

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)  
Інжинірингу машинобудівних технологій  
(повна назва кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

**магістр**

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Розроблення технології виготовлення корпусу 46.717 з  
дослідженням процесу теплообміну при обробленні різанням**

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи МП<sub>М</sub>-61  
спеціальності \_\_\_\_\_

131 «Прикладна механіка»  
(шифр і назва спеціальності)

	_____	<b>Кульба І.Б.</b>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	_____	<b>Барановський В.М.</b>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	_____	<b>Ткаченко І.Г.</b>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	_____	<b>Окіпний І.Б.</b>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент	_____	_____
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2021

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

« \_\_\_\_\_ » доц. Окіпний І.Б.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

«    »    2021 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня магістра  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 131 «Прикладна механіка»  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Кульба Іван Борисович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технології виготовлення корпусу 46.717 з дослідженням процесу теплообміну при обробленні різанням

Керівник роботи Барановський В.М, д.т.н., професор  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 24 » 09 2021 року № 4/7-791

2. Термін подання студентом завершенної роботи . 15.12.2021

3. Вихідні дані до роботи 1. Базовий ТП виготовлення деталі.

2.Програма випуску – 5 000 шт/рік. 3.Креслення деталі

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітична частина. 2.Науково-дослідна частина. 3. Технологічно-конструкторська частина. 4. Проєктна частина. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Карти технологічних наладок, креслення верстатних пристроїв, креслення контрольного пристосіблення, результати виконання науково-дослідної роботи

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці</i>	<i>К.т.н, доц. Ткаченко І.Г.</i>		
<i>Безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>Ст. викл. Клепчик В.М.</i>		

7. Дата видачі завдання 28 вересня 2021 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Аналітична частина</i>	<i>1.12.2021</i>	
2	<i>Науково-дослідна частина</i>	<i>10.12.2021</i>	
3	<i>Технологічно- конструкторська частина</i>	<i>10.10.2021</i>	
4	<i>Проектна частина</i>	<i>10.11.2021</i>	
5	<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>2.12.2021</i>	
6	<i>Графічна частина</i>	<i>10.12.2021</i>	

Студент

(підпис)

*Кульба І.Б.*

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

*Барановський В.М.*

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

**Актуальність теми.** При обробленні різанням в технологічній системи спостерігається де-яка кількість енергії. Значна частина даної енергії направляється на утворення тепла, що спричиняє зміни величин температур всіх складових системи. Суттєво дані зміни стосуються різального інструменту і заготовки. Спостереження показують, що зміна температури інструменту негативно впливає на різальну здатність та стійкість. В свою чергу зміна температури заготовки може привести до перерозподілу напружень. Тому теплофізичний аналіз процесу оброблення різанням має велике значення для удосконалення процесу, підвищення його продуктивності, забезпечення якості обробленої поверхні.

Температурні коливання в зоні різання впливають на процес зношування та порушення стійкості різального інструменту. Також вони мають вплив на якість і точність поверхні, що обробляється та продуктивність процесу. Зміни температур використовують в якості критерію для оптимізації процесу різання.

**Метою дослідження** є розроблення технології виготовлення корпусу 46.717 з дослідженням процесу теплообміну при обробленні різанням.

**Об'єкт дослідження** – технологічний процес виготовлення корпусу 46.717.

**Предмет дослідження** – показники процесу теплообміну при обробленні різанням.

**Методи дослідження.** Робота виконана з використанням положень технології машинобудування, пакету прикладних програм та математичної статистики.

**Отримані результати:** запропоновано удосконалення технології виготовлення корпусу 46.717 з дослідженням процесу теплообміну при обробленні різанням.

**Практичне значення.** Отримані результати зміни температурного поля можна в області різання можна застосовувати для систем автоматичного регулювання.

**Апробація результатів кваліфікаційної роботи магістра.** Окремі результати роботи доповідались на IV міжнародній студентській науково - технічній конференції "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання" 28-29 квітня 2021.

**Структура й обсяг кваліфікаційної роботи магістра.** Робота складається із вступу, п'яти розділів, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить \_\_\_ сторінки, у тому числі \_\_\_ рисунки, \_\_\_ таблиць, бібліографії із \_\_\_ джерел на двох сторінка

## ЗМІСТ

### РЕФЕРАТ

#### ВСТУП

<b>1</b>	<b>АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА</b>	<b>8</b>
1.1	Аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами. Актуальність теми роботи	8
1.2	Служборе призначення деталі	12
1.3	Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу	15
<b>2</b>	<b>НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА</b>	<b>17</b>
2.1	Характеристика об'єкту або предмету дослідження	17
2.2	Оброблення результатів досліджень	20
2.3	Висновки та пропозиції щодо використання результатів виконаних досліджень	26
<b>3</b>	<b>ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА</b>	<b>27</b>
3.1	Вибір способу одержання заготовки	27
3.2	Розроблення технологічного процесу виготовлення виробу	29
3.3	Розразунок припусків на обробку	33
3.4	Вибір ріжучого та вимірного інструменту	35
3.5	Розрахунок режимів різання	36
3.6	Нормування розробленого технологічного процесу	40
3.7	Схема приспособлення та принцип його дії	46
<b>4</b>	<b>ПРОЄКТНА ЧАСТИНА</b>	<b>50</b>
4.1	Визначення основних і допоміжних площ цеху	50
4.2	Розробка планів компонування цеху та розміщення обладнання на дільниці	51
<b>5</b>	<b>ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b>	<b>52</b>
	ВИСНОВКИ	59
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	60
	ДОДАТКИ	

## ВСТУП

Один із факторів, що впливають на стан поверхні, що обробляється та стружкоутворення є теплові явища, які виникають під час процесу різання.

Для досягнення відповідної ефективності та якісних параметрів технологічної операції треба описати структурно-механічну та теплову картину різання. За допомогою цієї моделі можна передбачити, як динамічні показники температурних деформацій впливатимуть на стан оброблюваної поверхні та визначити вплив термодинамічних показників на стан поверхні заготовки та ріжучого інструменту. На наступному етапі аналізуємо вплив деформацій на показники втомної міцності, корозійної та зносостійкості відповідальних поверхонь деталі.

Теплові процеси при процесі різання визначають структуру та послідовність технологічних операцій обробки та впливають на стан ріжучого інструменту і якість обробки поверхні. Контроль теплових процесів при процесі різання необхідний для підвищення ефективності роботи різального інструменту, та відповідно забезпечення продуктивності та якості обробки.

## 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами.

#### Актуальність теми роботи

Технологічний процес різання металів супроводжується тепловиділенням, тому що механічна робота переходить у теплову енергію.

Джерелами виникнення тепла є:

1. Внаслідок пластичної деформації під час різання утворюється стружка та відбувається тертя між внутрішніми її частинками (Q1);
2. Процес тертя стружки до передньої поверхні ріжучого інструменту (Q2);
3. Процес тертя обробленої поверхні по задніх поверхнях інструменту (Q3).

Найбільше виділення тепла спостерігається в області стружкоутворення. Дана зона прилягає до поверхні короблення 1-1. Тут спостерігається процес тепловиділення тому, що одночасно діють два фактори.[3],[11]. Перший - пластична деформація елементів стружки, яка спостерігається по площині сколювання. Другий - пластична деформація тонкого шару металу. Дана ділянка прилягає до площини сколювання із цієї частини припуску, що зрізається. Дану зону виділено штриховою лінією та зображено на рис.1.2.

Пружна деформація, як відомо, відбувається швидше від пластичної деформації. Отже, при різанні металів у шарі, що зрізається спостерігається такий вид деформації і при пластичній деформації. Величину пластичної деформації виявляємо шляхом вимірювання мікротвердості.

Схема розташування теплових джерел під час обробки деталі представлена на рисунку 1.1. [25]

Кількість тепла, що спричиняється процесом деформації і є незначною, проте його необхідно враховувати при розрахунках. [11], [12]



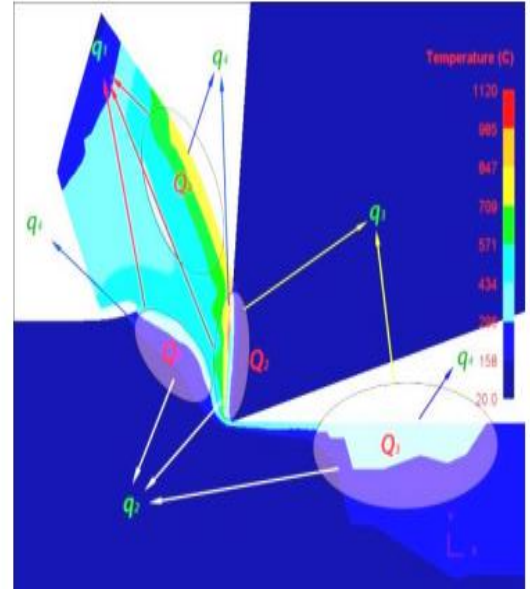
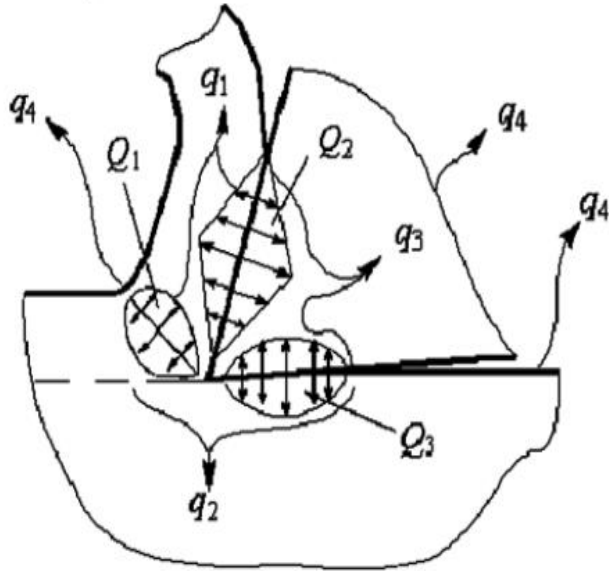


