

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

Факультет транспорту та механічної інженерії

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ
ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

**ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ З РОЗРОБКОЮ ТЕХНОЛОГІЧНОГО
ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «ВТУЛКА» 461.020.03**

спеціальність 131 Прикладна механіка
освітня програма Прикладна механіка

Виконав: здобувач вищої освіти
Групи ІМ-41
Корнійчук Захар Олегович

(підпис)

Керівник:
К.т.н., доцент
Гулієва Наталія Михайлівна

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 20__ р.
К.т.н., доцент
Гарант освітньої програми:
Божко Тетяна Євгенівна

(підпис)

Луцьк – 2025 року

					011Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		1

Креслення деталі – 1 лист (ф.А2), Креслення заготовки – 1 лист (ф.А2), КН – 1 лист (ф.А1), складальне креслення верстатного пристрою – 1 лист (ф.А1), складальне креслення контрольного пристрою – 1 лист (ф.А2), план ділянки – 1 лист (ф.А3), ружучий інструмент – 1 лист (ф.А3).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 04.02.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Загальна частина	18.02.2025р.	
2.	Технологічна частина	24.03.2025р.	
3.	Конструкторська частина	14.04.2025р.	
4.	Проектування механічної ділянки	12.05.2025р.	
5.	Висновки та пропозиції	18.05.2025р.	
6.	Формування списку використаних джерел	26.05.2025р.	
7.	Формування додатків	26.05.2025р.	
8.	Оформлення ілюстративного матеріалу	26.05.2025р.	
9.	Нормоконтроль	02.06.2025р.	
10.	Інструментальна перевірка на академічний плагіат	02.06.2025р.	
11.	Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту	18.06.2025р.	

Здобувач вищої освіти _____ Корнійчук З.О.

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Гулієва Н.М.

						011Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата			3

АНОТАЦІЯ

Корнійчук З.О. Проектування ділянки з розробкою технологічного процесу механічної обробки деталі «Втулка» 461.020.03. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, 4 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, додатків.

У роботі досліджено нові технології та обладнання для оптимізації процесу механічної обробки корпусу. Цей процес є важливим етапом в виробничому процесі при виготовленні різної продукції із металу, пластику, скла тощо.

У дослідженні розглядаються різні методи та підходи для забезпечення якісного та ефективного процесу механічної обробки корпусу, такі як: використання новітньої техніки, розробка нових інструментів і матеріалів для обробки, вдосконалення методів контролю за процесом обробки та інші.

Результатом даного дослідження буде розробка новітніх технологій та обладнання, що дозволять значно поліпшити якість та продуктивність процесу механічної обробки корпусу.

Ключові слова: механічна обробка, технологічний процес, проектування, ділянка, інструмент, обладнання.

					011Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		4

ABSTRACT

Korniychuk Z.O. Design of the section with the development of the technological process of mechanical processing of the part "Bush" 461.020.03. Manuscript.

Bachelor's qualification work of OP "Applied Mechanics" specialty 131 Applied Mechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

The bachelor's qualification work consists of an introduction, 4 chapters, general conclusions, a list of used sources, and appendices.

The work examines new technologies and equipment for optimizing the process of mechanical processing of the case. This process is an important stage in the production process in the manufacture of various products from metal, plastic, glass, etc.

The research examines various methods and approaches to ensure a high-quality and efficient process of mechanical processing of the hull, such as: use of the latest technology, development of new tools and materials for processing, improvement of methods of control over the processing process, and others.

The result of this research will be the development of the latest technologies and equipment, which will allow to significantly improve the quality and productivity of the process of mechanical processing of the hull.

Keywords: mechanical processing, technological process, design, site, tool, equipment.

					011Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		5

ВСТУП

Машинобудування є однією з провідних галузей промисловості, продукція якої відіграє ключову роль у впровадженні досягнень науково-технічного прогресу в усі сфери господарської діяльності.

Ця галузь забезпечує народне господарство різним обладнанням: верстатами, транспортними засобами, сільськогосподарськими машинами, екскаваторами, генераторами для електростанцій і технологічним устаткуванням для промислових підприємств. Таким чином, машинобудування сприяє розвитку всіх інших галузей економіки та зміцненню економічної незалежності держави.

Структура машинобудівної галузі динамічно змінюється: протягом останніх десятиліть з'явилися нові напрями, пов'язані з виробництвом засобів автоматизації, електронного та телемеханічного обладнання, космічної техніки, устаткування для атомної енергетики, реактивної авіації тощо. Щороку машинобудівні підприємства випускають сотні нових типів машин та приладів.

Сучасне машинобудування охоплює безпосередньо машинобудівну діяльність та металообробку, які включають десятки галузей і підгалузей, що мають спільність у технологіях і використовуваній сировині. До складу галузі також входить так звана «мала» металургія – виробництво сталі та прокату безпосередньо на машинобудівних підприємствах.

Метою виконання випускної роботи бакалавра є розвиток навичок самостійної роботи, закріплення знань, отриманих під час навчання, а також самостійне вирішення технологічних і економічних задач, що виникають при проектуванні процесів механічної обробки.

