

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Кафедра Механіко-машинобудівний факультет
Технологій машинобудування та матеріалознавства
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню магістра

студента Богданова Олександра Олександровича
(ПІБ)

академічної групи 131М-22зн-1
(шифр)

спеціальності 131 Прикладна механіка
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою Наскрізний інжиніринг машинобудівного виробництва
(офіційна назва)

на тему Обґрунтування параметрів режимів різання при механічній обробці деталі «Корпус»
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Алексєєнко С.В.			
розділів				

Встановлено, що матеріали даної кваліфікаційної роботи містять чутливу інформацію щодо реальних об'єктів критичної інфраструктури України, національної безпеки і оборони України, зокрема відомості про їх місце розташування, службове призначення, конструкторську і технологічну документацію, описи конструкторських матеріалів та їх властивості, іншу додаткову літературу та посилання. Узв'язку з чим такі матеріали не підлягають відкритому оприлюдненню та мають зберігатися відповідно до встановленого режиму закладом освіти.

Дніпро
2024

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
Технологій машинобудування та матеріалознавства
(повна назва)

_____ (підпис) _____ **В.А. Дербаб**
(прізвище, ініціали)

«_____» _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеню магістр
(бакалавр, спеціаліст, магістр)

студенту Богданову О.О. академічної групи 131М-23зн-1
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 131 Прикладна механіка

за освітньо-професійною програмою _____
Наскрізний інжиніринг машинобудівного виробництва
(офіційна назва)

на тему Обґрунтування параметрів режимів різання при механічній обробці деталі «Корпус»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 30.04.2024 № 383-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Аналітичний	Аналіз технологічності конструкції деталі	29.01.24-11.02.24
Технологічний	Проект технології обробки деталі	12.02.24-03.03.24
Спеціальний	Розробка верстатного пристрою	04.03.24-17.03.24
Науково-дослідницький	Оптимізація режимів різання при фрезеруванні поверхні деталі	18.03.24-28.04.24

Завдання видано _____
(підпис керівника)

С.В. Алексєнко
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 29.01.2024

Дата подання до екзаменаційної комісії 29.04.2024

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

О.О. Богданов
(прізвище, ініціали)

Реферат

Пояснювальна записка: 74 с., 9 рис., 17 табл., додатки на 10 с., 17 джерел.

Тема роботи: Обґрунтування параметрів режимів різання при механічній обробці деталі «Корпус».

Оптимізація та пошук оптимальних режимів різання металів на верстатах із числовим програмним керуванням є важливими завданнями в галузі металообробки. Вирішення цих завдань має багато переваг, пов'язаних із економією ресурсів, підвищенням продуктивності, забезпеченням високої якості обробки металів та ін. Тому визначення оптимальних режимів різання при механічній обробці деталі «Корпус» має актуальне наукове та практичне значення.

Мета роботи – підвищення ефективності процесу фрезерування за рахунок визначення оптимальних режимів різання.

Для досягнення поставленої мети в роботі були встановлені та вирішені наступні завдання:

- 1) аналіз джерел інформації з питань моделювання та оптимізації параметрів режимів різання;
- 2) створення математичної моделі режиму фрезерування поверхні;
- 3) визначення оптимальних параметрів режимів різання.

Об'єкт дослідження – процес фрезерування зовнішньої поверхні деталі «Корпус».

Предмет дослідження – параметри режимів різання при фрезеруванні зовнішньої поверхні деталі «Корпус».

Методика досліджень – методи проведення досліджень базувалися на основах оптимізації процесів різання, теорії різання та різального інструменту.

Результат роботи – створення математичної моделі для визначення оптимальних режимів різання (частоти обертів шпинделя та подачі на зуб) при фрезеруванні зовнішньої поверхні деталі «Корпус». Проведено

розрахунки оптимальних режимів різання для діаметрів фрез від 50 до 100 мм.

Наукова новизна:

– обґрунтовано, що при фрезеруванні площини довжиною 180 мм фрезою Ø50 мм оптимальні значення подачі на зуб S_z та частоти обертів шпинделя n становлять 0,25 мм/зуб та 1072,77 об/хв., фрезою Ø63 мм – $S_z = 0,25$ мм/зуб, $n = 896,05$ об/хв., фрезою Ø66 мм – $S_z = 0,25$ мм/зуб, $n = 862,64$ об/хв., фрезою Ø80 мм – $S_z = 0,25$ мм/зуб, $n = 741$ об/хв., фрезою Ø100 мм – $S_z = 0,25$ мм/зуб, $n = 620,17$ об/хв.;

– встановлено, що при використанні отриманих параметрів режимів різання (S_z та n) час на обробку площини довжиною 180 мм скоротився у порівнянні з режимами різання, які отримані за стандартними формулами, для фрези найменшого діаметру 50 мм на 44%, при використанні фрези найбільшого діаметру 100 мм на 64%.

Практична цінність роботи полягає в розробці методики визначення оптимальних параметрів режимів різання при фрезеруванні зовнішньої поверхні деталі «Корпус» з використанням фрез різного діаметру.

В аналітичному розділі на підставі проведеного аналізу конструкції деталі на технологічність, хімічного складу і механічних властивостей матеріалу визначено, що деталь «Корпус» – технологічна.

В технологічному розділі проведено вибір і обґрунтування методу отримання заготовки, розраховано припуски на механічну обробку, розроблено маршрут обробки деталі, режими різання та норми часу.

В спеціальному розділі спроектовано верстатний пристрій для зенкерування та розгортання отвору. Проведено розрахунок пристосування, виконано кресленик та специфікацію.

В науково-дослідницькому розділі проведено оптимізацію режимів різання для фрезерування поверхні деталі. Розроблено математичну модель для визначення оптимальних значень частоти обертів шпинделя та подачі на

зуб. Проведено розрахунки оптимальних режимів різання для діаметрів фрез від 50 до 100 мм.

Ключові слова: механічна обробка, моделювання, оптимізація, математична модель, режими різання, фрезерування.

Робота пов'язана з науковим напрямом кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства та виконана відповідно договору про співпрацю та договором про нерозголошення конфіденційної інформації та комерційної таємниці з ТОВ «Машінтех».