Рисунок 1.1 – Розподіл тепла

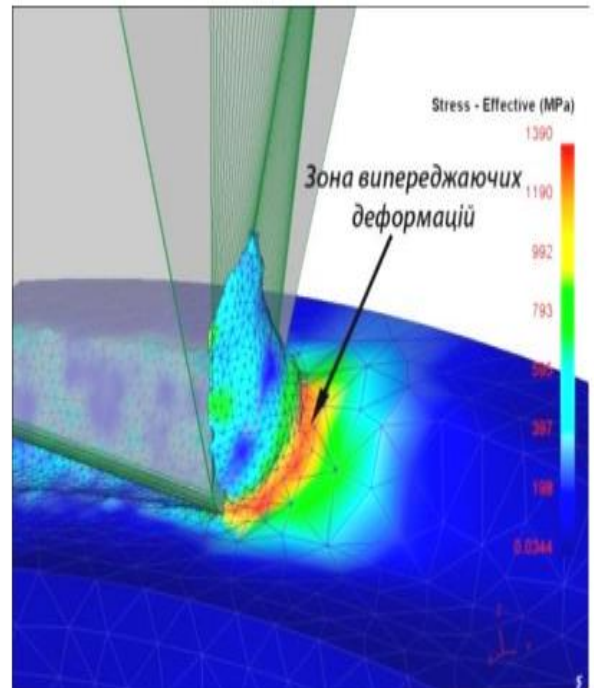
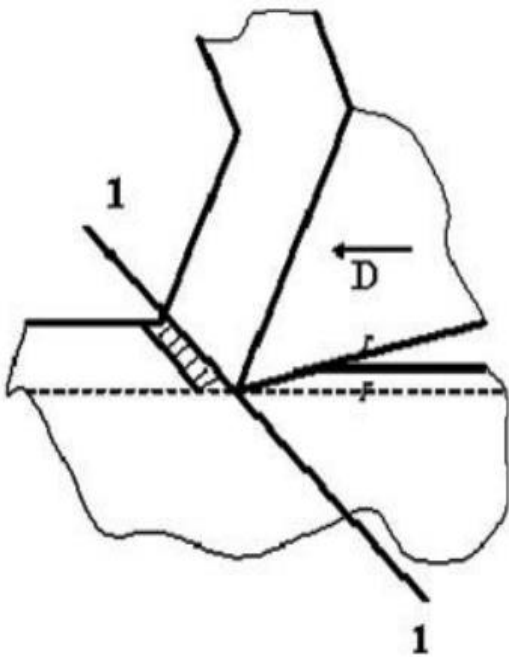


Рисунок 1.2 - Явище деформації

Кількість тепла, що спостерігається при різанні, буде рівною сумі всіх теплових складників, що виділяються з усіх джерел.

$$Q_{\text{заг}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (1.1)$$

Тепло, яку утворюється під час різання, поступово поширюється від точок із вищою температурою до точок на поверхні із нижчою температурою. Тобто по схемі: із зони різання переноситься зі стружкою ( $q_1$ ), потім передається в саму заготовку ( $q_2$ ) та в ріжучий інструмент ( $q_3$ ) і віддається у навколишнє середовище ( $q_4$ ). Тепловий баланс переставимо виразом:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + q_1 + q_2 + q_3 + q_4 \quad (1.2)$$

Кількість тепла, що утворюється під час процесу різання залежить від ряду факторів. Зокрема від виду матеріалу, типу та конструкції інструменту, призначеного режиму різання, та навіть від впливу середовища, при якому здійснюється різання. [25]

Коли починається обробка деталі, кількість температура в зазначеній зоні різання досягає якогось умовного значення та потім стабілізується. Тобто потім тепловий режим устанавлюється. Під час процесу стабілізації виділення тепла дорівнює сумі його відводу за вище переліченими напрямками.

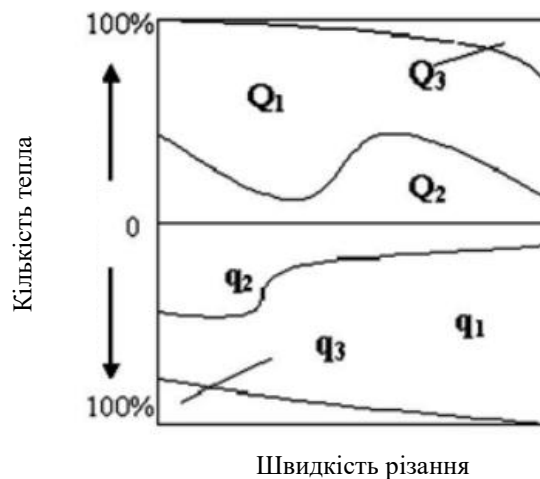


Рисунок 1.3 – Залежність утворення тепла від швидкості різання

Великий інтерес для практики має температура робочої частини ріжучого

інструменту та заготівки. Тому що, тепло, яке надходить до заготівки, може спричинити часткову деформацію та зміну її розмірів, що є основними причинами браку.

У деяких випадках нагрівання заготовки викликає зміну геометричних розмірів. Через неправильне закріплення на верстаті дана заготівка деформується. А в цілому, температурні деформації знижують якість обробки деталі. [24]

Кількість теплота, яке спрямовується в ріжучий інструмент, сприяє його нагріванню та спричиняє зниження ріжучих властивостей інструменту та та швидке його зношення. Із досліджень відомо, при підвищенні показників швидкості різання кількість тепла, що передається інструменту, зменшується. Проте сумарна кількість тепла зростає, і, відповідно, температура у зоні різання досягає максимуму.

Аналіз проведених досліджень показує, що на процес різання впливають наступні фактори:

- величина теплоти, яка виникає під час процесу різання;
- розподіл теплоти в зоні обробки;
- ступінь концентрації теплоти стружки і різця.

Науковцями проводиться значка кількість досліджень щодо вивчення даних факторів. Вчені Н. Н. Савін, Я. Г. Усачов, С. С. Можаяєв займалися питаннями визначення кількості теплоти в стружці, використовуючи калориметричний метод. Ними визначено, що залежно від величини швидкості різання, заданої глибини різання та встановленої подачі в стружці містилося 60–80 % всієї теплоти різання. Якщо швидкість різання збільшувати, то значення теплоти зросте 90 %. У своїх працях А. Я. Малкін стверджує, що регулюючи потік теплоти ми можемо впливати на процес різання. А саме, збільшувати продуктивність роботи ріжучого інструменту та підвищувати якість обробленої поверхні. [23]

На основі теоретичних та експериментальних досліджень процесу теплоутворення можна виявити закони зміни температури різання.

## 1.2 Службове призначення деталі

Деталь “Корпус 46.717” представляє собою корпус циліндричного одноступеневого верхнього редуктора приводу шнеків бурякозбирального комбайна КС-6Б. Даний корпус має форму паралелепіпеда з тонкими стінками.[1]

Корпус 46.717 – нероз’ємний корпус коробчатої форми, що характеризується наявністю системи точно оброблених отворів (Б, В, Г, Д), координованих між собою і відносно базових площин. В основних отворах (Б, В, Г, Д) монтуються підшипникові вузли редуктора.

Основними базовими поверхнями корпуса є поверхні А і А<sub>1</sub>, з допомогою яких він кріпиться на раму комбайна.

Допоміжними базовими поверхнями є поверхні отворів Е і Е<sub>1</sub>, з допомогою яких він кріпиться до рами.

Отвори О і О<sub>1</sub> – допоміжні отвори, які служать для контролю за рівнем мастила.

До допоміжних отворів відносяться також отвори С і Т. Вони призначені для монтажу гвинтів для кріплення до корпусу кришки. Поверхні Ж, З, Л, М, Н, Р, У, Ф, Ц – допоміжні і призначені для виконання механічної обробки базових поверхонь.

“Корпус 46.717” виготовляється методом лиття, матеріал СЧ-20. Базуючись на опис конструкції корпуса робимо висновок, що основними робочими поверхнями являються поверхні Б, В, Г, Д і Е.

Поверхня А – площина розмірами 110×210 мм виконана по 12 квалітету точності, шорсткістю Rz 40, до неї кріпиться кришка редуктора.

Поверхня Б – технологічний отвір Ø14Н12, виконаний по 12 квалітету точності, шорсткістю Rz 40, по якому базується корпус редуктора для виконання наступних операцій механічної обробки.