У роботі розглянуто значення наукової організації праці, підвищення ефективності технологій з урахуванням сучасних науково-технічних досягнень, а також способи раціонального використання робочого часу. Зокрема, в технологічному процесі виготовлення деталі «Втулка» 461.020.03 передбачено використання верстатів із числовим програмним керуванням (ЧПК).

					011Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		7

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Службове призначення і характеристика об'єкта виробництва, аналіз технічних умов на деталь

Деталь «Втулка» 461.020.03 забезпечує закріплення кінця валу та запобігає забрудненню підшипників.

Деталь буде виготовлена зі сталі 45 ДСТУ 7809:2015 [1]. Ескіз даної деталі наведено на рис. 1.1.

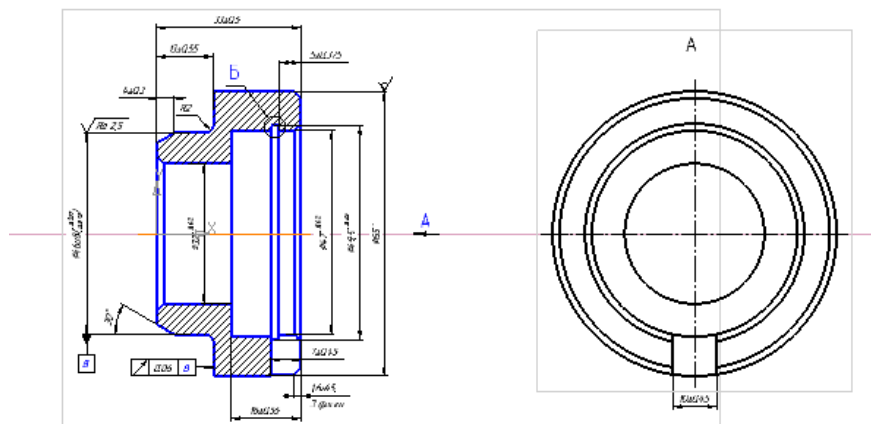


Рисунок 1.1 – Втулка

Хімічні і механічні властивості деталі наведені у таблиці 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 45 ДСТУ 7809:2015, %

C	Si	Mn	Cr, не більше
0,42 – 0,50	0,17 – 0,37	0,50 – 0,80	0,25

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 45 ДСТУ 7809:2015, %

Границя плинності, σ_T Н/мм ² (кгс/мм ²)	Тимчасовий опір, σ_s , Н/мм ² (кгс/мм ²)	Відносне видовження, δ_5 МПа	Відносне звуження ψ , %
355 (36)	600 (61)	16	40

					011Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	8	

Сталь 45 – це якісна вуглецева конструкційна сталь. Дана марка сталі добре обробляється. Вона піддається термообробці → покращенню → гартуванню з наступним відпуском, яка підвищує межу міцності й покращує обробні властивості матеріалу.

1.2 Вибір методу одержання заготовки

Правильно вибрати заготовку це вибрати раціональний метод її отримання, встановити припуски на механічну обробку кожної оброблюваної поверхні, розрахувати розміри заготовки і визначити допуски неточності її виготовлення, визначити відхилення і технічні умови виробництва заготовки. Доцільність і економічна ефективність того чи іншого виду заготовки залежить від багатьох чинників і в першу чергу від серійності виробництва.

З огляду на технологічні властивості матеріалу, конструктивні форми і розміри деталі, величину програми запуску вибрали метод формоутворення заготовки – гаряче об'ємне штампування на пресах.

Припуски на механічну обробку і допуски на виготовлення штамповок регламентовані ДСТУ 9182:2022 і залежать від маси заготовки, точності виготовлення, групи сталі, ступеня складності, вихідного індексу, розмірів і шорсткості оброблюваних поверхонь [2].

Розрахункова маса штамповки:

$$M_{шт.} = M_{д.} \times K_p, \quad (1.1)$$

де $M_{д.}$ – маса деталі, $M_{д.} = 0,2$ кг,

K_p – розрахунковий коефіцієнт $K_p = 1,3 - 1,7$,

$$M_{шт.} = 0,2 \times 1,4 = 0,3 \text{ кг.}$$

Звертаючи увагу на те, що штамповку будемо отримувати на пресах, визначаємо клас точності Т4 за таблицею 1.3. За змістом вуглецю група сталі становить 0,45 % та легуючі елементи М2.

Ступінь складності становить:

					011Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		9

1.3 Вибір методу обробки поверхонь

Вибір методу обробки поверхонь заготовки визначається рядом чинників, серед яких – призначення деталі, функції окремих поверхонь, а також вимоги до точності, шорсткості та геометричної форми. Процес обробки поверхонь зазвичай складається з кількох етапів, кожен з яких передбачає свій метод обробки – від чорнової до чистової [3].