ЗМІСТ

Вступ	7
1 Аналітичний розділ	8
1.1 Характеристика об'єкту виробництва	8
1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі	9
1.3 Висновки	13
2 Технологічний розділ	14
2.1 Встановлення виробничої програми випуску деталей	14
2.2 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки	14
2.3 Розрахунок припусків на механічну обробку	20
2.4 Маршрут обробки деталі, режими різання, норми часу	24
2.5 Висновки	34
3 Спеціальний розділ	35
3.1 Конструкція пристосування	35
3.2 Розрахунок пристосування	35
3.3 Висновки	38
4 Науково-дослідницький розділ	39
4.1 Постановка задачі дослідження	39
4.2 Оптимізація режимів різання при фрезеруванні	42
4.3 Висновки	61
5 Загальні висновки	62
5 Перелік посилань	63
ДОДАТКИ	65

Вступ

Машинобудівна галузь є основною технологічною базою, яка визначає розвиток всієї промисловості будь-якої країни. Темпи зростання машинобудування повинні суттєво перевищувати аналогічні показники інших галузей народного господарства. На сьогоднішній день машинобудування має дуже велику кількість різноманітного технологічного обладнання. Ця галузь повинна постійно вирішувати наступні завдання: планування і розробка перспективних технологій; створення високопродуктивних енерго- та матеріалозберігаючих технологій; підвищення якості та технічного рівня машинобудівельної продукції; застосування засобів автоматизації та механізації виробництва.

Одним із основних завдань машинобудування є виробництво корпусних деталей. До корпусних відносять деталі, які забезпечують взаємне розташування деталей вузла та прийняття основних сил, що діють в машині. Для виготовлення корпусних деталей широко використовують чавун, сталь, а при необхідності – легкі сплави (алюмінієві, магнієві). У цій роботі представлено розробку технологічного процесу та обґрунтування параметрів режимів різання при виготовленні деталі «Корпус».

1 Аналітичний розділ

1.1 Характеристика об'єкту виробництва

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

приведені в таблицях 1.1 та 1.2 [1, 2].

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

--	--	--	--	--	--

$\sigma_{0,2}$ – межа короткочасної міцності,

σ_B – межа текучості для залишкової деформації,

δ_5 – відносне подовження при розриві,

Ψ – відносне звуження,

KCU – ударна в'язкість,

НВ – твердість за Брінелем.

1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Оцінка конструкції деталі на технологічність буває двох видів: якісна та кількісна.

Якісна оцінка виробляється суб'єктивно, самим технологом на підставі досвіду виробництва і полягає: чи зручно з технічної точки зору досягати задану конструктором форму деталі, забезпечити точність та якість обробки; чи можлива обробка заданої деталі на стандартному устаткуванні,

стандартним різальним інструментом, чи доступне його підведення та нормальна умова обробки ГЗ Д1

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

форм. Відхилення лінійних розмірів встановлені від середніх значень. Більшість лінійних розмірів вказані від єдиної бази, що є ознакою технологічності конструкторських вимог.

При кількісній оцінці визначаємо наступні коефіцієнти:

- 1) коефіцієнт точності;
- 2) коефіцієнт шорсткості;
- 3) коефіцієнт використання матеріалу.

1) Визначаємо коефіцієнт точності.

Деталь вважається технологічною за точністю, якщо виконується умова:

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}} \geq 0,8,$$

де T_{cp} – середній квалітет розмірів деталі.

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \times n_i}{\sum n_i},$$

де n_i - кількість розмірів кожного квалітету.

$$T_{\text{cp}} = \frac{7 \cdot 1 + 8 \cdot 3 + 14 \cdot 3 + 15 \cdot 1}{13} = 12,2$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{12,2} = 0,92 > 0,8$$

$0,92 > 0,8$ – за точністю деталь технологічна.

2) Визначаємо коефіцієнт шорсткості

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

$0,043 < 0,32$ – за шорсткістю деталь технологічна.

3) Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу.

Деталь вважається технологічною за коефіцієнтом використання матеріалу, якщо виконується умова:

$$КВМ = \frac{M_d}{M_z} \geq 0,6 ,$$

де $M_d = 4,3$ – маса деталі, кг;

$M_z = 4,5$ – маса заготовки, кг.

$$КВМ = \frac{4,3}{4,5} = 0,96 > 0,6$$

0,96 > 0,6 – за коефіцієнтом використання матеріалу деталь технологічна.

За всіма коефіцієнтами деталь вважається технологічною.

1.3 Висновки

На підставі проведеного аналізу конструкції деталі на технологічність, хімічного складу і механічних властивостей матеріалу можна зробити висновок, що деталь «Корпус» – технологічна.

2 Технологічний розділ

2.1 Встановлення виробничої програми випуску деталей

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

$$t_b = \frac{60 \cdot 4140}{9000} = 27,6 \text{ хв.}$$

2.2 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки

Спосіб отримання заготовок визначається призначенням і конструкцією деталі, матеріалом, технічними вимогами, масштабом і серійністю випуску, а також економічністю виготовлення.

Вибір заготовки визначимо на базі зіставлення варіантів: перший варіант – обробка тиском (поковка), а інший варіант – лиття в оболонковій формі.

Перший варіант – обробка тиском (поковка).

Проектуємо поковку, отриману методом пластичної деформації за

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

7) Конфігурація поверхні роз'єму штампа – П (плоска).

8) Вихідний індекс – 13.

9) Припуски на механічну обробку приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Припуски на механічну обробку

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

10) Штампувальний ухил рекомендовано не більше 5°, приймаємо 3°.

11) Розміри пакування приведені в таблиці 2.2.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

13) Допустимі відхилення розмірів приведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Допустимі відхилення розмірів

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

14) Допустима висота торцевої задирки – 3 мм.

15) Допустиме відхилення від площинності – 0,5 мм.