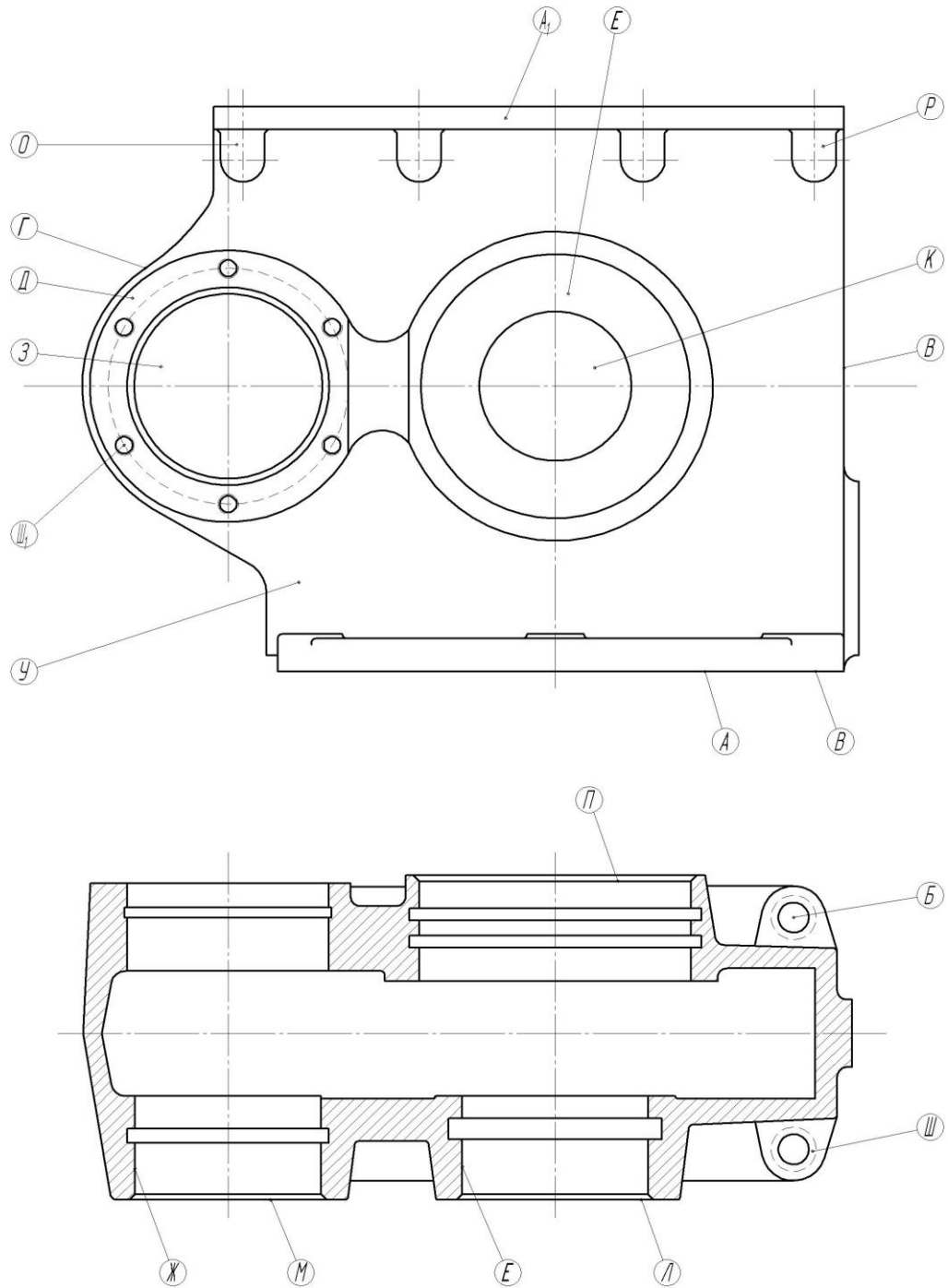


Рисунок 1.4 – Ескіз деталі

Виходячи з огляду конструкції корпусу видно, що основними робочими поверхнями являються поверхні Б, В, Г, Д і Е.

Поверхня А – площина розмірами 110×210 мм виконана по 12 квалітету точності, шорсткістю Rz 40, до неї кріпиться кришка редуктора.

Поверхня Б – технологічний отвір  $\varnothing 14H12$ , виконаний по 12 квалітету точності, шорсткістю Rz 40, по якому базується корпус редуктора для наступних операцій механічної обробки.

Поверхні В і Г – бокові площини корпуса які виконані по 10 квалітету точності, шорсткістю Ra 12,5, до них кріпляться кришки валів редуктора, в яких розміщено ущільнення опор кочення.

Поверхні Д і Е – отвори  $\varnothing 100H8$  в яких розміщено підшипники кочення тихохідного валу редуктора, виконані по 8 квалітету точності, з шорсткістю Ra 2,5.

Поверхні К і З – отвори  $\varnothing 85H8$  в яких розміщено підшипники кочення швидкохідного валу редуктора, виконані по 8 квалітету точності, з шорсткістю Ra 2,5.

Поверхні Ж, Є, Л і М – фаски на внутрішніх отворах редуктора, виконані по 14 квалітету точності з шорсткістю поверхні Ra 25.

Поверхні О – отвори  $\varnothing 8,4^{+0,30}$  для нарізання різі, в які вкручуються болти кріплення кришок підшипників редуктора, шорсткість поверхні Ra 12,5.

Поверхні П – фаски на внутрішніх отворах кріплення кришок редуктора, виконані по 14 квалітету точності з шорсткістю поверхні Ra 25.

Поверхні Р – різь в отворах кріплення кришок редуктора, виконана по 7 квалітету точності з шорсткістю поверхні Ra 12,5.

Поверхня У – торець кріплення заливної пробки редуктора, виконана по квалітету точності, шорсткістю Ra 25.

Поверхня Ш – різь конічна K3/8”, виконана по 7 квалітету точності з шорсткістю поверхні Ra 25.

Поверхня Щ – отвір для кріплення тяги  $\varnothing 17$ , виконаний по 9 квалітету точності з шорсткістю поверхні Ra 25.

Проведемо аналіз технічних умов на виготовлення деталі і представимо [17]їх у вигляді таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Аналіз технічних умов

Позначення поверхні	Технічна вимога	Метод виконання	Метод контролю
1	2	3	4
А	Забезпечити шорсткість Rz 40.	Фрезерування напівчистове	ШЦ-I-125-0,1 – 1 ГОСТ166-80. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
Б	Забезпечити точність розміру $\varnothing 14H8^{+0,043}$ і шорсткість Rz 40.	Свердління	ШЦ-I-125-0,1 – 1 ГОСТ166-80.
В і Г	Забезпечити точність розміру $114\pm 0,8$ мм. і шорсткість Ra 12,5.	Фрезерування чистове	ШЦ-I-125-0,1 – 1 ГОСТ166-80. Зразки шорсткості ГОСТ9378 – 75.
Д, Е	Забезпечити точність розміру $\varnothing 100H8$ і шорсткість Ra 2,5.	Розточування чистове	Пробка ( $\varnothing 100H8$ ) ПР, НЕ ГОСТ14816 – 69. Зразки шорсткості ГОСТ9378 – 75. ШЦ-I-125-0,1 – 1 ГОСТ166-80.
К, З	Забезпечити точність розміру $\varnothing 85H8$ і шорсткість Ra 2,5.	Розточування чистове	Пробка ( $\varnothing 85H8$ ) ПР, НЕ ГОСТ16776 – 71. Зразки шорсткості ГОСТ9378 – 75. ШЦ-I-125-0,1 – 1 ГОСТ166-80.
Ж, Є, Л, М, Н, П	Забезпечити шорсткість Ra 25.	Розточування чистове.	Калібр
О, С, Х, Щ	Забезпечити точність виконання розмірів по 8 квалітету і шорсткість поверхні Ra 25	Свердління чистове	Пробки $\varnothing 8,4$ ; $\varnothing 6,7$ ; $\varnothing 17$ ПР, НЕ ГОСТ16776 – 71.

### 1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу

Для вивчення теплоутворення при процесі різання не достатньо знати кількість теплоти, а й слід дослідити її розподіл. А саме, ступінь концентрації теплоти у різних ділянках виробу, стружки та різця. Якби вся утворена теплота, швидко і рівномірно розподілялася по всьому об'єму оброблювальної деталі та інструменту, то вона швидко б віддавалася в навколишнє середовище, не впливаючи на них. У реальності велика кількість теплоти зосереджується у певних зонах, збільшуючи їхню температуру. Як результат,

затушення різця, та зміни поверхневого шару обробленої поверхні.

На основі теоретичного та експериментального досліджень процесу теплоутворення можна виявити закони зміни температури різання (на поверхні контакту стружки з передньою гранню різця), а також температури різального інструменту та оброблюваної деталі залежно від різних факторів

До завдань кваліфікаційної роботи магістра входить:

- описати вплив різних факторів на температуру різання;
- виявити закони зміни температури різання;
- провести теоретичні дослідження температури різання;
- дослідити температури різального інструменту та оброблюваної деталі залежно від різних факторів;
- вдосконалити технологічний процес виготовлення корпусу 46.717.



## 2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 2.1 Характеристика об'єкту або предмету дослідження

На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень процесу теплоутворення можна описати закони зміни величини температури різання, інструменту та деталі в залежності від дії різних факторів.

Під час процесу стружкоутворення тепло зосереджується у трьох зонах (рис.2.1): у зоні пластичної деформації АМ; у зоні контакту стружки та передньої поверхні ріжучого інструменту АТ; у зоні контакту задньої поверхні інструменту з поверхнею деталі.

У кожного джерела тепла є своя сфера дії (рис.2.1). Найвища величина температури - це є температура різання. [21] Вона спостерігається безпосередньо в стружці, а точніше в зоні контакту її з передньою поверхнею інструменту. Саме тут збирається найбільша кількість тепла, що утворюється під час стружкоутворення, та внаслідок тертя стружки до передньої поверхні різця.

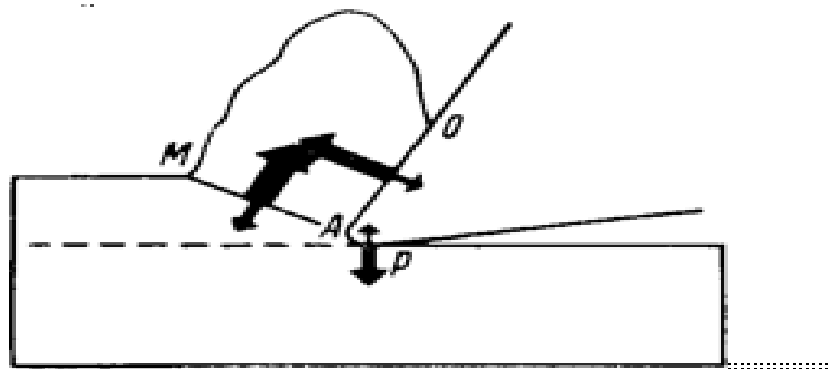


Рисунок 2.1 – Модель процесу різання

Сама більша кількість теплоти, яка утворюється внаслідок деформації – зона АМ, міститься в стружці і де-яка кількість передається до деталі. Тепло від тертя стружки - зона АТ зосереджується в основному в стружці і зовсім мало переходить в інструмент. [23] Вся кількість тепла від тертя по задній

частині інструменту- зона AP, переміщається в деталь та різець.