До технічних вимог належить точність взаємного розташування поверхонь, зокрема, торцеве биття поверхні $\phi 46u8/\phi 65$ щодо $\phi 46u8$ не повинно перевищувати 0,06 мм.

Основними конструктивними базами, що визначають просторове положення деталі у складі вузла, є поверхня $\phi 46u8$ і торець $\phi 46u8/\phi 65$. Ці ж поверхні використовуються як технологічні бази.

Втулка має жорстку конструкцію, зручні базові поверхні і не створює суттєвих труднощів у процесі обробки. Її проста геометрія, жорсткість, надійність технологічного базування та стабільність кріплення сприяють високій точності обробки. Завдяки цьому можливе використання високопродуктивного обладнання, наприклад, верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК).

Простота геометрії дозволяє ефективно та точно обробляти деталь за допомогою базових відносних рухів інструмента і заготовки – поступальних, прямолінійних та обертальних.

Конструкція деталі відповідає нормалізованим розмірам діаметрів і довжин, регламентованим стандартами, переважно з ряду Ra5, Ra10.

Поверхні, які не впливають на експлуатаційні характеристики виробу, для прикладу $\phi 47$, мають допуски у межах IT13 – IT14. Це дозволяє виконувати їх обробку на чорновому або напівчистовому етапах, що є економічно вигідно.

Головна поверхня $\phi 48u8$ повинна мати точніші допуски через умови експлуатації, однак їх можливо досягти звичайним чистовим точінням у межах економічної точності.

					011Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		13

Шорсткість поверхонь, що не є функціональними, встановлена переважно з декоративною метою і знаходиться в діапазоні (6,3) згідно з ДСТУ 2413-94 [4].

Комбінація поверхонь з різними класами точності та шорсткості не потребує застосування спеціальних інструментів, а конфігурація деталі дозволяє легко підводити і відводити ріжучий інструмент.

1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва

1. Річну програму випуску виробів в умовах ринкової економіки можна представити за такою формулою:

$$N_{зан.} = N_{вип.} \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{100} + \frac{\beta}{100} + \frac{\gamma}{100}\right), \quad (1.11)$$

де $\alpha = 3 \dots 5$ – % браку;

$\beta = 2 \dots 10$ – % незавершеного виробництва;

$\gamma = 2 \dots 10$ – % запасних частин;

$N_{вип.} = 50000$ шт.

На попередньому етапі розробки технологічного процесу, базуючись на програмі випуску, встановлено, що тип виробництва відповідає великосерійному, тобто кількість одиниць продукції в партії становить від 1 до 10 згідно з ДСТУ 2391:2010 [5].

Серійне виробництво машин, механізмів та їхніх деталей передбачає періодичне виготовлення однакових партій продукції за незмінною конструкторською документацією протягом тривалого часу. Виробничий процес організовується партіями.

Визначається основний час на кожен технологічний перехід. Для кожної операції основний час розраховується як сума тривалості всіх переходів, що до неї входять.

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою:

$$T_{ш.-к.} = T_o \times \varphi_k \quad (1.12)$$

					011Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Заокруглюємо m_p до цілого числа й отримаємо P – кількість робочих місць.

010

$$m_p = \frac{50000 \cdot 0,303}{60 \cdot 3975 \cdot 0,7} = 0,091; \quad P = 1,$$

015

$$m_p = \frac{50000 \cdot 1,416}{60 \cdot 3975 \cdot 0,7} = 0,424; \quad P = 1,$$

020

$$m_p = \frac{50000 \cdot 0,197}{60 \cdot 3975 \cdot 0,7} = 0,059; \quad P = 1;$$

025

$$m_p = \frac{50000 \cdot 0,296}{60 \cdot 3975 \cdot 0,7} = 0,089. \quad P = 1.$$

4. Коефіцієнт $\eta_{з.о.}$ завантаження технологічного обладнання:

$$\eta_{з.о.} = \frac{m_p}{P}. \quad (1.14)$$

Для завантаження обладнання фактичного, необхідно виконати умову

$$\eta_{з.ф.} < \eta_{з.о.}$$

010

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,091}{1} = 0,091;$$

015

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,424}{1} = 0,424;$$

020

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,059}{1} = 0,059;$$

025

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,089}{1} = 0,089.$$

					011Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		17

$$197 > 286 \cdot 0,6 = 172 \text{шт.}$$

Для нашого технологічного процесу будемо застосовувати потокову форму виробництва.

					011Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		20

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз технологічності конструкції деталі

Аналіз конструкції на технологічність – це сукупність заходів, що мають на меті вирішення інженерних та виробничих задач, спрямованих на підвищення продуктивності, зменшення витрат і скорочення часу виготовлення при забезпеченні необхідного рівня якості [6].

Оцінювання технологічності деталі здійснюється за двома критеріями: якісним та кількісним.

Якісна оцінка технологічності.

Втулка виготовляється зі сталі 45 методом штампування. Вона має відповідати вимогам високої міцності, пластичності, в'язкості, а також достатньої поверхневої твердості, оскільки працює в умовах ударних навантажень і при підвищених температурах.