Другий варіант – лиття в оболонкові форми.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Таблиця 2.5 – Підприємство з ліквідаційними процедурами

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Таблиця 2.6 – Номінальні розміри виливки

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

L - 04	04Т1,1	02,1
--------	--------	------

Проведемо аналіз за техніко-економічними показниками та оберемо варіант отримання заготовки.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

2.3 Розрахунок припусків на механічну обробку

Припуск на обробку поверхонь деталі може бути призначений за відповідними довідковими таблицями або на основі розрахунково-аналітичного методу визначення припусків. Таблиці дають змогу призначити припуски незалежно від технологічного процесу оброблення деталі й умов його здійснення, і тому в загальному випадку є завищеними, містять резерви зниження витрат матеріалу і трудомісткості виготовлення деталі. Застосування розрахунково-аналітичного методу скорочує в середньому витрату металу в стружку, порівняно з табличними значеннями, створює єдину систему визначення припусків на обробку [5].

Розрахуємо припуски на обробку і проміжні граничні розміри, на

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

Таблиця 2.7 – Припуски і граничні розміри на обробку $\varnothing 60^{+0,03}$ мм

Технологічні переходи	Елементи припуску z, мкм	Розрахунко ві величини	Т	Граничні розміри	Граничні припуски
--------------------------	--------------------------------	---------------------------	---	---------------------	----------------------

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

нормальне										
Розгортання точне	3,2	5	-	40	60,03	30	60,03	60,0	0,036	0,02

Сумарне значення просторових похибок визначаємо за формулою:

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

де k – коефіцієнт уточнення, $k_1 = 0,06$; $k_2 = 0,05$;

$$\Delta_{\Sigma}^{\text{посл.}} = \Delta_{\Sigma}^{\text{пред.}} \cdot k = 347 \cdot 0,06 = 20,89 = 21 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{\Sigma}^{\text{посл.}} = \Delta_{\Sigma}^{\text{пред.}} \cdot k = 21 \cdot 0,05 = 1,05 = 1 \text{ мкм.}$$

Розраховуємо мінімальне значення припуску в разі односторонньої обробки поверхні за формулою:

$$2Z_{i \text{ min}} = 2((Rz + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma_{i-1}})$$

Зенкерування чорнове:

$$2Z_{\text{min}} = 2 \cdot (40 + 160 + 347) = 1094 \text{ мкм}$$

Зенкерування чистове:

$$2Z_{\text{min}} = 2 \cdot (50 + 50 + 21) = 242 \text{ мкм}$$

Розгортання нормальне:

$$2Z_{\text{min}} = 2 \cdot (40 + 40 + 1,1) = 162,2 \text{ мкм}$$

Розгортання точне:

$$2Z_{\text{min}} = 2 \cdot (10 + 10 + 0) = 40 \text{ мкм}$$

Визначаємо найбільший граничний розмір за кресленням деталі. Для переходу, що передує кінцевому, визначаємо розрахунковий розмір відніманням від найбільшого граничного розміру за кресленням розрахункового припуску. Послідовно визначаємо розрахунковий розмір для всіх переходів.

Визначаємо граничні розміри. Найбільші граничні розміри округлюємо зменшенням до того ж знака десяткового дробу, з яким задано допуск на розмір для кожного переходу.

Розрахуємо найменші граничні розміри шляхом віднімання допуску з округленого найбільшого граничного розміру.

Граничне значення припусків z_{max} визначаємо, як різницю найбільших граничних розмірів і z_{min} , як різницю найменших розмірів попереднього і виконуваного переходу.

Перевірка:

$$T_{\text{заг.}} - T_{\text{дет.}} = \sum z_{\text{max}} - \sum z_{\text{min}}$$

$$2240 - 1530 = 740 - 30$$

$$710 = 710$$

Призначені припуски правильні, отримані розміри відповідають квалітету, допускам і шорсткості.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

чистове				2	7%		7%	7%	0	0
---------	--	--	--	---	----	--	----	----	---	---

Перевірка:

$$T_{заг.} - T_{дет.} = \sum z_{max} - \sum z_{min}$$

$$1800 - 1180 = 740 - 120$$

$$620 = 620$$

Призначені припуски правильні, отримані розміри відповідають квалітету, допускам і шорсткості.

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

Фрезерувальна				30		30	30	0	0
---------------	--	--	--	----	--	----	----	---	---

Перевірка:

$$T_{заг.} - T_{дет.} = \sum z_{max} - \sum z_{min}$$

$$1300 - 1320 = 1120 - 140$$

$$980 = 980$$

Призначені припуски правильні, отримані розміри відповідають
квалітету, допускам і шорсткості.

2.4 Маршрут обробки деталі, режими різання, норми часу

Розроблений технологічний маршрут обробки деталі «Корпус» з
вибором обладнання та технологічних баз наведено в таблиці 2.10.
Характеристики верстатів – таблиці 2.11, 2.12.

Таблиця 2.10 – Технологічний маршрут обробки деталі

№	Найменування та	Обладнання	Параметри
---	-----------------	------------	-----------

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

020	Агрегатна. Зенкерувати начорно з однієї	Горизонтально-фрезерний	Пристосування спеціальне
-----	--	-------------------------	--------------------------

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

	Отвір Ø00 мм. Розгортати з іншої сторони отвір Ø60 мм.	ПААЗ ЕС-1000	
--	---	--------------	--

№	Найменування та зміст	Обладнання	Пристосування
1	2	3	4

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

	начорно з іншої сторони. Розгортати 2 отвори Ø18 мм начисто з іншої сторони. Зняти фаски з 2-х отвори з іншої сторони.		
040	Контрольна Контроль розмірів	Стіл ВТК	

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

Прискорені переміщення за осями X, Y, Z, м/хв.	61
Кількість інструменту	20+1
Максимальна потужність, кВт	11,2
Габаритні розміри верстата , мм	2540×2310×2510
Вага верстата, кг	2427

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

Кількість інструменту	30+1
Максимальна потужність, кВт	22,4
Габаритні розміри верстата , мм	4880×3660×3460
Вага верстата, кг	13608

Визначення режимів різання та норм часу здійснюємо за відповідними методиками [6, 7, 8].

Виконаємо розрахунок режимів різання для операції 020 Агрегатна.