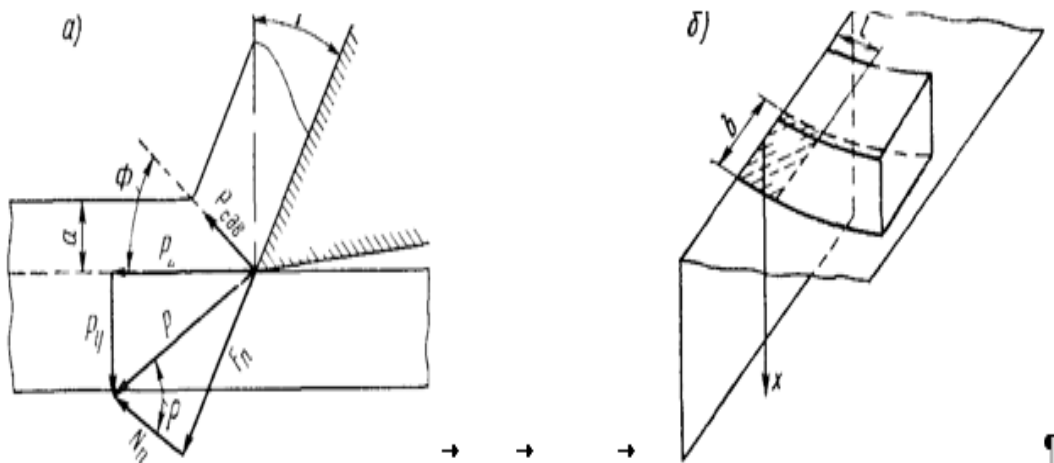


Рисунок 2.2 - Схема сил, що діють у процесі різання (а)  
і схема контакту стружки та різця (б)

На рисунку 2.2, а показана схема сил, які діють в зоні різання. Враховуючи, що кількість роботи в одиницю часу рівна  $R_Z = P_Z v$ , а робота тертя стружки по передній поверхні інструменту  $R_{II} = F_{II} v_{СТР} = F_{II} v \frac{1}{\xi}$  ( $\xi$  — усадка стружки), одержимо роботу [3] деформації стружки

$$R_{ДЕФ} = R_Z - R_{II} = P_Z v - F_{II} v \frac{1}{\xi}. \quad (2.1)$$

По скільки,  $F_{II} = P_Z \sin \gamma + P_Y \cos \gamma$ , то одержимо

$$R_{ДЕФ} = P_Z v \left[ 1 - (\sin \gamma + \mu_0 \cos \gamma) \frac{1}{\xi} \right], \quad (2.2)$$

где  $\mu_0 = \frac{P_E}{P_Z}$ .

Враховуючи деформацію стружки, величина підвищення температури її буде

$$(\theta_{ДЕФ} - \theta_0)_{СР} = \frac{\alpha_0 P_Z v \left[ (1 - \beta_0) - (\sin \gamma + \mu_0 \cos \gamma) \frac{1}{\xi} \right]}{E c d b a v} \quad (2.3)$$

где  $\theta_{ДЕФ}$  — середня температура стружки, поза зоною деформації, °С;

$\theta_0$  — температура середовища, °C;

$\alpha_0$  — коефіцієнт, який враховує скриту енергію деформації ( $\alpha_0 = 0,95$ );

$\beta_0$  — коефіцієнт, який враховує перехід частини тепла в деталь ( $\beta_0 = 0,1$ );

$E$  — механічний еквівалент тепла ( $E = 427 \cdot 10^{-3}$  кгс м/ккал);

$c$  — теплоємність стружки, ккал/кгс град;

$d$  — густина стружки ( $7,8 \cdot 10^{-6}$  кгс/мм<sup>3</sup>);

$b$  — ширина, мм;  $a$  — товщина, мм.

Нехай  $\frac{P_z}{ba}$ , тоді

$$\theta_{ДЕФ.СР} = \frac{\alpha_0 p \left[ (1 - \beta_0) - (\sin \gamma + \mu_0 \cos \gamma) \frac{1}{\xi} \right]}{Ecd} \quad (2.4)$$

Стружка, нагріваючись до температури  $\theta_{ДЕФ.СР}$  покидає зону деформації та починає контактувати з передньою поверхню різця зі швидкістю  $\frac{v}{\xi}$  ширину контакту позначимо  $b$ , а довжину  $l$  (рис. 2.2, б).

Тоді, тепло роботи сили тертя:

$$Q_{ТР.П} = \frac{F_{П} v}{E \xi} \quad (2.5)$$

Для визначення температури на передній поверхні ріжучого інструменту, що утворюється в результаті тертя стружки, припускаємо, що різець має форму стержня з поперечним перерізом –  $bl$ , із постійною температурою на стінці –  $\theta_{ТР.П}$ . Використаємо рівняння теплопровідності

$$\frac{\partial \theta_{ТР.П}}{\partial \tau} = \omega \frac{\partial^2 \theta_{ТР.П}}{\partial x^2}, \quad (2.6)$$

де  $\omega = \frac{\lambda}{c'd'}$  — температуропровідність;

$\lambda$  — теплопровідність різця;

$c'$  — теплоємність резца;

$d'$  — густина;

$\tau$  — час, переміщення стружки на довжину  $l$ ;

$$\tau = \frac{l}{v_{СТР}} = \frac{l\xi}{v}$$

При початкових умовах  $\theta_x = \theta_{ТР.П}$  при  $x = 0$ ,  $\theta_{ТР.П} = 0$  при  $\tau = 0$ , одержимо

$$\theta_{\tau,x} = \theta_{ТР.П} \left( \frac{x}{\Delta} - \frac{2}{\pi} e^{-\frac{\pi^2 \sigma^2}{\Delta^2}} \sin \frac{\pi x}{\Delta} \right), \quad (2.7)$$

где  $\theta_{\tau,x}$  — температура тертя в момент часу  $\tau$ ;

$\Delta$  — глибина проникнення теплоти тертя за час  $\tau$ .

Отже,

$$\theta_{ТР.П} = \frac{F_{II} \sqrt{v \frac{1}{\xi} \pi}}{2Eb\sqrt{\lambda cdl}}. \quad (2.8)$$

У рівнянні (2.8) температуру навколишнього середовища не враховуємо.

Просумувавши значення температури від деформації стружки та її тертя по передній частині ріжучого інструмента, одержимо температуру різання:

$$\theta_{РЕЗ} = \theta_{ДЕФ} + \theta_{ТР.П} = \frac{\alpha_0 p \left[ (1 - \beta_0) - (\sin \gamma + \mu_0 \cos \gamma) \frac{1}{\xi} \right]}{Ecd} + \frac{F_{II} \sqrt{\frac{v}{\xi} \frac{\sqrt{\pi}}{2}}}{Eb\sqrt{\lambda cdl}}. \quad (2.9)$$

Дана формула показує на закономірність зміни температури різання залежно від різних [21] факторів.

## 2.2 Оброблення результатів досліджень

На основі формули (2.9) побудовано графічні залежності зміни складових температури різання від факту зміни швидкості різання різних різців (рис. 2.3 а,б). Аналізуючи графічні залежності робимо висновок, що із збільшенням швидкості різання зменшується температура деформації. Щодо

температура тертя, то вона зростає. Як результат, температура різання підвищується, але повільніше, ніж швидкість.

Якщо умов обробки деталі однакові, то температура різання буде більшою при роботі з мінералокерамічним різцем (рис. 2.3,а) в порівнянні з твердосплавним (рис. 2.3, б).

При проведенні експериментальних досліджень [5] спостерігаємо, що температура різання є вищою, аніж при теоретичних розрахунках. У формулах не враховується величина тепла тертя по задній поверхні різця. Експериментально встановлено, що даний вид тепла все більше спостерігається зі збільшенням швидкості різання.[23] При цьому явищі температура оброблюваної деталі буде стрімко зростати по мірі затуплення різця.

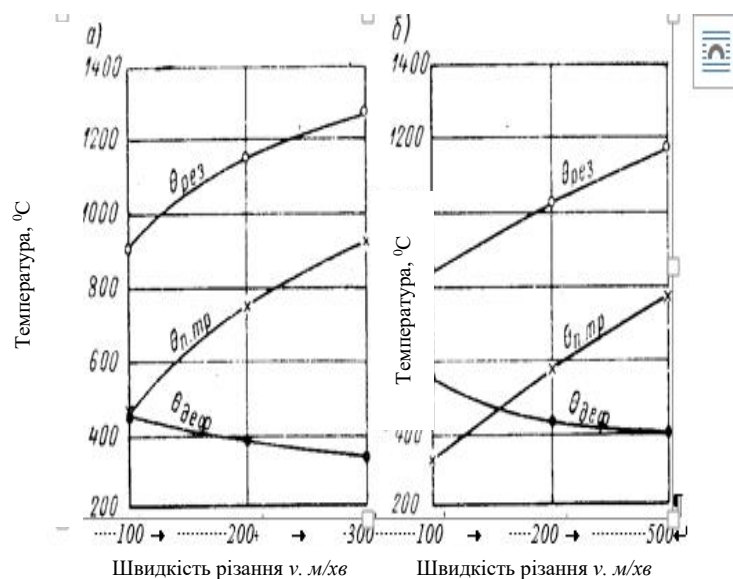


Рисунок 2.3 - Зміна складових температур різання

а — для мінералокерамічного різця; б - для твердосплавного різця

Джерелом даного тепла є тепло від деформації. Відомо, що температура деталі повинна зменшуватися зі зростанням величини швидкості різання, при чому  $\theta_{ДЕФ}$  зменшується (рис. 2.4). Таку закономірність спостерігаємо, при роботі з добре заточеним різцем у нормальних умовах. Проте, при затупленні різця та відповідно зменшення заднього кута  $\alpha$  та кута в плані  $\varphi$ ,

картина міняється. Тоді зі збільшенням сили тертя значно зростатимуть робота та тепло тертя по задній поверхні різця. Ось саме тоді спостерігається підвищення температури деталі зі збільшенням швидкості різання  $V$ . Із рисунка 2.4 робимо висновок, що проходить постійне підвищення температури деталі по мірі затуплення різця. Одночасно з тим температура оброблюваної поверхні деталі зменшується зі збільшенням подачі  $S$ . Цей факт пояснюється тим, що із збільшенням величини  $S$  сила тертя на задній поверхні різця залишається незмінною. При зменшенні часу обробки буде зменшуватися робота сили різання.