До конструктивних вимог належать: точність діаметрів, концентричність внутрішніх та зовнішніх робочих поверхонь, а також паралельність і перпендикулярність торців відносно основної осі деталі.

Деталь має зручні базові поверхні для виконання первинних технологічних операцій. Через невисокі вимоги до точності та шорсткості більшості поверхонь обробка може виконуватись за один прохід, що дозволяє використовувати стандартне або нескладне оснащення. Осі отворів розміщено таким чином, що вони паралельні або перпендикулярні до основної площини, що сприяє зручній обробці та складанню. Розміщення отворів під кріплення дозволяє застосовувати багатоінструментальну обробку. Контроль якості може здійснюватися за допомогою простих вимірювальних приладів та схем.

Загалом, на основі якісних показників можна зробити висновок, що втулка є технологічною деталлю.

Кількісна оцінка технологічності.

					011Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		21

2.3 Визначення допусків на технологічні розміри і розрахунок припусків

Визначення допусків на технологічні розміри та обчислення припусків здійснюється аналітичним методом відповідно до методики [8] для поверхні з діаметром $47H10^{+0,62}$.

Обробка цієї поверхні включає два етапи: чорнове та чистове точіння.

На основі розробленого маршрутного технологічного процесу записуємо послідовність технологічних операцій для обробки поверхонь.

Мінімальний двосторонній припуск при обробці зовнішніх і внутрішніх поверхонь визначається за формулою (2.6):

$$2Z_{i\min} = 2((R_Z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma_{i-1}} + \varepsilon_i}) \quad (2.6)$$

де $R_{Z_{i-1}}$ – висота нерівностей профілю після попереднього переходу;

h_{i-1} – глибина дефектного шару після попереднього переходу;

$\Delta_{\Sigma_{(i-1)}}$ – сумарні відхилення положення поверхні;

ε_i — похибка установки заготовки під час виконання переходу.

Значення $R_{Z_{i-1}}$ та h_{i-1} для кожного етапу визначаються за довідковими таблицями:

Після штампування: $R_Z = 300$ мкм, $h = 300$ мкм;

Після чорнового точіння: $R_Z = 100$ мкм, $h = 100$ мкм;

Після чистового точіння: $R_Z = 25$ мкм, $h = 25$ мкм.

Сумарні просторові похибки (відхилення від площинності) обчислюються за відповідними методами.

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{кор.}^2 + \Delta_{зм.}^2} \quad (2.7)$$

де $\Delta_{кор.} = \Delta_K \times L$ – викривлення деталей, мкм;

L – довжина (240 мм).

$$\Delta_{кор.} = 0,8 \times 14 = 11,2 \text{ мкм,}$$

$$\Delta_{зм.} = 1,5 \text{ – зміщення основи.}$$

Тоді маємо:

					011Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

– для заготовки:

$$d_p = 45 - 2,4 = 42,6 \text{ мм} .$$

Найменші граничні розміри Ø47H10 обчислюємо відніманням допуску від округлено найменшого граничного розміру.

– для чистового точіння:

$$d_{\min} = 45,6 - 0,7 = 44,9 \text{ мм} ,$$

– для чорнового точіння діаметру:

$$d_{\min} = 46 - 2,8 = 43,2 \text{ мм} ,$$

– для заготовки:

$$d_{\min} = 44 - 1,8 = 42,2 \text{ мм} .$$

Результати розрахунку припусків на поверхню корпусу діаметром 47H10^{+0,62} наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Результати розрахунку припусків

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм			Розрахунковий припуск 2Z _{min} , мкм	Розрахунковий розмір D _p , мм	Допуск на розмір D, мкм	Максимально допустимий розмір, мм		Максимально допустиме значення припусків, мкм	
	Rz	h	ρ				D _{min}	D _{max}	2Z _{maxΠ} P	2Z _{min} ΠP
Заготовка	300	16800	-	-			42,1		-	-
1-й перехід	100						42,3			3960
2-й перехід					47,62	700	46,3	47,62		
Загальний припуск										

Операційний час:

$$T_{оп} = T_o + T_{доп}, \quad (2.17)$$

$$T_{оп} = 0,038 + 1,22 = 1,258 \text{ хв.}$$

Штучний час:

$$T_{шт} = T_{оп} \cdot \left(1 + \frac{t_{обс}}{100}\right), \quad (2.18)$$

де $t_{обс.} = 7\%$ від операційного часу на обслуговування робочого місця працівника та власні потреби.

$$T_{шт.} = 1,258 \cdot \left(1 + \frac{7}{100}\right) = 1,108 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заклучний час:

$$T_{п.-з.} = T_{п.-з1} + T_{п.-з2} \quad (2.19)$$

де $T_{п.-з1} = 15 \text{ хв.}$ – час на комплекс прийомів, пов'язаних із загальною підготовкою до роботи;

$T_{п.-з2} = 8 \text{ хв.}$ – час на виконання додаткових заходів.

$$T_{п.-з} = 15 + 8 = 23 \text{ хв.}$$

					011Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Проектування верстатного пристрою

Затискні механізми, що входять до складу пристосувань, призначені для надійного фіксування й подальшого розтискання деталей, які піддаються обробці на верстатах [12]. Вони повинні забезпечувати збереження положення деталі при її закріпленні, не допускаючи зсувів під час обробки. Заготовка в процесі роботи має залишатися в надійному положенні відносно опорних елементів.