Розрахуємо режим різання на агрегатну операцію отвору Ø60 мм. Глибину різання при зенкеруванні та розгортанні беремо з розрахунку припусків на цю операцію:

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

де $K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{ПV}$.

$$K_{MV} = \left(\frac{750}{HB} \right)^{nv},$$

$$nv = 0,9$$

$$K_{MV} = \left(\frac{750}{650} \right)^{0,9} = 1,13$$

$K_{IV} = 1$ – для обробки зенкером та розгорткою;

$$K_{ПV} = 0,9;$$

$$K_V = 1,13 \cdot 1 \cdot 0,9 = 1,15.$$

Швидкості різання:

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

Приймаємо $n_1 = n_2 = 80$ об/хв., $n_3 = 40$ об/хв.

Уточнюємо швидкості різання:

$$V_1 = \frac{n_1 \cdot \pi \cdot D_1}{1000} = \frac{80 \cdot 3,14 \cdot 58}{1000} = 14,57 \text{ мм/хв.}$$

$$V_2 = \frac{n_2 \cdot \pi \cdot D_2}{1000} = \frac{80 \cdot 3,14 \cdot 59,65}{1000} = 15 \text{ мм/хв.}$$

$$V_3 = \frac{n_3 \cdot \pi \cdot D_3}{1000} = \frac{40 \cdot 3,14 \cdot 59,91}{1000} = 7,53 \text{ мм/хв.}$$

Визначимо силу різання:

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

Визначаємо крутний момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot s^y \cdot K_p$$

Значення коефіцієнта C_M та показники ступенів наступні $C_M = 0,106$;

$x = 0,9$; $y = 0,8$; $q = 1$.

$$\text{Коефіцієнт } K_p = K_{мр} = \frac{\sigma_B}{750} = \frac{550}{750} = 0,73$$

Крутний момент:

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

Розрахунок норм часу

Штучний час для великосерійного та масового виробництва визначається для кожної операції окремо за формулою:

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{обсл} + T_{от}$$

де T_o – основний час, хв.;

T_v – допоміжний час, хв.;

$T_{обсл}$ – час на обслуговування робочого місця, хв.;

$T_{от}$ – час перерв на відпочинок та особисті потреби, хв.

Визначення норм часу на операцію 020 Агрегатна

Основний час:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S_o}$$

де L – довжина шляху, що проходить інструментом у напрямку подачі

$$L = l_1 \cdot l_0 \cdot l_2$$

Для зенкера та розгортки:

$l_1 = t_i \cdot ctg\phi_i$ - калібруюча частина розгортки або зенкера;

$$l_{11} = 1 \cdot ctg60^\circ = 0,577$$

$$l_{12} = 0,825 \cdot ctg60^\circ = 0,526$$

$l_0 = 160$ мм – довжина отвору, що обробляється;

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

$$T_{обсл} = T_{тех} + T_{орг},$$

де $T_{тех}$ – час технічного обслуговування робочого місця;

$T_{орг}$ – час організаційного обслуговування робочого місця;

$$T_{тех} = 0,063 \text{ хв.}$$

$$T_{орг} = 4\% \text{ від } T_{оп}, \quad T_{орг} = 2,1 \cdot 0,04 = 0,084 \text{ хв.}$$

$T_{обсл} = 0,063 + 0,084 = 0,147$ хв.

$T_{от} = 8\% \text{ від } T_{оп}, T_{от} = 0,08 \cdot 1,45 = 0,116$ хв.

Штучний час:

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

2.5 Висновки

В даному розділі проведено вибір і обґрунтування методу отримання заготовки, розраховано припуски на механічну обробку, розроблено маршрут обробки деталі, режими різання та норми часу.

3 Спеціальний розділ

3.1 Конструкція пристосування

Пристосування призначене для зенкерування та розгортання отвору. Пристрій складається з плити 2, на верхній площині якої встановлені за

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

пов'язаним з ним шток 1 відкидний болт 10 переміщуються вниз. Притиск 6 притискає заготовки до опорних пластин (14 і 18). При припиненні подачі стисненого повітря притиск 6 і шток повертається у вихідне положення, відкидається відкидний болт 10.

3.2 Розрахунок пристосування

Розрахунок зусилля затиску

Схема сил, які діють на заготовку в процесі обробки, представлено на рисунку 3.1.

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

Рис. 3.1 – Схема сил

Зсуву заготівлі під дією сили різання P перешкоджають сили тертя (не показані), які виникають у місцях контактів заготівлі з опорами та затискаючими елементами.

Необхідну силу закріплення знаходимо за такою формулою:

$$Q = \frac{k \cdot P}{f_1 + f_2},$$

де Q – сила затиску заготовки;

P – сила різання;

f_1 і f_2 – коефіцієнти тертя, $f_1 = 0,25$, $f_2 = 0,25$;

K – коефіцієнт запасу, який визначається з формули

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

де K_0 – коефіцієнт гарантованого запасу, $K_0 = 1,5$;

K_1 – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання випадкових нерівностей, $K_1 = 1$;

K_2 – коефіцієнт, який характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення різального інструменту, $K_2 = 1,6$;

K_3 – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання при торцевому фрезеруванні, $K_3 = 1,2$;

K4 – коефіцієнт, який характеризує сталість сили закріплення, $K4 = 1,2$;

K5 – коефіцієнт, який характеризує ергономіку ручних механізмів, $K5 = 1,2$;

K6 – коефіцієнт при встановленні на опорні пластини, $K6 = 1,5$

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

3.3 Висновки

В даному розділі спроектовано верстатний пристрій для зенкерування та розгортання отвору. Проведено розрахунок пристосування, виконано кресленик та специфікацію.

4 Науково-дослідницький розділ

4.1 Постановка задачі дослідження

Оптимізація та пошук оптимальних режимів різання металів на

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

зменшити ризик інструменту, зрозуміти його деформації та пошкодження.

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

ТЬ
НЯ
НЯ
ЛИ
УЄ
ПИ
ІХ

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

параметрів, таких як швидкість різання, подача і глибина різання.

Основні кроки у використанні методу математичного моделювання оптимізації режимів різання включають:

- Формулювання математичної моделі: створення математичного опису процесу різання з використанням фізичних законів та принципів. Це може включати рівняння Нав'є-Стокса для опису потоку стружки, рівняння теплопровідності для моделювання теплових процесів та інші фізичні закони.

