назва формули – формула – підставлені числа – отриманий результат – проставлена розмірність;

- повністю зроблену розрахунково-графічну роботу необхідно зшити і наділити титульним аркушем встановленого зразку (див. дод. 1);

- у кінці розрахунково-графічної роботи вказують список використаних джерел.

- за списком джерел прикріплюють креслення деталі з проставленими розмірами для її раціонального виготовлення на відповідних верстатах.

Розрахунково-пояснювальну записку роздруковують на форматі А-4. Електронний варіант виконаної роботи відправляють на електронну пошту

викладача, або зберігають на флешці, SD-карті та передають викладачеві для перевірки.

### **3.2. Вимоги до виконання креслення деталі**

Після проведення вибору верстатів для виготовлення деталі наступним кроком необхідно проаналізувати деталь, взяту з дод. 2, стосовно проставляння розмірів відносно баз.

Накреслити цю деталь на форматі А-4, проставити на ній розміри з урахуванням її виготовлення на вибраних верстатах.

Деталь роздруковують на форматі А-4 та вставляють в записку у вигляді додатку. Електронний варіант виконаного креслення відправляють на електронну пошту викладача, або зберігають на флешці, SD-карті та передають викладачеві для перевірки.

### **3.3. Вимоги до розробки 3-D моделі деталі**

Друга частина розрахунково-графічної роботи полягає в розробці 3-D моделі в програмі «Компас 3-D». Тут необхідно побудувати деталь таким чином, щоб її було виготовлено на 3-D принтері з мінімальною витратою філаменту.

Під фразою «мінімальна витрата філаменту» розуміють вміння вибрати положення, за якого буде мінімальна його витрата на підтримувальні елементи. Для цього необхідно на початку виготовлення 3-D моделі правильно вибрати площину, з якої розпочнеться її побудова.

У цій частині роботи відбудеться самостійний вибір матеріалу, філаменту, з якого буде виготовлена деталь за допомогою 3-D принтера.

Цей вибір ґрунтується на фізико-механічних властивостях типу пластику (витримувати певний вид навантажень, масло та бензостійкість, тощо).

Наступний крок у розрахунково-графічній роботі полягає у збереженні її в файлі «STL» формату та переведення її в «G-код» за допомогою слайсеру «Ultimaker Cura».

У слайсері обов'язково необхідно провести налаштування параметрів, що відповідають друку саме цим видом філаменту. А в розрахунково-пояснювальній записці необхідно скласти таблицю, як показано на прикладі (табл. 8), де записати основні вимоги до друку саме цим видом філаменту.

## Режим друку

Матеріал для 3-D друку	Температура екструдера, °С	Температура платформи, °С	Обдув моделі	Швидкість друку, мм/с
<i>PLA</i>	<i>200...220</i>	<i>50...70</i>	<i>Потрібен</i>	<i>30...80</i>

Електронний варіант виконаного завдання відправляють на електронну пошту викладача, або зберігають на флешці, SD-карті та передають викладачеві для перевірки.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Онофрейчук Н.В. Основи обробки та програмування на верстатах з числовим програмним керуванням: навч. посіб. – Львів. «Світ», 2017. – 368 с.
2. Лисенко О.І. Робототехнічні системи та комплекси: конспект лекцій / О.І. Лисенко, О.М Тачиніна. – Київ: НАУ, 2018. – 187 с.
3. Проектування технологічного процесу механічної обробки деталі і пристосування: методичні вказівки / уклад.: О.І. Толочин, Г.М. Похиленко. – Київ: НУБІП, 2017. – 55 с.
4. Киркач Н.Ф. Расчет и проектирование деталей машин: учебное пособие / Н.Ф. Киркач, Р.А. Баласанян; 3-е изд. – Харьков: Основа, 1991. – 276 с.
5. Гузенков П.Г. Детали машин: учебное пособие; 4-е изд. – М.: Высш. шк., 1986. – 359 с.
6. Самохвалов Я.А. Справочник техника-конструктора / Я.А. Самохвалов, М.Я. Левицкий, В.Д. Григораш; 3-е изд. – К.: Техника, 1978. – 591 с.
7. Детали машин. Атлас конструкций / Под ред. Д.Н.Решетова; 4-е изд. – М.: Машиностроение, 1979. – 367 с.

## ДОДАТКИ

*Додаток 1*

### **Зразок оформлення титульного аркуша розрахунково-пояснювальної записки**

*МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ*

*КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ*

*Факультет автоматизації і інформаційних технологій*

*Кафедра професійної освіти*

РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО  
РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ

*«ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ ТА ВЕРСТАТНЕ  
ОБЛАДНАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА»*

на тему:

.....

Автор розрахунково-графічної роботи:  
студент ..... групи ..... курсу

.....

(ім'я та прізвище)

Керівник.....

(ім'я та прізвище)

Київ 20... р.