Щоб забезпечити таку надійність, необхідно забезпечити міцне кріплення деталі в пристосуванні, дотримуючись таких ключових вимог:

- положення заготовки, встановлене під час базування, повинно зберігатися протягом усієї обробки;
- кріплення має бути міцним і безпечним;
- деформація або пошкодження поверхні заготовки при затисканні повинні бути мінімальними й не виходити за межі допустимих значень.

Силу затиску, яку забезпечує механізований затискний пристрій з пневматичним приводом, можна визначити за формулою:

$$Q = \frac{W \cdot (l + h \times f + r \times f_0)}{l_1 - h_1 \times f_1 - r \times f_0}, \quad (3.1)$$

де W – сила затиску, $W = 650 \text{ Н}$;

$l = 64 \text{ мм}$;

$h = 64 \text{ мм}$;

$f = f_0 = f_1 = 0,095$;

$r = 34 \text{ мм}$;

$l_1 = 143 \text{ мм}$;

$h_1 = 56 \text{ мм}$.

$$Q = \frac{650 \times (64 + 64 \times 0,095 + 34 \times 0,095)}{143 - 56 \times 0,095 - 34 \times 0,095} \approx 354 \text{ Н}$$

Затискним пристроєм є пневмоциліндр двосторонньої дії рис. 3.1.

					011Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		35

3.2 Проектування контрольного пристрою

Розрахунок точності роботи контрольного пристрою. Точність функціонування контрольного пристрою визначається точністю вимірювальних головок, штативів та опорних плит, на яких встановлюється деталь [15]. Через дуже низьку шорсткість опорної плити похибкою її впливу на результат можна знехтувати.

У такому випадку загальна похибка вимірювання визначається за формулою:

$$\varepsilon_B = \sqrt{\varepsilon_r^2 + \varepsilon_{ш}^2}, \quad (3.9)$$

$\varepsilon_r = 0,001 \text{ мм}$ – похибка вимірювальної головки;

$\varepsilon_{ш} = 0,004 \text{ мм}$ – похибка штативів.

$$\varepsilon_B = \sqrt{0,001^2 + 0,004^2} = 0,004 \text{ мм.}$$

Таким чином, отримана похибка вимірювання є незначною та не впливає на точність кінцевого результату вимірювального процесу.

Загальна конструкція контрольного пристрою та принцип його роботи. Контрольний пристрій призначений для перевірки відповідності торця деталі допуску на перпендикулярність відносно осі отвору. Його конструкція складається з корпусу 1, до якого за допомогою гайок 15 кріпиться стійка 4. Стійка з'єднана зі штативом 5, на якому розміщується індикатор 9.

Базування деталі здійснюється через установочний палець. Фіксація деталі відбувається завдяки пневмокамері 3, в яку через підвід 8 подається стиснене повітря. Робочий тиск у пневмокамері становить 0,4 МПа.

Під час контролю перпендикулярності торцевої поверхні відносно осі отвору, деталь обертається завдяки встановленню її на кулькових радіальних підшипниках 19. Відстань між вимірювальною головкою індикатора та контрольованою поверхнею регулюється за допомогою гвинта 12.

Ціна поділки індикатора становить 0,001 мм. При цьому допустиме відхилення контрольованого параметра не повинно перевищувати 0,02 мм.

					011Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		40

3.3 Розрахунок спеціального ріжучого інструменту

Для виконання фрезерування зубців використовується цільна фреза зі спеціальною геометрією. Застосування спеціалізованого інструменту дозволяє зменшити тривалість обробки та підвищити точність виготовлення отворів [16].

Визначення конструктивних елементів та геометричних параметрів фрези:

– матеріал ріжучої частини: швидкорізальна сталь Р6М53.

– тип фрези: цільна, клас точності – В.

– зовнішній діаметр фрези: $d_a = 80$ мм.

Визначення числа зубів фрези:

Число зубів розраховується за залежністю:

$$z_o = 1,3(360^\circ / \varphi), \quad (3.10)$$

де

$$\cos \varphi = (d_a - 2 \cdot h_o) / d_a, \quad (3.11)$$

h_o – довжина зуба фрези;

$$h_o = h_{aO} + h_{fO}, \quad (3.12)$$

де h_{aO} – довжина головки зуба фрези:

$$h_{aO} = 1,25 \cdot m_n, \quad (3.13)$$

$$h_{aO} = 1,25 \cdot 2,5 = 3,25 \text{ мм},$$

h_{fO} – довжина ніжки зуба фрези:

$$h_{fO} = 1,25 \cdot m_n, \quad (3.14)$$

$$h_{fO} = 1,25 \cdot 2,5 = 3,25 \text{ мм},$$

$$h_o = 3,25 + 3,25 = 6,5 \text{ мм},$$

$$\cos \varphi = (80 - 2 \cdot 6,5) / 80 = 0,74,$$

$$\varphi = 42^\circ,$$

$$z_o = 1,3(360^\circ / 42) = 10,14.$$

Приймаємо $z_o = 10$.