- Увімкнення параметрів різання: у моделі враховуються параметри різання, такі як швидкість різання, подача інструменту, глибина різання, тип інструменту та властивості матеріалу заготовки.

- Визначення цільової функції: визначення параметра або набору параметрів, які потрібно оптимізувати. Це може бути, наприклад, максимізація продуктивності, мінімізація зношування інструменту, або досягнення певної якості поверхні обробки.

- Використання методів оптимізації: застосування різних методів оптимізації, таких як методи градієнтного спуску, методи найменших квадратів або еволюційні алгоритми для знаходження оптимальних значень параметрів [10, 11, 12, 13].

За своїм призначенням оптимізація буває: структурна – призначена для оптимальної побудови структури (послідовності) переходів та операцій при механічній обробці та параметрична – призначення оптимальних параметрів процесу різання. Залежно від поставленої мети оптимізація може бути одноцільовою, коли шукається екстремум однієї цільової функції, і багатокритеріальною при пошуку екстремуму кількох критеріїв оптимізації.

Наукові та практичні роботи з оптимізації режимів різання використовують раніше створені та нові емпіричні формули. Вони достатньою мірою відображають залежність змінних, що впливають на процес різання. У більшості випадків для створення математичної моделі механічної обробки достатньо мати: критерії оптимізації; цільову функцію; систему обмежень; систему рівнянь, що описують об'єкт; вхідні, вихідні та внутрішні параметри; керовані параметри [14, 15].

Одним із найпоширеніших методів оптимізації в даний час є метод лінійного програмування [15, 16], що дозволяє здійснювати одночасну оптимізацію швидкості різання і подачі з урахуванням обмежень, що діють при різанні за критерієм максимальної продуктивності. Обов'язковою умовою використання цього методу є можливість лінеаризації цільової функції та обмежень. Для лінійної цільової функції та лінійних обмежень

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

виробничого характеру. Розглянемо задачу двопараметричної оптимізації режимів різання (числа обертів шпинделю та подачі) [7, 15, 16].

4.2 Оптимізація режимів різання при фрезеруванні

Вихідні дані.

Операція 10 – Фрезерна. Фрезерувати основу $L = 180$ мм, $h = 64$ мм

Обладнання - Вертикально-фрезерний верстат HAAS DT-2

Різальний інструмент

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

Рис. 4.1 – Вигляд фрези

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

$\eta = 0,85$ – коефіцієнт корисної дії верстата;

$C_{pz} = 825$, $x = 1$, $y = 0,75$, $u = 1,1$, $q = 1,3$, $w = 0,2$ – коефіцієнти за
довідниками;

$t = 1,1$ – глибина різання, мм;

$B = 1,35$ – ширина фрезерування, мм;

$D = 66$ – діаметр фрези, мм;

$T = 180$ – стійкість фрези, хв.;

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{пв} \cdot K_{ив},$$

де $K_{mv} = 1,06$ – коефіцієнт який враховує якість оброблюємого матеріалу;

$K_{пв} = 1$ – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки;

$K_{ив} = 1$ – коефіцієнт, який враховує матеріал інструменту.

$$K_v = 1,06.$$

3) Обмеження за жорсткістю інструмента

3)

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

4)

де ω – піддатливість технологічної системи;

T_n – величина допуску розміру, який оброблюється.

5) Обмеження за шорсткістю обробленої поверхні

$$S_z \leq 2,82 \cdot r^{0,5} \cdot R_z^{0,5}, \quad (4.5)$$

де r – радіус заокруглення різальної кромки;

R_z – розрахункова величина нерівностей.

6) Обмеження за мінімальними обертами шпинделя

$$n \geq n_{min}, \quad (4.6)$$

$$n \geq 10.$$

7) Обмеження за максимальними обертами шпинделя

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

z

Цільова функція.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Математична модель.

Математична модель оптимального режиму різання містить систему технічних обмежень, виражених у вигляді лінійних нерівностей, та лінійне рівняння цільової функції. Тому необхідно привести всі технічні обмеження та цільову функцію до лінійного вигляду шляхом логарифмування.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Після проведення математичних перетворень у виразі (4.11) отримаємо математичну модель для визначення оптимальних режимів різання при фрезеруванні (4.12) [17].

Зазначена математична модель не є вичерпною та може бути доповнена

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

Визначення оптимальних режимів зображені за моделлю (4.12) виконаємо графічним способом. У цьому випадку кожне технічне обмеження

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

забезпечують виконання умови (4.10), обчислюються оптимальні значення елементів режиму різання

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Рис. 4.3 – Графічне рішення задачі (діаметр фрези 66 мм) з технічними обмеженнями: 1 – за потужністю приводу головного руху верстата, 2 – за стійкістю інструмента, 3 – за жорсткістю інструмента, 4 – за точністю обробки, 5 – за шорсткістю обробленої поверхні, 6 – за мінімальними обертами шпинделя, 7 – за максимальними обертами шпинделя, 8 – за мінімальною подачею, 9 – за максимальною подачею

$$n = \frac{1000 \cdot 446,92}{\pi \cdot 66} = 2155,44 \text{ об/хв.}$$

Час фрезерування:

$$t = \frac{L}{S_z \cdot n},$$
$$t = \frac{180 + 10 + 2}{0,28 \cdot 2155,44} = 0,32 \text{ хв.}$$

За попереднім алгоритмом визначимо оптимальні режими різання для фрез діаметром 50, 63, 80, 100 мм. Потім визначимо режими різання за стандартними формулами без оптимізації для фрез діаметром 50, 63, 80, 100 мм. Розрахунки та значення коефіцієнтів приведені в додатках.

Визначення оптимальних режимів різання для фрези Ø50 мм.

Математична модель має вигляд (4.13). Графічне рішення задачі

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

4.13)

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

обмеженнями: 1 – за потужністю приводу головного руху верстата, 2 – за стійкістю інструмента, 3 – за жорсткістю інструмента, 4 – за точністю обробки, 5 – за шорсткістю обробленої поверхні, 6 – за мінімальними обертами шпинделя, 7 – за максимальними обертами шпинделя, 8 – за мінімальною полачею. 9 – за максимальною полачею

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Режими різання без оптимізації для фрези Ø50 мм.