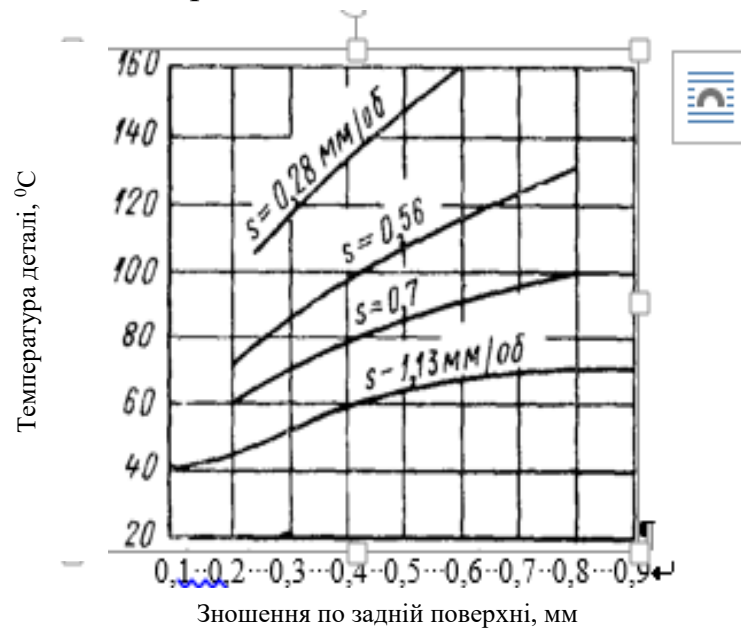


Рисунок 2.4 - Розподіл величини тепла між стружкою, інструментом і деталлю

Температура різання залежить від довжини контакту поверхні різання та стружки по задній та передній поверхнях інструменту. Закономірно, що чим менша довжина контакту на задній поверхні, тим нижче середнє значення температури різання. А максимум температур спостерігається все ближче до ріжучого краю. Якщо ж довжина контакту стружки з передньою поверхнею зменшується, то середня температура також зменшується. Проте, в цьому випадку, максимум температури почне віддаляється від ріжучої кромки.

Максимум температур при швидкісній обробці в зоні різання -  $800^{\circ}\text{C}$ , а по передній частині на поверхні тертя -  $1200^{\circ}\text{C}$ .

Температурне поле стружки і різця зображено на рисунку 2.5, при заданих параметрах  $S=0,25\text{ мм}$ ;  $t=1\text{ мм}$ ;  $V=120\text{ мм/хв}$ . Лінії [25] однакових температур розміщені паралельно до поверхні зсуву в зоні стружкоутворення. Скупчення таких ліній спостерігаємо навколо передньої поверхні леза у ріжучого інструменту – різця. Відповідно до теорії теплопровідності, при вище описаному випадку, теплові потоки розміщуються по нормалі до ізотерм.

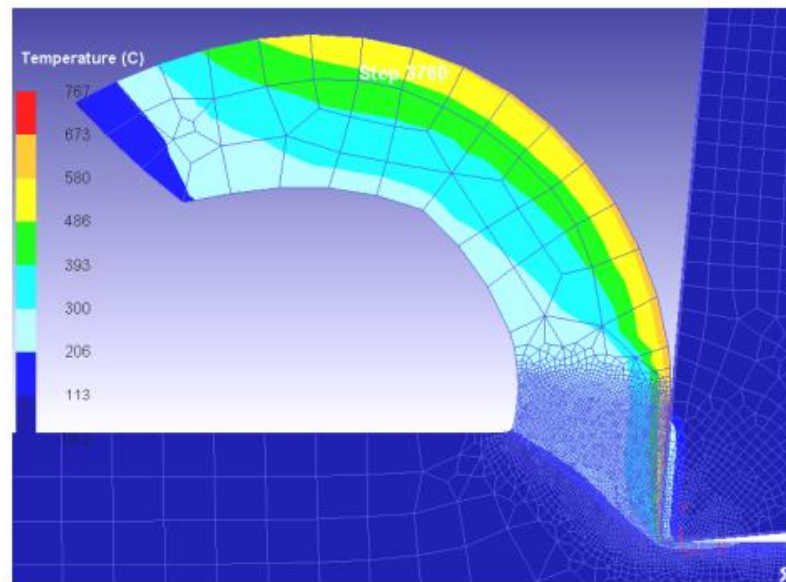


Рисунок 2.5 - Температура деталі при різанні

Для досягнення стійкості різального інструменту та точності оброблення деталі, яка залежить від температурної деформації різця, має суттєве значення наступний факт. Зі зменшенням зони контакту стружки із поверхнею різального інструменту, зокрема з передньою середня температура зменшується, та спостерігається віддалення максимуму температури від різальної кромки.

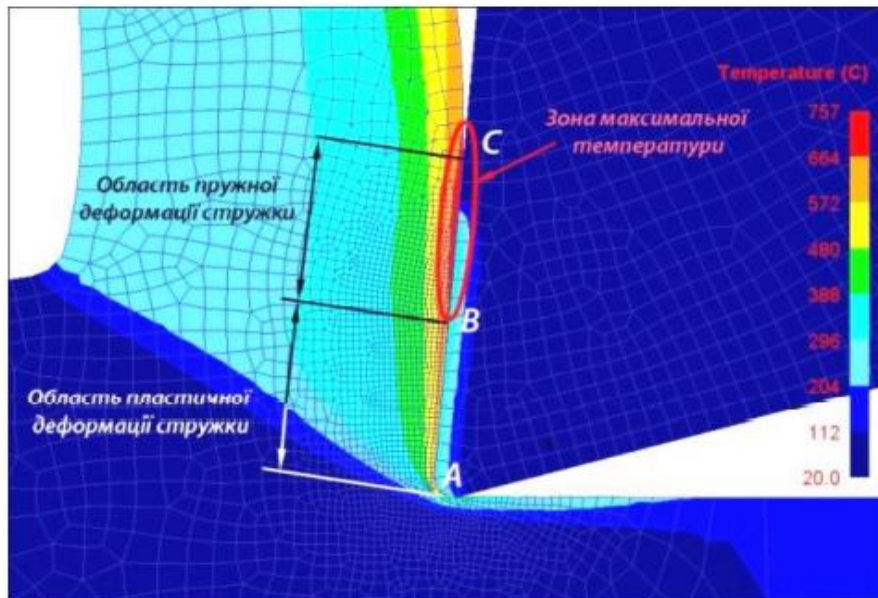


Рисунок 2.6 -. Розподіл температур у зоні контакту стружки і передньої поверхні різального інструменту

Отже, температура у зоні різання залежить як від виду матеріалу, та і від параметрів різання. Значний вплив на зміну температури в зоні різання має швидкість різання, менше впливає подача, а такий фактор, як глибина різання майже не чинить суттєвого впливу. [25]

З геометричних параметрів різального інструменту найбільший вплив на зміну температурних показників різання мають кути ріжучого інструменту: передній та головний, а також величина радіуса закруглення різця при вершині [15].

Відповідно до результатів експериментальних досліджень розподілу температурних зон в різальному інструменті та оброблюваної деталі в залежності від процесу теплообміну при різанні та його параметрів будемо графічні залежності.



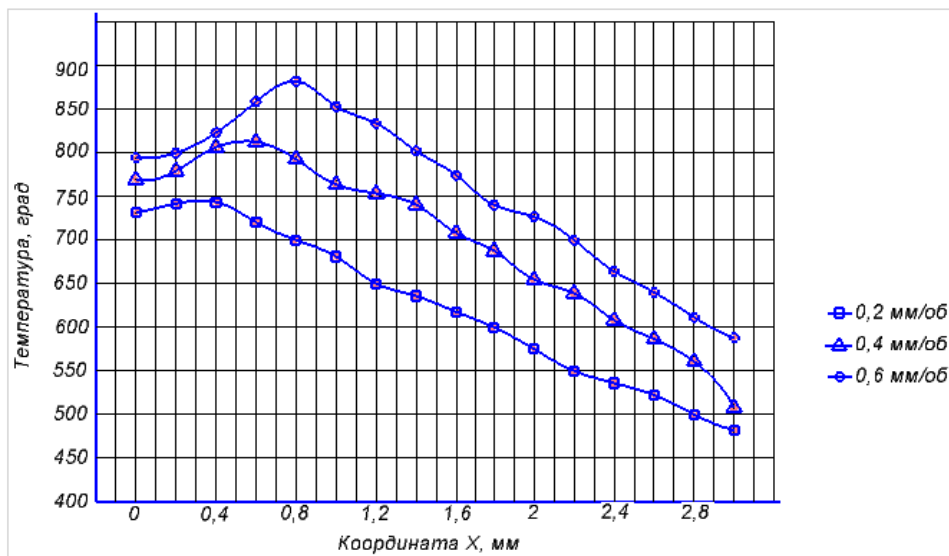


Рисунок 2.7 - Графіки розподілу температури за передньою поверхнею

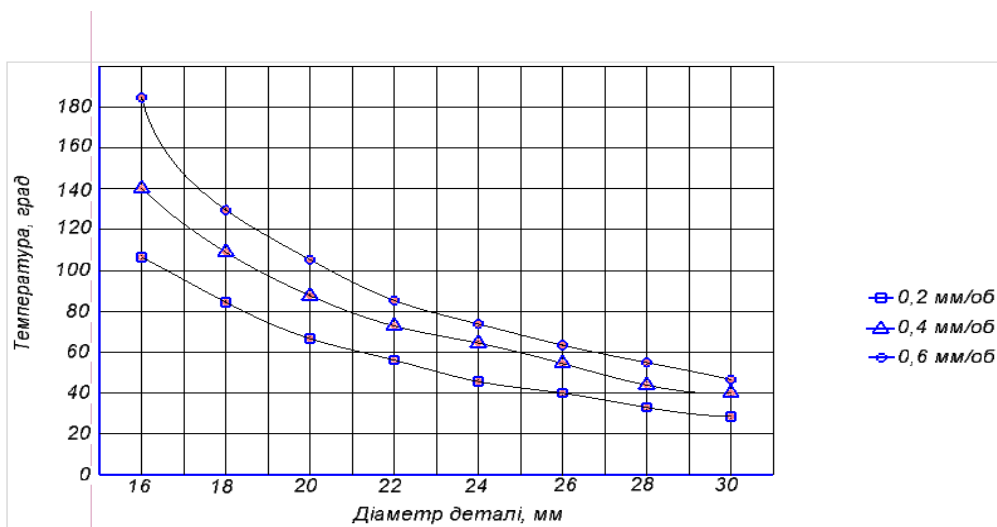


Рисунок 2.8. Графік залежності температури поверхні деталі

З метою дослідження температурних показників у зоні різання дослідниками запропоновано велику кількість аналітичних та емпіричних

формул. Аналітичні формули є складним і мають велику кількість невідомих величин. Водночас, емпіричні формули прості, але їх можна використовувати тільки при проведенні експерименту.