					011Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$d_e = 32 + 1 = 33 \text{ мм.}$$

– довжина шліфувальної частини отвору з кожного боку:

$$l_1 = (0,2...0,3) \cdot L, \quad (3.26)$$

$$l_1 = 0,25 \cdot 100 = 25 \text{ мм,}$$

– діаметр початкової поверхні для фрези:

$$d = d_a - 2 \cdot h_{a0} - (0,25...0,3) \cdot K, \quad (3.27)$$

$$d = 80 - 2 \cdot 3,25 - 0,3 \cdot 5 = 70,5 \text{ мм,}$$

– кут підйому витків фрези:

$$\sin \gamma_{m0} = n_0 \cdot m_{n0} / d, \quad (3.28)$$

де n_0 – число проходів фрези, $n_0 = 1$,

$$\sin \gamma_{m0} = 1 \cdot 2,5 / 70,5 = 0,04,$$

$$\gamma_{m0} = 2^\circ 2'.$$

					011Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		44

РОЗДІЛ 4 ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ

4.1 Уточнення типу виробництва

На основі фактичної трудомісткості виконується уточнення типу виробництва [18]. Далі визначається розрахункова кількість обладнання, необхідного для виконання кожної технологічної операції за формулою:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{ш-к}}{60 \cdot F_0 \cdot \eta_{з.н.}}, \quad (4.1)$$

де N – річна програма випуску продукції, шт.;

$T_{ш-к}$ – штучно-калькуляційний час на одну деталь, год;

F_0 – дійсний річний фонд часу роботи обладнання (приймається рівним 3935 год);

$\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання.

Результат розрахунку округлюється у більший бік до найближчого цілого числа, що дає кількість необхідних робочих місць – позначається як P .

$$m_p = \frac{50000 \cdot 0,303}{60 \cdot 3935 \cdot 0,75} = 0,086; \quad P = 1;$$

Розраховуємо коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m}{P}. \quad (4.2)$$

Якщо $\eta_{з.ф.} > \eta_{з.н.}$, то необхідно збільшувати P для виконання умови $\eta_{з.ф.} < \eta_{з.н.}$.

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,086}{1} = 0,086.$$

Розраховуємо кількість операцій, які виконуються на цьому обладнанні:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}. \quad (4.3)$$

					011Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		45

$$O = \frac{0,75}{0,086} = 8,72.$$

Розрахунок докладно виконується для операції 005, а дані для інших операцій зведені у таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Визначення кількості верстатів та операцій

Операція	$T_{ш-к}$	m_p	P	$\eta_{з.ф.}$	O
010	0,303	0,086	1	0,086	8,72
015	1,416	0,4	1	0,4	1,88
020	0,197	0,056	1	0,056	13,39
025	0,296	0,084	1	0,084	8,93

$$\sum O = 8,72 + 1,88 + 13,39 + 8,93 = 32,92.$$

$$\sum P = 1 + 1 + 1 + 1 = 4.$$

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операції:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{32,92}{4} = 8,23.$$

Оскільки $K_{з.о.} = 8,23$, то виконується умова $1 \leq K_{з.о.} < 10$ і приймається багатосерійне виробництво.

З метою забезпечення ефективного технологічного процесу та визначення коефіцієнта завантаження обладнання будується графік завантаження обладнання (рис. 4.1).

Розрахунок кількості працівників дільниці

Середній штучно-калькуляційний час механічної обробки [19] обчислюється за формулою:

$$t_{шт. к. ср} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{шт.к.сер.}}{n}, \quad (4.4)$$

де $t_{шт.-к.i}$ – штучно-калькуляційний час і-тої операції механічної обробки, хв;
 n – операції механічної обробки (у нашому випадку – 14).