Швидкість різання

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v,$$

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Визначення оптимальних режимів різання для фрези Ø63 мм.

Математична модель мех. різання (4.14). Графічне рішення задачі

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

(4.14)

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

Рис. 4.5 – Графічне рішення задачі (діаметр фрези 63 мм) з технічними обмеженнями: 1 – за потужністю приводу головного руху верстата, 2 – за стійкістю інструмента, 3 – за жорсткістю інструмента, 4 – за точністю обробки, 5 – за шорсткістю обробленої поверхні, 6 – за мінімальними обертами шпинделя, 7 – за максимальними обертами шпинделя, 8 – за мінімальною подачею, 9 – за максимальною подачею

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

Режими різання без оптимізації для фрези Ø63 мм.

Швидкість різання

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v,$$

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Визначення оптимальних режимів різання для фрези Ø80 мм.

Математична модель має вигляд (4.15). Графічне рішення задачі

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

4.15)

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.



Рис. 4.6 – Графічне рішення задачі (діаметр фрези 80 мм) з технічними обмеженнями: 1 – за потужністю приводу головного руху верстата, 2 – за стійкістю інструмента, 3 – за жорсткістю інструмента, 4 – за точністю обробки, 5 – за шорсткістю обробленої поверхні, 6 – за мінімальними обертами шпинделя, 7 – за максимальними обертами шпинделя, 8 – за мінімальною подачею. 9 – за максимальною подачею

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Режими різання без оптимізації для фрези Ø80 мм.

Швидкість різання

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v,$$

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Визначення оптимальних режимів різання для фрези Ø100 мм.

Математична модель має вигляд (4.16). Графічне рішення задачі

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

(4.16)

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

Рис. 4.7 – Графічне рішення задачі (діаметр фрези 100 мм) з технічними обмеженнями: 1 – за потужністю приводу головного руху верстата, 2 – за стійкістю інструмента, 3 – за жорсткістю інструмента, 4 – за точністю обробки, 5 – за шорсткістю обробленої поверхні, 6 – за мінімальними обертами шпинделя, 7 – за максимальними обертами шпинделя, 8 – за мінімальною подачею, 9 – за максимальною подачею

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

Режими різання без оптимізації для фрези Ø100 мм.

Швидкість різання

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v,$$

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

Отримані данні для режимів різання зведемо в таблиці. Режими різання, які визначені за стандартними формулами приведені в таблиці 4.1, оптимізовані режими різання – в таблиці 4.2. Побудуємо та порівняємо графіки залежності часу обробки від діаметру фрези (рис. 4.8).

Таблиця 4.1 – Режими різання за стандартними формулами

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Таблиця 4.2 – Оптимізовані режими різання

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Рис. 4.8 – Графік залежності часу обробки від діаметру фрези

З таблиць 4.1-4.2 та графіка (рис. 4.8) слід, що без оптимізації найменший час на обробку дорівнює 0,25 хв. при використанні фрези діаметром 50 мм, найбільший час на обробку – 0,45 хв. та фреза діаметром 100 мм.

Після визначення оптимальних режимів різання (подача на зуб та частота обертів шпинделя) для фрез того ж ряду діаметрів час на обробку значно скоротився: при використанні фрези найменшого діаметру 50 мм на 44%, при використанні фрези найбільшого діаметру 100 мм на 64%.

Крім того встановлено, що при оптимізованих параметрах режиму різання, час на обробку суттєво не залежить від діаметру фрези та знаходиться в межах $T_0 = 0,14 \div 0,16$ хвилин.

4.3 Висновки

В даному розділі розглянуто оптимізацію режимів різання для фрезерування поверхні деталі. Розроблена математична модель для визначення оптимальних значень частоти обертів шпинделя та подачі на зуб. Для полегшення проведення математичних обчислень та побудови графіків

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

для фрези найменшого діаметру 50 мм на 44%, при використанні фрези найбільшого діаметру 100 мм на 64%.

5 Загальні висновки

В аналітичному розділі на підставі проведеного аналізу конструкції деталі на технологічність, хімічного складу і механічних властивостей матеріалу визначено, що деталь «Корпус» – технологічна.

В технологічному розділі проведено вибір і обґрунтування методу отримання заготовки, розраховано припуски на механічну обробку, розроблено маршрут обробки деталі, режими різання та норми часу.

В спеціальному розділі спроектовано верстатний пристрій для зенкерування та розгортання отвору. Проведено розрахунок пристосування, виконано кресленик та специфікацію.

В науково-дослідницькому розділі розглянуто оптимізацію режимів різання для фрезерування поверхні деталі. Розроблена математична модель для визначення оптимальних значень частоти обертів шпинделя та подачі на

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

порівнянні з режимами різання, які отримані за стандартними формулами, для фрези найменшого діаметру 50 мм на 44%, при використанні фрези найбільшого діаметру 100 мм на 64%.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Добрянський, Ю.М. Малафеев ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 13,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.

5. Довідковий посібник із призначення операційних припусків на механічну обробку табличним методом / Упоряд.: С.Г. Пінковський, Ю.Г. Кравченко, В.Г. Олейниченко. – Дніпропетровськ: НГАУ, 2002. – 15 с.