### **2.3 Висновки та пропозиції щодо використання результатів виконаних досліджень**

В результаті вивчення вплив різних факторів на температуру різання, можемо зробити наступні висновки. При збільшенні діаметру оброблюваної деталі зменшується температури її поверхні. При процесі збільшення повздовжньої подачі спостерігається збільшення загальних температур. За допомогою даних досліджень можна спрогнозувати структурні перетворення, які відбуватимуться в поверхневому шарі деталі.

Зменшення переднього кута спричиняє збільшення температури та підвищення її величини біля різальної кромки.

Якщо величина подачі збільшується, то і зростає тиск стружки на різець та робота деформації. Але слід зауважити, що усадка стружки зменшується, а значить робота деформації теж зменшується. Тому кількість теплоти, що утворюється у стружці, збільшуватиметься не значно у порівнянні зі збільшенням подачі. Теплоємність покращується, у момент збільшення об'єму стружки. Це пояснюється тим, що площа контакту стружки з різцем збільшується. Тому температура різання зростає зі збільшенням подачі, але незначно, у порівнянні із підвищенням швидкості.

### 3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1 Вибір способу одержання заготовки

Провівши аналіз матеріалу – Чавун СЧ-20, робимо висновок, що заготовку отримують литвом в земляні форми або литвом по виплавляємим моделях.[22]

Вартість заготовок, які отримуються литвом в земляні форми і литвом по виплавляємим моделях можна визначити за формулою [19]:

$$S_{заг} = \left( \frac{C_1}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II} \right) - (Q - q) \frac{S_{відх}}{1000}, \quad (3.1)$$

де  $Q$  - маса заготовки, кг.;

$C_1$  - базова вартість одної тонни заготовок, грн.;

$q$  - маса деталі, кг.;

$S_{відх}$  - ціна одної тонни відходів чавуну СЧ-20, грн.;

$k_T, k_C, k_B, k_M, k_{II}$  - коефіцієнти, що враховують клас точності, групу складності, масу, марку матеріалу і об'єм випуску заготовок.

Проведемо розрахунок по двох різних варіантах виготовлення заготовки і порівняємо їх.

I варіант – виливок (виливка в земляні форми).

$Q = 24,65$  кг. - маса заготовки, кг.;

$q = 19,7$  кг. - маса деталі по кресленню;

$C_1 = 84000$  грн. - базова вартість одної тони виливків із чавуну СЧ-20;

$S_{відх} = 8200$  грн. - вартість одної тони відходів чавуну СЧ-20;

$k_T = 1$  - коефіцієнт, що враховують клас точності виливка;

$k_C = 1$  - коефіцієнт групи складності вилівка;

$k_B = 0,72$  - коефіцієнт, що враховує масу заготовки;

$k_M = 0,62$  - коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу;

$k_{II} = 1,22$  - коефіцієнт групи серійності виготовлення виливок.

$$S_{загI} = \left( \frac{84000}{1000} \cdot 24,65 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,72 \cdot 0,62 \cdot 1,22 \right) - (24,65 - 19,7) \frac{8200}{1000} = 1080,64$$

грн.

II варіант – вилівок (литво по виплавляємим моделям).

$Q = 25,32$  кг. - маса заготовки, кг.;

$q = 19,7$  кг. - маса деталі по кресленню;

$C_1 = 84000$  грн. - базова вартість однієї тони виливків із чавуну СЧ-20;

$S_{відх} = 8200$  грн. - вартість однієї тони відходів чавуну СЧ-20;

$k_T = 1$  - коефіцієнт, що враховують клас точності вилівка;

$k_C = 1$  - коефіцієнт групи складності вилівка;

$k_B = 0,8$  - коефіцієнт, що враховує масу заготовки ;

$k_M = 0,62$  - коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу;

$k_{II} = 1,2$  - коефіцієнт групи серійності виготовлення виливок.

$$S_{загII} = \left( \frac{84000}{1000} \cdot 25,32 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,62 \cdot 1,2 \right) - (25,32 - 19,7) \frac{8200}{1000} = 1210,98 \text{ грн.}$$

Економічний ефект при співставленні способів отримання заготовок:

$$E_3 = (S_{загI} - S_{загII}) \cdot N = (1080,64 - 1210,98) \cdot 5000 = 667000 \text{ грн.};$$

Коефіцієнт використання матеріалу: перший спосіб -0.72, другий спосіб -0,8

Отже вибираємо заготовку для корпусу – литво в земляну форму 8-го класу точності розмірів, 3-го ряду припусків.

### 3.2 Розроблення технологічного процесу виготовлення виробу

Складемо два варіанти технологічного процесу механічної [17] обробки деталі та представимо їх у вигляді таблиць 3.1. і 3.2.

Таблиця 3.1– I варіант технологічного процесу виготовлення Деталі “Корпус 46.717”

№ операції	Назва операції	Оброблювані поверхні	Модель обладнання
1	2	3	5
005	Комплексна з ЧПК	<i>A</i>	CW-800
010	Комплексна з ЧПК	<i>B</i>	CW-800
015	Радіально-свердлильна	<i>B, Г</i>	2A554
020	Вертикально-фрезерна	<i>B, Г</i>	6540
025	Горизонтально-фрезерна	<i>Д, Е, З, К</i>	6P82Г
030	Радіально-свердлильна	<i>Д, Е, З, К</i>	2A554
035	Радіально-свердлильна	<i>С,</i>	2A544
040	Радіально-свердлильна	<i>О</i>	2A544
045	Радіально-свердлильна	<i>О</i>	2A544

Таблиця 3.2 – II варіант технологічного процесу виготовлення  
Деталі “Корпус 46.717”

№ операції	Назва операції	Оброблювані поверхні	Модель обладнання
1	2	3	5
005	Комплексна з ЧПК	А, Б	2204ВМФ-4
010	Комплексна з ЧПК	В, Г	2204ВМФ-4
015	Горизонтально-фрезерна	Д, Е, З, К, ,	6Р82Г
020	Вертикально-фрезерна	С,	6540
025	Вертикально-свердлильна	О	2Н150
030	Вертикально-свердлильна	О	2Н135
035	Вертикально-свердлильна	О	2Г175

Технологічну собівартість виконання операції та визначаємо за формулою

$$C_{ОП_i} = Z_o + H_o \cdot K_{M_2} \cdot T_{ум}, \quad (3.2)$$

де  $Z_o$  - основна і додаткова заробітна плата верстатника, грн.:

$$Z_o = H_{О.Г.} \cdot T_{ум} \cdot K_M;$$

де  $H_{ОГ}$  - норматив годинної заробітної плати верстатника відповідного розряду, грн/хв;

$K_M$  - коефіцієнт, що враховує багатOVERстатне обслуговування,  $K_M = 1$  - для обслуговування одного верстату одним робітником;

$T_{ум}$  - штучний час на операції, хв.

$H_o$  - середні затрати, коп/хв, на утримання і експлуатацію обладнання,

$K_{M_2}$  - коефіцієнт роботи обладнання на даній операції

Технологічна собівартість деталі:

$$C = C_{заг} + \sum C_{ОП_i}, \quad (3.3)$$

де  $C_{заг}$  - собівартість заготовки.

Величина приведеної річної економії:

$$E = (C_1 - C_2) \cdot N, \quad (3.4)$$

де  $C_1, C_2$  - технологічні собівартості двох варіантів технологічних процесів виготовлення деталі;

$N$  - програма випуску деталей.

Величина приведеної річної економії – економічний ефект від впровадження другого варіанту технологічного процесу:

$$E = (C_1 - C_2) \cdot N = (420,55 - 330,53) \cdot 5000 = 451000 \text{ грн.}$$

Тому в якості проектного варіанту технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус 46.717” вибираємо II варіант.

### 3.3 Визначення припусків на оброблення, проектування заготовки

Розрахунок припусків на обробку проводимо аналітичним методом для однієї точної поверхні  $\varnothing 85H8$ , решта припусків на обробку інших поверхонь визначаємо табличним методом. [2]

Технологічний маршрут обробки поверхні отвору  $\varnothing 85H8$  складається з трьох переходів:

- чорнове розточування – по 14 квалітету Ra25 (Rz100);
- напівчистове розточування – по 12 квалітету (Rz50);
- чистове розточування – по 9 квалітету Ra2,5 (Rz10).

Для заготовки – виливка отримана литтям в земляні форми Rz200; T200 мкм.

Для чорнового розточування Ra25; T100 мкм.

Для напівчистового розточування Rz50; T50 мкм.

Для чистового розточування Rz10; T20 мкм.

Сумарне значення просторових відхилень для виливків складає:

$$\rho = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{зм}^2}, \quad (3.5)$$

де  $\rho_{кор} = \Delta K \cdot D$  - відхилення вилівка від площинності (короблення);

$\Delta K = 1$  мкм/мм – питома кривизна заготовки на 1 мм. Довжини заготовки;

$D = 85$  мм. – діаметр обробки.

$$\rho_{кор} = 1,0 \cdot 85 = 85 \text{ мкм.}$$

$\rho_{зм}$  - зміщення стержня, приймається рівним допуску на найбільший розмір від осі отвору до технологічної бази з урахуванням найбільших розмірів вилівка.