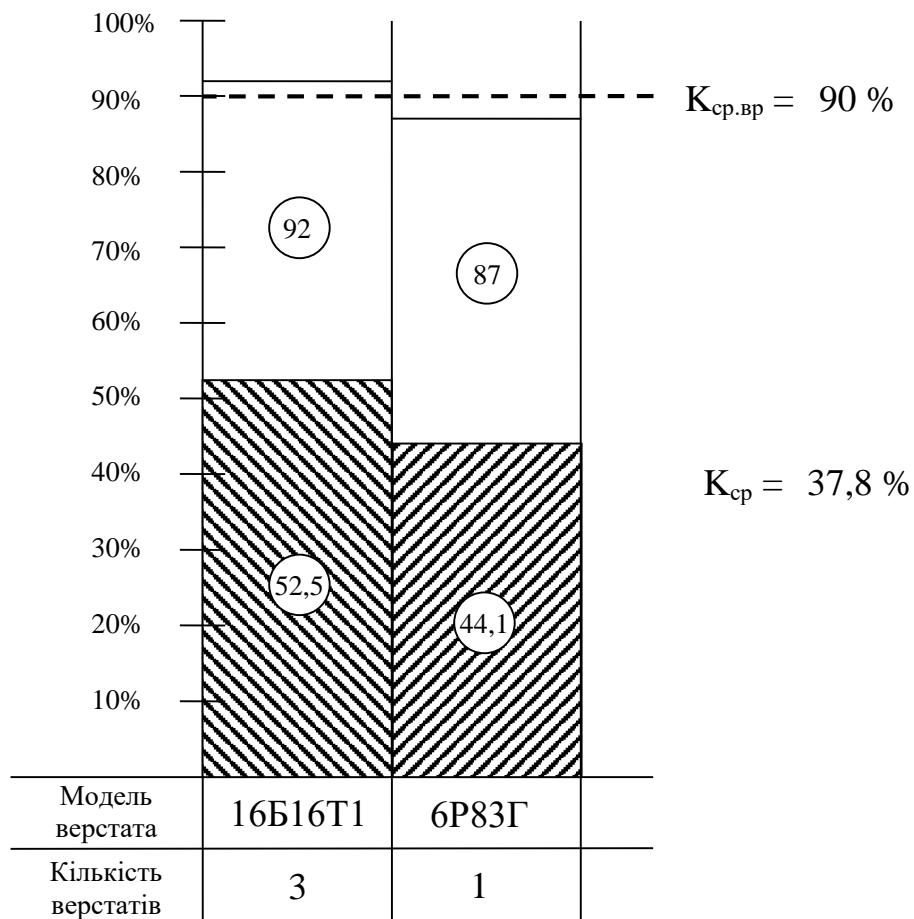


Рис. 4.1 – Графік завантаження обладнання

Підставивши значення, отримаємо:

$$t_{\text{шт.-к.сер}} = \frac{0,303 + 1,416 + 0,197 + 0,296}{4} = 0,553 \text{ хв},$$

Визначимо середнє завантаження одного робочого місця працівника даною деталлю за місяць:

$$T_{\text{р.м.сер.}} = N_{\text{з.м.}} \cdot t t_{\text{шт.-к.сер.}}, \quad (4.5)$$

де $N_{\text{з.м.}} = 959$ шт.

Підставивши значення отримаємо:

$$T_{\text{р.м.сер.}} = 959 \cdot 0,553 = 530,33 \text{ хв.}$$

Визначимо питому трудомісткість місячної програми запуску деталі:

$$T_{\text{м.пр.}} = \frac{100 \cdot T_{\text{р.м.сер.}}}{60 \cdot F_{\text{р.о.}}}, \quad (4.6)$$

де $F_{p.o.}$ – ефективний фонд часу роботи обладнання, годин. При кількості змін $j = 45 F_{p.o.}$ становить 300 годин.

Підставивши значення, отримаємо:

$$T_{m.pr.} = \frac{100 \cdot 530,33}{60 \cdot 300} = 2,95.$$

Визначаємо тривалість випуску деталей за місяць по змінно:

$$\Phi = \frac{j \cdot T_{m.pr.}}{100}, \quad (4.7)$$

Підставивши значення, отримаємо:

$$\Phi = \frac{45 \cdot 2,95}{100} = 1,33 \text{змін.}$$

Визначимо місячний ефективний фонд часу роботи обладнання із випуску деталі:

$$f = \frac{F_{p.o.} \cdot \Phi}{j}. \quad (4.8)$$

Підставивши значення, отримаємо:

$$f = \frac{300 \cdot 1,33}{45} = 8,87 \text{год.}$$

Середнє завантаження одного робочого місця:

$$C_{z.cer.m.} = \frac{N_{z.m.} \cdot t_{шт.-к.cer.}}{60 \cdot f}. \quad (4.9)$$

$$C_{z.cer.m.} = \frac{959 \cdot 0,303}{60 \cdot 8,87} = 0,55.$$

Коефіцієнт завантаження обладнання обчислюємо за формулою:

$$k_{z.o.} = \frac{C_{п.в.}}{C_{z.cer.m.}} \quad (4.10)$$

де $C_{п.в.}$ – прийнята кількість верстатів на операції, в нашому випадку 1 верстат.

Підставивши значення, отримаємо:

$$k_{z.o.cer.} = \frac{0,55}{1} = 0,55.$$

Розрахунки для інших операцій виконуємо аналогічним методом та вносимо в таблицю 4.2.