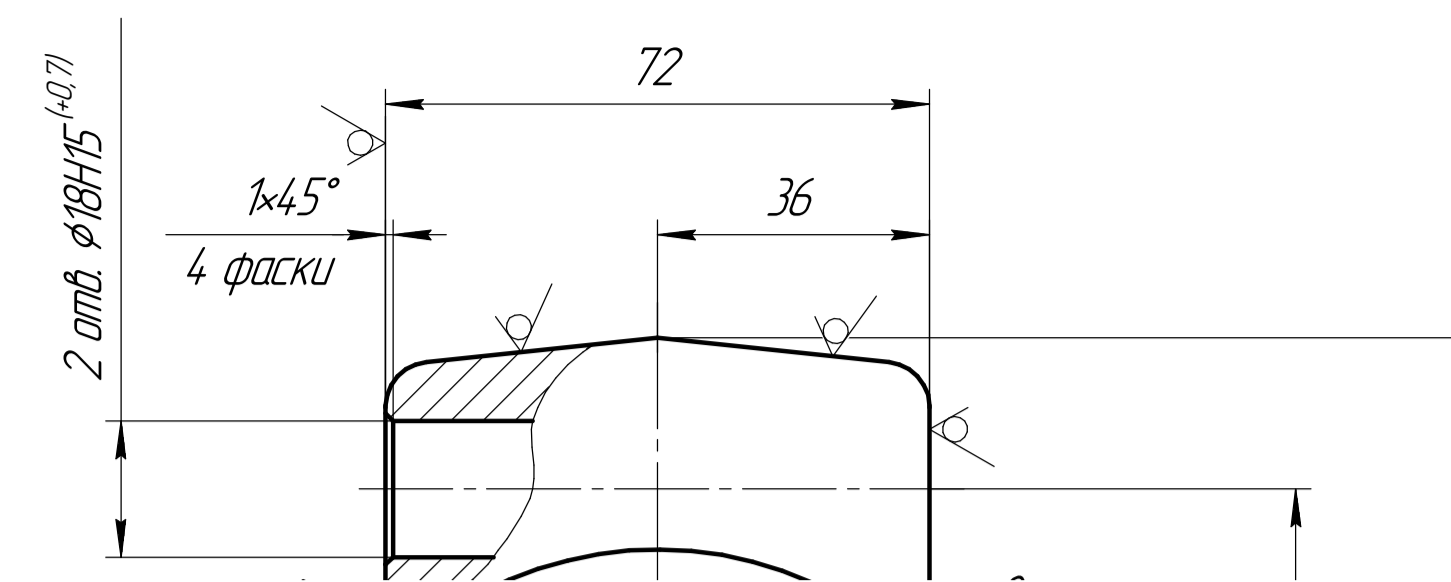
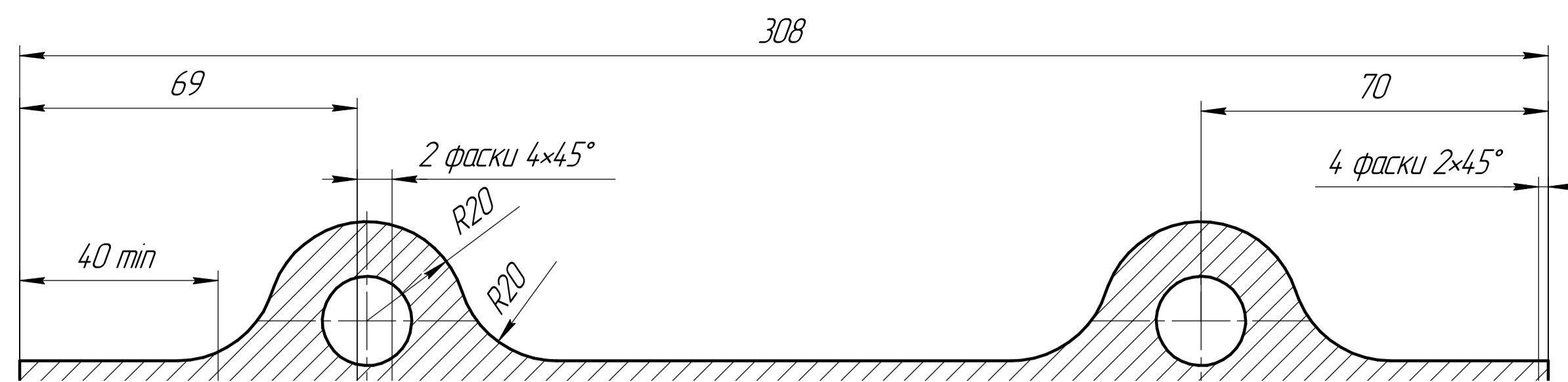
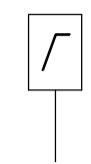
6. Ю. Паливода. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки: навчально-методичний посібник / Ю. Паливода, А. Дячун, Р. Лещук. – Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, 2019. – 240с.

7. Дідик Р.П. Розрахункові операції режимів механічної обробки матеріалів: точіння, свердління, зенкерування, розгортання: навч. посіб. / Р.П. Дідик, В.В. Зіль, С.Т. Пацера. – Д.: «Національний гірничий університет», 2013. – 196 с.