## Варіанти завдань на РГР

Завдання на РГР з технології машинобудування							ТМВОАВ-1			
Розробити технологію виготовлення деталі типу «вал»										
<b>Варіант</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Випуск, штук</b>	1	10	100	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	2	5	10 <sup>7</sup>
<b>Марка сталі</b>	45	40	20X		18X2H4A		Ст 6		18ХГТ	
<b>Довжина, мм</b>										
$l_1$	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
$l_2$	20	25	30	35	40	45	50	35	40	45
$l_3$	26	30	40	45	48	55	60	42	50	56
$l_4$	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15
$l_5$	17	19	21	21	23	25	28	21	23	23
$L$	130	145	170	200	230	240	250	210	235	245
<b>Діаметр, мм</b>										
$d_1$	16	20	20	28	30	32	36	24	26	30
$d_2$	18	24	28	34	38	44	48	32	44	44
$d_3$	20	25	30	35	40	45	50	35	40	45
$d_4$	26	30	40	45	48	55	60	42	50	56
$d_{MAX}$	34	38	50	55	60	65	70	56	60	68
<b>Матеріал для виготовлення 3-D моделі</b>										
<b>Філамент</b>	PET	PC	PA12	ASA	PBT	ABS/PC	PP	ABS		

Завдання на РГР з технології машинобудування							ТМВОАВ-2			
Розробити технологію виготовлення деталі типу «вал»										
<b>Варіант</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Випуск, штук</b>	100	1	10	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	200	500	10 <sup>7</sup>
<b>Марка сталі</b>	40	45	Ст 6		18 ХГТ		20Х		18Х2Н4А	
<b>Довжина, мм</b>										
$l_1$	20	22	25	28	30	32	35	40	45	50
$l_2$	17	21	23	17	21	23	17	21	23	17
$l_3$	23	17	21	23	17	21	23	17	21	23
$l_4$	16	18	20	22	25	28	30	32	35	40
$L$	90	98	100	105	108	110	115	150	160	168
<b>Діаметр, мм</b>										
$d_1$	20	25	25	35	40	40	30	30	35	18
$d_2$	25	30	35	40	45	50	35	40	45	20
$d_3$	20	20	30	35	30	45	25	35	42	16
$d_{MAX}$	35	40	45	50	55	60	42	58	60	30
<b>Матеріал для виготовлення 3-D моделі</b>										
<b>Філамент</b>	PC	PET	ABS/PC	PBT	ASA	PA12	ABS	PP		

Завдання на РГР з технології машинобудування							ТМВОАВ-3			
Розробити технологію виготовлення деталі типу «вал»										
<b>Варіант</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Випуск, штук</b>	5	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10	100	1	10 <sup>7</sup>	2	10 <sup>6</sup>
<b>Марка сталі</b>	18Х2Н4А		18ХГТ		Ст 6		20Х		40	45
<b>Довжина, мм</b>										
$l_1$	19	21	17	23	23	21	19	17	19	21
$l_2$	40	55	45	35	28	30	32	40	45	50
$l_3$	19	21	17	23	23	21	19	17	19	21
$l_4$	21	17	23	23	21	19	17	19	21	19
$l_5$	30	30	30	28	20	18	25	30	30	38
$L$	190	180	170	160	200	155	175	185	165	195
<b>Діаметр, мм</b>										
$d_1$	35	50	40	30	25	25	30	35	40	40
$d_2$	40	55	45	35	28	30	32	40	45	50
$d_3$	45	60	50	40	30	35	35	44	50	50
$d_4$	30	30	30	28	20	18	25	30	30	38
$d_{MAX}$	55	70	60	50	40	45	45	55	60	70
<b>Матеріал для виготовлення 3-D моделі</b>										
<b>Філамент</b>	PBT	PC	PA12	ASA	PET	ABS/PC	PP	ABS		

Завдання на РГР з технології машинобудування							ТМВОАВ-4			
Розробити технологію виготовлення деталі типу «ручка-віддушина»										
<p style="text-align: center;">Накатка сітчаста 0,8 ДСТУ 26016</p>										
<b>Варіант</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Випуск, штук</b>	5	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10	100	1	10 <sup>7</sup>	2	10 <sup>6</sup>
<b>Марка сталі</b>	Ст. 0		Ст. 3		Ст. 2		Ст. 1		Ст. 4	
<b>Довжина, мм</b>										
$l_1$	19	29	22	23	23	24	26	28	21	29
$l_2$	24	35	26	28	29	27	33	34	25	34
$l_3$	4	7	6	5	4	6	7	8	5	8
$l_4$	12	22	18	16	12	18	22	24	16	24
$l_5$	5	6	4	5	6	3	7	6	4	5
$l_6$	8	12	9	10	11	12	8	10	9	12
$L$	33	54	43	41	37	45	51	56	39	57
<b>Діаметр, мм</b>										
$d_1$	4	7	6	5	4	6	7	8	5	8
$d_2$	10	16	14	12	12	16	14	16	14	18
$d_3$	20	26	24	22	22	26	24	26	24	28
$d_4$	4	7	6	5	4	6	7	8	5	8
$d_5$	12	21	18	15	12	18	21	24	15	24
$d_{MAX}$	30	36	34	32	36	38	40	42	44	48
<b>Матеріал для виготовлення 3-D моделі</b>										
<b>Філамент</b>	ABS	ASA	PC	PA12	PET	PBT	ABS/PC	PP		