					011Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		48

Таблиця 4.2 – Необхідна кількість верстатів і завантаження на операції

Операція	$T_{шт.-к.}$	$C_{з.сер.м.}$	$C_{п.в.}$	$k_{з.о.сер.}$
010	0,303	0,55	1	0,55
015	1,416	2,55	3	0,85
020	0,197	0,35	1	0,35
025	0,253	0,46	1	0,53

Для операції 010 коефіцієнт завантаження обладнання нижчий за норму. Це зумовлено надто малим штучно-калькуляційним часом для цієї операції та значною варіацією її тривалості. Щоб підвищити коефіцієнт завантаження до прийняттого рівня, заплануємо використання обладнання, задіяного в операції 010, для обробки типових деталей.

4.2 Розрахунок виробничої площі дільниці

Для орієнтовного визначення виробничої площі дільниці використовують питомі площі, що припадають на одну одиницю обладнання, одне робоче місце або одного працівника [20].

Площа виробничої дільниці, призначеної для виготовлення деталі, визначається за формулою:

$$F_{\text{вир.}} = \sum m_n \times F_{\text{верст.}} \quad (4.11)$$

де m_n – однотипне обладнання на дільниці;

$F_{\text{вир.}}$ – питома площа на один верстат.

Результати обчислення виробничої площі дільниці наведені в таблиці 4.3.

Найменування показників і одиниці вимірювань	По дільниці
1	2
Загальні показники (основні дані)	
1. Найменування виробу	Втулка
2. Річна програма випуску, т	8
3. Працеемність виготовлення, год	3975
4. Кількість основного обладнання:	
– дрібного	–
– середнього	–
– крупного	4
– особливо крупного	–
Всього:	4
5. Тип виробництва	багатосерійний
6. Кількість робітників, працюючих:	
– основних	4
– допоміжних	3
– ІТП	–
– ЛКП	–
– МОП	1
Всього:	8
7. Виробничі площі, м ² :	
– основного виробництва	105
– допоміжного виробництва	–
– складів і комор	–
– магістральних проїздів	–

Продовження таблиці 4.5

1	2
– службово- побутових і адміністративних приміщень	–
Всього:	105
Питомі показники (відносні)	
1. Середній коефіцієнт завантаження обладнання	0,7
2. Питома площа на один основний верстат, м ² :	
– загальна	35
– виробнича	30
3. Річний випуск на один основний верстат, верстато-год.	300
4. Річний випуск на одного основного робітника, верстато-год.	1840
5. Питома площа на одного основного робітника, м ² .	14,2

					011Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		54

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У цій випускній роботі бакалавра розроблено проект механічної дільниці для виготовлення деталі «Втулка» в умовах великосерійного виробництва з потоковою організацією процесу. Як заготовки для виробництва використовуються вироби, виготовлені методом штампування. Для їх механічної обробки застосовуються токарні з ЧПК та горизонтально-фрезерні верстати.

У рамках роботи виконано розрахунок припусків на механічну обробку, визначено технологічні норми часу, а також підібрано й розраховано спеціальне оснащення для виконання токарної операції та контрольний пристрій для перевірки перпендикулярності торцевої поверхні відносно осі отвору.

З метою скорочення часу обробки деталі запропоновано використання фрези як ріжучого інструменту, для чого також проведено відповідні техніко-економічні розрахунки.

					011Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		55

10. Проектування та технологія виготовлення металорізальних інструменти: конспект лекцій для студентів напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка / уклад. Н.Т. Зубовецька, Г.А Герасимчук. Луцьк: Луцький НТУ, 2016. 152 с.

11. Технологія машинобудування : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти програми «Прикладна механіка» галузь знань 13 Механічна інженерія спец. 131 Прикладна механіка денної та заоч. форм навч. / уклад.: Т.Є. Божко, В.І. Марчук. Луцьк : ЛНТУ, 2023. 80 с.

12. Проектування та організація підрозділів сучасного машинобудівного виробництва : метод. вказівки до практичних занять для здобувачів першого рівня вищої освіти освітньої програми «Прикладна механіка» галузь знань 13 Механічна інженерія спец. 131 Прикладна механіка денної та заоч. форм навч. / уклад. Т.Н. Гальчук. Луцьк : Луцький НТУ, 2023. 40 с.

13. Технологічні основи машинобудування: навч. посібник: У 2-х ч. / О.І. Черевко, В.М. Михайлов, І.В. Бабкіна, Б.В. Ляшенко / Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. Харків, 2005. Ч. 1. «Теоретичні основи технології машинобудування». 83 с.

14. Hulieva, N.M., Marchuk, S.F. (2023). Types of Mechatronic Modules by the Method of used Energy. Modernization of science and its influence on global processes: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the III International Scientific and Theoretical Conference, April 14, 2023. Bern, Swiss Confederation: European Scientific Platform. P. 57. DOI: 10.36074/scientia-14.04.2023

15. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої: навч. посібник / Б.М. Гевко та інші. Тернопіль: ТНТУ, 2009. 220 с.

16. Пуховський Є. Оптимізація режимів різання на верстатах гнучких виробничих систем. / Пуховський Є., Фролов В., Сапон С., Бецко Ю. // Технічні науки та технології. 2022. № 4(30). с. 14-23.

										011Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
											57
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата							

ДОДАТКИ

					011Б-25.00.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		59