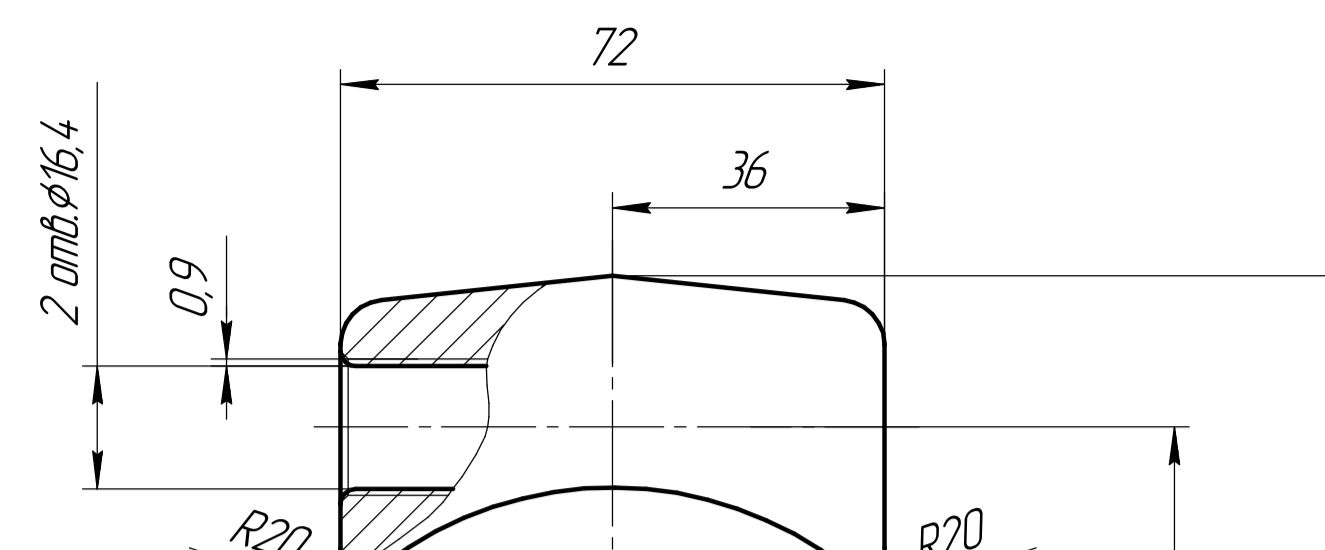
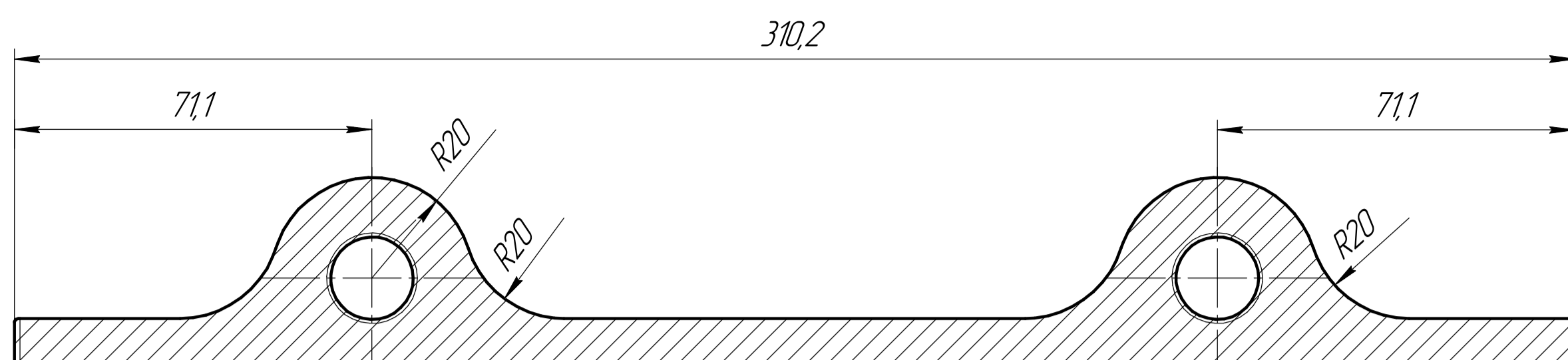
8. Буц Б.Д., Приходько В.Є., Ткачоа Ю.В. Розрахунок режимів різання металів: Навч. Посібник. – Д.: РВВ ДНУ, 2005. – 76 с.

9. Приходько В.П., Литвин О.В. Проектування оснащення верстатів, роботів і машин: Навч. посіб. / Приходько В.П., О.В.Литвин. – [Електронний ресурс] / - К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – 212 с.
10. Оптимізація механічної обробки тіл обертання : монографія / В.Є. Карпусь, О.В. Котляр, В.О. Іванов.; за ред. В.Є. Карпуся. – Харків : НТМТ, 2012. – 296 с.
11. Павленко П.М., Філоненко С.Ф., Чередніков О.М., Трейтяк В.В. Математичне моделювання систем і процесів: навч. посіб. – К. : НАУ, 2017. – 392 с.
12. Оптимізація режимів різання на важких верстатах. Клименко Г.П., Ковальов В.Д., Васильченко Я.В., Шаповалов М.В., Щербакова А.Ю. / Вісник НТУ «ХПІ», 2022. №2 (6). С. 43-48.
13. Павленко П.М. Основи математичного моделювання систем і процесів: навч. посіб. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2014. – 274 с.
14. Богданов О.О. Оптимізація режимів різання та критерії оптимальності / О.О. Богданов, О.С. Захаров, Н. В. Могильченко // Інноваційні технології підготовки кадрів для промисловості та транспорту 2023, м. Дніпро, 28-29 квітня : зб. наук. пр. міжнар. конф. – Дніпро : НТУ «ДП», 2023. – С. 34- 39.
15. Математичне моделювання та оптимізація процесів металообробки : монографія / Ф.В. Новіков. – Х. : Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2014. – 384 с.
16. Кроль О.С. Методи та процедури оптимізації режимів різання: монографія. - Луганськ: вид-во ВНУ ім. В. Даля, 2013. – 260 с.
17. Щербина Є.Ю. Оптимізація режимів різання при фрезеруванні площини / Щербина Є.Ю., Богданов О.О. // «Наукова весна» 2024: матеріали XIV Міжнародної науково-технічної конференції аспірантів та молодих вчених, Дніпро, 27–29 березня 2024 року / Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» – Дніпро : НТУ «ДП», 2024. – С . 26-27.

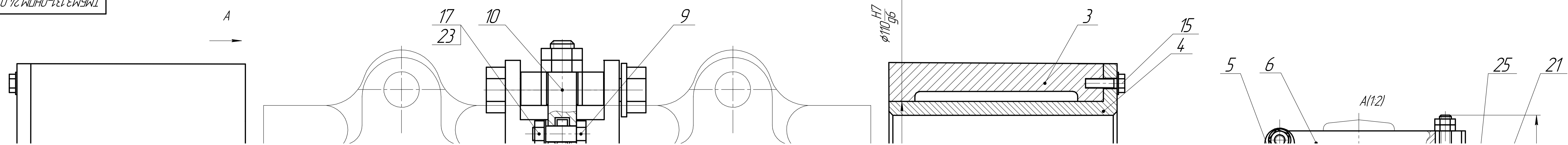
ДОДАТКИ



Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.



Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.



Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

562*

Зм.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата
Разраб.		Багданов		
Керів.		Алексеев		
Консульт.				
Нконтр.		Дердава		
Затв.		Дердава		

Пристакування
верстатне

1/1	
Аркши	Аркши
НТУ «ІП»	
131-22-1-ММФ	
Формат А1	

Копія

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

Технічні обмеження:

*1 – за потужністю приводу головного руху верстата, 2 – за стійкістю інструмента, 3 – за жорсткістю інструмента,
4 – за точністю обробки, 5 – за шорсткістю обробленої поверхні, 6 – за мінімальними обертами шпинделя,
7 – за максимальними обертами шпинделя, 8 – за мінімальною подачею, 9 – за максимальною подачею*