Допуск  $\delta = 350$  мкм, отже  $\rho_{зм} = 350$  мкм.

$$\rho = \sqrt{85^2 + 350^2} = \sqrt{8100 + 122500} = 361,4 \text{ мкм. – для заготовки.}$$

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho = 0,05 \cdot 361,4 = 18 \text{ мкм. – для чорнового розточування.}$$

$$\rho_2 = 0,04 \cdot \rho = 0,04 \cdot 361,4 = 14 \text{ мкм. – для напівчистового розточування.}$$

$$\rho_3 = 0,03 \cdot \rho = 10,8 \text{ мкм. – для чистового розточування.}$$

Похибка установки визначається за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2}, \quad (3.6)$$

Похибка базування при обробці деталі, що базується по гладкому і зрізаному пальцях та площині складає:

$$\varepsilon_{h_1} = s_{\min} + \delta_B + \delta_A, \quad (3.7)$$

де мінімальний зазор між діаметрами пальця і отвору -  $S_{\min} = 0,015$  мм = 15 мкм.

допуск на отвір,  $\delta_A = 0,016 = 16$  мкм.;

допуск на діаметр пальця  $\delta_B = 0,014 = 14$  мкм.

Похибка базування складе:

$$\varepsilon_{\delta} = 15 + 16 + 14 = 45 \text{ мкм.}$$

Похибка закріплення  $\varepsilon_3 = 500$  мкм. [1, с.76, Т36].

$$\varepsilon_y = \sqrt{45^2 + 500^2} = 502 \text{ мкм. – для заготовки.}$$

$$\varepsilon_1 = 0,05 \cdot \varepsilon_y = 0,05 \cdot 500 = 25 \text{ мкм. – для чорнового розточування.}$$



$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot \varepsilon_y = 0,04 \cdot 500 = 20$  мкм. – для напівчистового розточування.

$\varepsilon_3 = 0,03 \cdot \varepsilon_y = 0,03 \cdot 500 = 15$  мкм. – для чистового розточування.

Мінімальне значення величини припуску:

$$2Z_{i\min} = 2\left(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}\right) \quad (3.8)$$

Для чорнового розточування:

$$2Z_{1\min} = 2\left(200 + 200 + \sqrt{361^2 + 502^2}\right) = 2 \cdot 1016 \text{ мкм.}$$

Для напівчистового розточування:

$$2Z_{2\min} = 2\left(100 + 100 + \sqrt{18^2 + 25^2}\right) = 2 \cdot 230 \text{ мкм.}$$

Для чистового розточування:

$$2Z_{3\min} = 2\left(50 + 50 + \sqrt{14^2 + 20^2}\right) = 2 \cdot 124 \text{ мкм.}$$

Розрахунковий розмір:

$$d_{p_i} = d_i - 2Z_{i\min_i};$$

$$d_{p_2} = 85,087 - 2 \cdot 0,124 = 84,493, \text{ мм.}$$

$$d_{p_1} = 84,493 - 2 \cdot 0,230 = 80,012 \text{ мм.}$$

$$d_{p_{\text{заз}}} = 80,012 - 2 \cdot 1,016 = 78,791 \text{ мм.}$$

Найменші граничні відхилення ( $d_{\min}$ ) визначаються з найбільших віднімань допуску:

$$d_{\min_i} = d_{\max} - \delta \quad (2.11)$$

$$d_{\min_3} = 85,087 - 0,087 = 85 \text{ мм.}$$

$$d_{\min_2} = 84,493 - 0,350 = 84,143 \text{ мм.}$$

$$d_{\min_1} = 82,62 - 0,870 = 81,42 \text{ мм.}$$

$$d_{\min_{\text{заз}}} = 78,791 - 1,400 = 77,391 \text{ мм.}$$

Значення (граничні максимальні і мінімальні) припусків:

$$2Z_{\max_3} = 85,00 - 84,143 = 870 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{\max_2} = 84,143 - 81,142 = 1702 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{\max_1} = 81,142 - 78,791 = 2651 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{\min_3} = 85,087 - 84,32 = 767 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{\min_2} = 84,32 - 82,12 = 1340 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{\min_1} = 82,019 - 79,15 = 2269 \text{ мкм.}$$

Проведемо перевірку правильності розрахунків [4]:

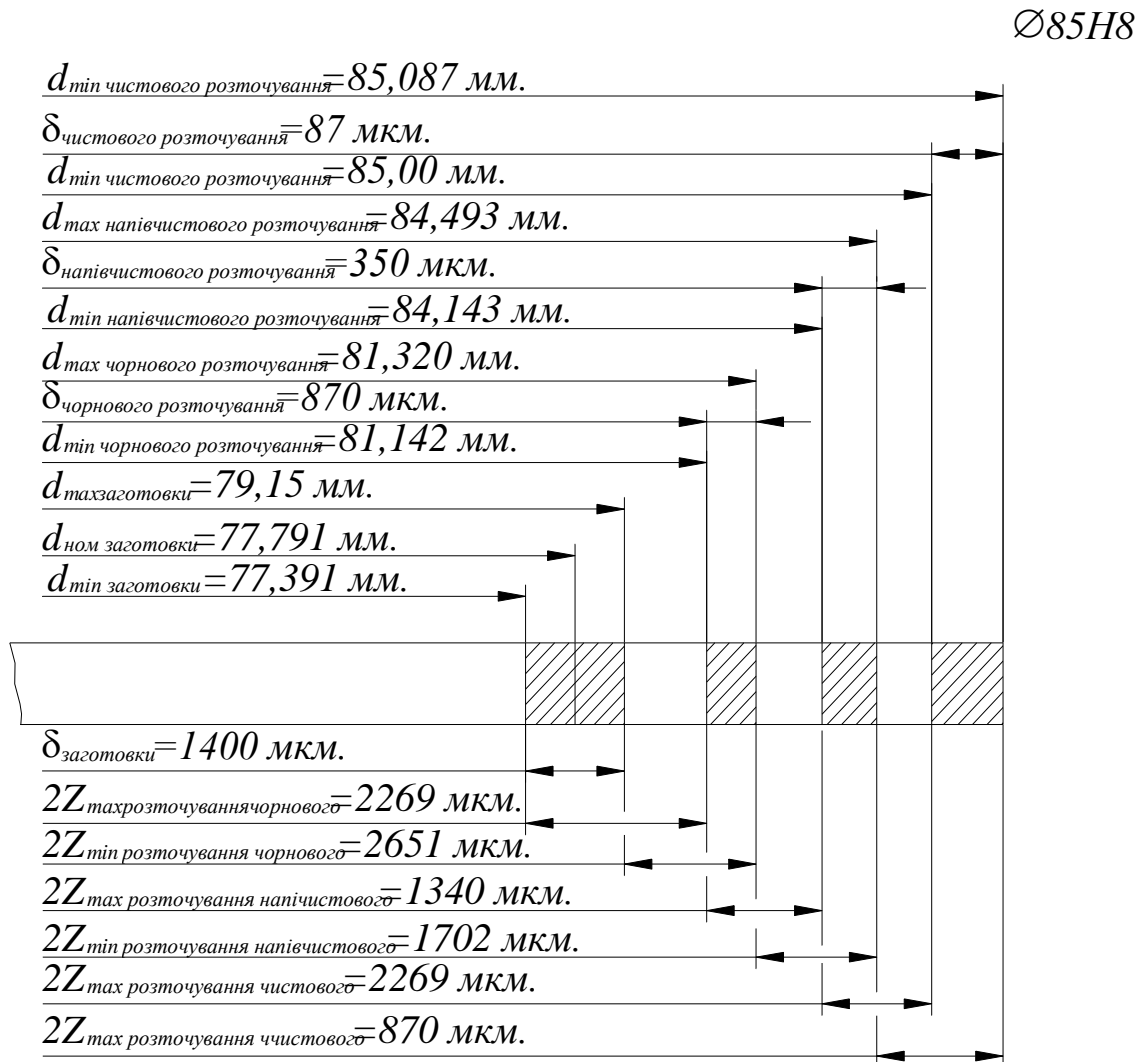


Рисунок 3.1 – Розміщення припусків на обробку отвору Ø85H8

$$Z_{\max_3} - Z_{\min_3} = 2651 - 2269 = 382 \text{ мкм.}; \quad \delta_2 - \delta_3 = 766 - 384 = 382 \text{ мкм.}$$

$$Z_{\max_2} - Z_{\min_2} = 1702 - 1340 = 362 \text{ мкм.}; \quad \delta_1 - \delta_2 = 765 - 403 = 362 \text{ мкм.}$$

$$Z_{\max_1} - Z_{\min_1} = 870 - 767 = 103 \text{ мкм.}; \quad \delta_{\text{заг}} - \delta_1 = 289 - 186 = 103 \text{ мкм.}$$

Графічно схему розміщення припусків на обробку отвору представлено на рис. 3.3.

Таблиця 3.3 – Табличні значення припусків

Пове рхня	Розмір, мм.	Припуск, мм.	Допуск, мм.	Квалітет	Новий розмір, мм.
А	335	3,0	1	15	238 <sup>+1,0</sup>
В, Г	110	2×2,5	1,4	15	115 <sup>+1,4</sup>
З, К	Ø100Н8	2×2,5	1,2	15	Ø96 <sup>+1,2</sup>
Ш	28Н12 <sup>+0,3</sup>	2,5	1,2	15	30,5 <sup>+1,2</sup>

Решта розмірів: отвори М10×1-7Н; М8-7Н, Ø17<sup>+0,34</sup> належать тілу заготовки, тому припуски на них забезпечуються автоматично.

### 3.4 Вибір ріжучого та вимірювального інструменту

Проведемо вибір ріжучого та вимірювального інструменту [18], та представимо його результати у вигляді таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Вибір ріжучого та вимірювального інструменту

№ операції	Назва операції	Інструмент	
		ріжучий	вимірювальний
1	2	3	4
005	Комплексна з ЧПК	Свердло 2317-0020 ГОСТ 14952-75.	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ166-80.
		Свердло 2301-0046 ГОСТ 14952-75.	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ГОСТ166-80. Калібр на розміщення.
010	Комплексна з ЧПК	Фреза ВК-8 2214-4008	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ166-80.
		Різець токарний 2102-4175-01. Різець токарний розточний 2102-4158.	Пробки контрольні ГОСТ14815-69 і ГОСТ14816-69.