Завдання на РГР з технології машинобудування							ТМВОАВ-5			
Розробити технологію виготовлення деталі типу «вал»										
<b>Варіант</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Випуск, штук</b>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10	100	1	10 <sup>7</sup>	2	10 <sup>6</sup>	5	10 <sup>3</sup>
<b>Марка сталі</b>	Ст 6		20X		18X2H4A		45	40	18XГТ	
<b>Довжина, мм</b>										
$l_1$	23	21	19	23	21	19	23	21	19	25
$l_2$	35	65	60	55	50	45	40	35	40	45
$l_3$	40	70	75	65	60	55	50	45	40	35
$l_4$	28	25	23	21	19	28	25	23	21	19
$L$										
<b>Діаметр, мм</b>										
$d_1$	25	55	50	45	40	35	30	25	30	35
$d_2$	35	65	60	55	50	45	40	35	40	45
$d_3$	40	70	75	65	60	55	50	45	40	35
$d_4$	30	60	55	55	50	45	40	35	30	25
$d_{MAX}$	50	80	90	80	80	60	50	55	50	60
<b>Матеріал для виготовлення 3-D моделі</b>										
<b>Філамент</b>	PP	ABS	PET	PC	PA12	ASA	PBT	ABS/PC		

Завдання на РГР з технології машинобудування							ТМВОАВ-6			
Розробити технологію виготовлення деталі типу «вал»										
<b>Варіант</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Випуск, штук</b>	5	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10	100	1	10 <sup>7</sup>	2	10 <sup>6</sup>
<b>Марка сталі</b>	20Х	18Х2Н4А			45	40		18ХГТ		Ст 6
<b>Довжина, мм</b>										
<i>l</i> <sub>1</sub>	30	40	45	50	55	45	40	35	25	55
<i>l</i> <sub>2</sub>	35	48	55	60	70	60	50	50	35	80
<i>l</i> <sub>3</sub>	25	20	24	23	22	21	25	26	30	22
<i>l</i> <sub>4</sub>	28	38	44	48	54	44	39	34	24	54
<i>l</i> <sub>5</sub>	5	6	7	8	9	10	15	20	18	16
<i>l</i> <sub>6</sub>	20	18	16	15	10	9	8	7	6	5
<i>l</i> <sub>7</sub>	36	40	50	60	75	50	48	40	32	70
<i>L</i>	200	230	260	285	315	255	245	235	190	325
<b>Діаметр, мм</b>										
<i>d</i> <sub>1</sub>	30	40	45	50	55	45	40	35	25	55
<i>d</i> <sub>2</sub>	50	60	70	80	90	85	75	65	55	100
<i>d</i> <sub>3</sub>	35	48	55	60	70	60	50	50	35	80
<i>d</i> <sub>4</sub>	30	40	45	50	55	45	40	35	25	55
<i>d</i> <sub>5</sub>	25	30	35	40	45	35	30	25	20	40
<i>d</i> <sub>6</sub>	28	38	44	48	54	44	39	34	24	54
<i>d</i> <sub>7</sub>	25	35	40	45	50	40	36	32	24	50
<i>d</i> <sub>8</sub>	20	25	30	35	40	35	30	25	20	45
<i>d</i> <sub>9</sub>	18	20	25	30	35	25	25	20	16	35
<b>Матеріал для виготовлення 3-D моделі</b>										
<b>Філамент</b>	ABS/PC	PP	ABS	PET	PC	PA12	ASA	PBT		

Навчально-методичне видання

**ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ  
ТА ВЕРСТАТНЕ ОБЛАДНАННЯ  
АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА  
(МОДУЛЬ 1)**

Методичні вказівки та завдання  
до виконання розрахунково-графічної роботи  
для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка»  
освітньої програми «Інженерія логістичних систем»

Укладачі: **КОРНІЙЧУК** Борис Валерійович,  
**СВІДЕРСЬКИЙ** Анатолій Тофільович,  
**ШАЛЕНКО** Вадим Олегович

Випусковий редактор *В.С. Сасько*  
Комп'ютерне верстання *Д.М. Ніколаєвич*

Підписано до друку 07.04.2023. Формат 60x84<sub>1/16</sub>  
Ум. друк. арк. 2,32. Обл.-вид. арк. 2,5.  
Електронний документ. Вид. № 34/III-23

Видавець і виготовлювач:  
Київський національний університет будівництва і архітектури  
Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів  
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.