Продовження таблиці 3.4			
1	2	3	4
020	Вертикально-фрезерна	Фреза ВК-8 2214-4084	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ166-80. Пробки контрольні ГОСТ14815-69 і ГОСТ14816-69.
030	Горизонтально-фрезерна	Фреза ВК-8 2214-4041.	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ166-80.
035	Вертикально-свердлильна	Свердло 2301-0020 ГОСТ 10903-77.	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ166-80. Калібр на розміщення отворів.
040	Вертикально-свердлильна	Зенковка 2353-0133 ГОСТ 14953-80. Мітчик М8 2621-2193 ГОСТ 3266-81.	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ166-80. Пробка М8 ГОСТ 17758-72.

### 3.5 Розрахунок режимів різання по операціях (переходах). Вибір обладнання

По емпіричних формулах розраховуємо режими різання для чорнового розточування отвору  $\varnothing 85H9^{+0,870}$  [20].

Обробка проводиться на багатоцільовому верстаті 2206ВМФ4.

Глибина різання з попередніх розрахунків:

$\varnothing 78,791$  мм. – діаметр заготовки;

$\varnothing 80,012$  мм. – діаметр чорнового розточування отвору.

Отже:

$$t = \frac{D_{дет} - D_{заг}}{2} = \frac{80,012 - 77,791}{2} = \frac{2,559}{2} = 1,28 \text{ мм.},$$

Ріжучий інструмент – розточний різець з пластинами із твердого сплаву ВК-8. Січення державки різця  $32 \times 25$  мм. Геометричні параметри різця:  $r = 1,2$  мм.,  $\varphi = 45^\circ$ ,  $\lambda = 0$ ,  $\varphi_1 = 45^\circ$ .

Назначаємо подачу  $S = 0,3 \div 0,5 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$  – при чорновому розточуванні при вильоті різця  $l = 100$  мм.

Приймаємо подачу  $S = 0,3 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$ .

Період стійкості різця  $T = 60$  хв.

Швидкість різання при токарній обробці:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (3.9)$$

Де  $C_v = 292$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,2$ ;  $m = 0,2$ .

Загальний поправочний коефіцієнт швидкості різання

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{\varphi v} \cdot K_{\lambda v} \cdot K_{Ov} \cdot K_{uv}, \quad (3.10)$$

де  $K_{Mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left( \frac{750}{380} \right)^{-0,9} = 0,74$  - коефіцієнт, що залежить від

властивостей оброблюваного матеріалу ( $K_r = 1$ ;  $n_v = -0,9$ );

$K_{nv} = 0,8$  - коефіцієнт, що залежить від стану оброблюваної поверхні;

$K_{uv} = 0,93$  - коефіцієнт, що залежить від матеріалу ріжучої частини інструменту;

$K_{\varphi v} = 1$  - коефіцієнт, що залежить від геометричних параметрів різця (при  $\varphi = 45^\circ$ );

$K_{Ov} = 0,9$  - коефіцієнт, що враховує вид обробки поверхні;

$K_{\varphi v}$  та  $K_{rv}$  враховуються тільки при обробці різцями із швидкоріжучої сталі.

Звідси швидкість різання:

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 1,28^{0,15} \cdot 0,3^{0,2}} \cdot 0,74 \cdot 0,8 \cdot 0,93 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 62,6 \text{ м/хв.}$$

Зобрахункове число обертів шпинделя верстату:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 62,6}{3,14 \cdot 77,791} = 224 \text{ об/хв.}$$

Коректуємо число обертів шпинделя по паспорту верстату:

$$n = 220 \text{ об/хв.}$$

Дійсна швидкість різання буде складати:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 88,5 \cdot 220}{1000} = 61,2 \text{ м/хв.}$$

При розточуванні ці складові розраховуються по залежності:

$$P_{x,y,z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Коефіцієнти і показники степеней для складових сил різання:

$P_z$	$P_y$	$P_x$
$C_p = 300$	$C_p = 243$	$C_p = 339$
$x = 1,0$	$x = 0,9$	$x = 1,0$
$y = 0,75$	$y = 0,6$	$y = 0,5$
$n = -0,15$	$n = -0,3$	$n = -0,4$

Поправочний коефіцієнт:

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{r p};$$

де  $K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n$  - коефіцієнт, що враховує вплив властивостей

оброблюваного матеріалу на силові залежності;

$$K_{Mp_z} = \left( \frac{520}{750} \right)^{0,4} = 0,87;$$

$$K_{Mp_y} = \left( \frac{520}{750} \right)^{1,0} = 0,69;$$

$$K_{Mp_x} = \left( \frac{520}{750} \right)^{0,8} = 0,75;$$

$K_{\varphi p_{x,y,z}} = 1,0$  - поправочний коефіцієнт при  $\varphi = 45^\circ$ ;

$K_{\lambda_{p_{x,y,z}}} = 1,0$  - поправочний коефіцієнт переднього кута;

$K_{\lambda_{p_{x,y,z}}} = 1,0$  - поправочний коефіцієнт кута нахилу ріжучої кромки;

$K_{\gamma_p}$  враховується тільки при обробці різцями із швидкоріжучої сталі.

Тоді :

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,28^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 61,2^{-0,15} \cdot 0,87 = 1900 \text{ Н.};$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 1,28^{0,9} \cdot 0,3^{0,6} \cdot 61,2^{-0,3} \cdot 0,69 = 1300 \text{ Н.};$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 1,28^{1,0} \cdot 0,3^{0,5} \cdot 61,2^{-0,4} \cdot 0,75 = 1600 \text{ Н.}$$

Потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1900 \cdot 61,2}{1020 \cdot 60} = 1,9 \text{ кВт.}$$

Проведемо перевірку:

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{ун}},$$

де  $N_{\text{ун}} = N_o \cdot \eta$ ,  $N_{\text{ун}} = 11$  кВт. – потужність електродвигуна приводу головного руху;  $\eta = 0,85$  - коефіцієнт корисної дії механізму приводу верстату.

$$1,9 < (11 \cdot 0,85) = 9,35 \text{ кВт.}$$

З розрахунків видно, що потужність верстату достатня для обробки даної деталі.

Основний технологічний час на обробку:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \quad (3.11)$$

де  $L$  - довжина різання:

$$L = l + y + \Delta = 25 + 3 + 0 = 28 \text{ мм.}$$

$l = 25$  мм. - довжина обробки;

$y = 3$  мм. – врізання різця;

$\Delta = 0$  мм. – перебіг відсутній, так як отвір “глухий”.

$$T_o = \frac{28 \cdot 1}{220 \cdot 0,3} = 0,42 \text{ хв.}$$

Режими різання інших операцій вибираємо по нормативних даних і зводимо в таблицю 3.5.

### 3.6 Технічне нормування розробленого технологічного процесу

Норми штучного часу [4]:

$$T_{шт} = T_o + T_\delta + T_{обсл} + T_{відп}, \quad (3.12)$$

де  $T_o$  - основний (технологічний) час;

$T_\delta$  - допоміжний час;

$T_{обсл}$  - час на обслуговування робочого місця;

$T_{відп}$  - час на відпочинок та природні потреби робітника.

Оперативний час:

$$T_{оп} = T_o + T_\delta, \quad (3.13)$$

Тоді штучний час:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{обсл} + T_{відп}. \quad (3.14)$$

Штучно – калькуляційний час:

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{н.з.}}{n}, \quad (3.15)$$

де  $T_{н.з.}$  - підготовчо-заключний час;

$n = \frac{N \cdot a}{F}$  - величина партії деталей;

$N = 5000$  шт. - річна програма випуску деталей;

$a = 5$  - необхідний запас деталей на складі;

$F = 257$  днів – число робочих днів в році;



$$N = \frac{5000 \cdot 5}{257} = 98 \text{ деталей.}$$

Розраховуємо норму штучного часу на комплексну операцію 005.

Час на встановлення та зняття деталі:

$$T_{в.з.} = 0,36 \text{ хв.};$$

Час на вимірювання деталі:

$$T_{вим} = 0,24 \text{ хв.};$$

Час на управління верстатом:

$$T_{уп} = 0,02 \text{ хв.};$$

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок:

$$T_{обсл} = 4,15\% T_o$$

$$T_{відп} = 4,15\% T_o$$

Тоді допоміжний час:

$$T_{доп} = T_{в.з.} + T_{вим} + T_{уп} = 0,36 + 0,24 + 0,2 = 0,8 \text{ хв.}$$

Основний час на даній операції складає  $T_o = 2,32$  хв., тоді оперативний час буде:

$$T_{он} = T_o + T_{доп} = 2,32 + 0,8 = 3,12 \text{ хв.};$$

$$T_{обсл} = 4,15\% (3,12) = 0,13 \text{ хв.};$$

$$T_{відп} = 4,15\% (3,12) = 0,13 \text{ хв.};$$

Звідси штучний час на операції:

$$T_{шт} = 3,12 + 0,13 + 0,13 = 3,38 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заключний час  $T_{п.з.} = 32$  хв.

Штучно калькуляційний час складе:

$$T_{шт.к} = 3,38 + \frac{32}{98} = 3,72 \text{ хв.}$$

Для решти переходів технологічного процесу розрахунки зводимо в таблицю 3.6.

Таблиця 3.6 – Норми штучного часу на операції техпроцесу

Номер операції	$T_0$ , хв.	Допоміжний, хв.			$T_{оп}$ , хв.	$T_{обс}$ , хв.	$T_{від}$ , хв.	$T_{ум}$ , хв.	$T_{п.з.}$ , хв.	$n$ , шт.	$T_{ум.к}$ , хв.
		$T_{в.з.}$	$T_{вим}$	$T_{ун}$							
005	8,5	0,36	0,24	0,2	0,8	0,39	0,39	10,07	100	98	10,75
015	5,8	0,36	0,24	0,2	0,8	0,14	0,14	6,88	32	98	7,2
025	24,1	0,45	0,45	1,2	2,1	0,5	0,5	26,2	24	98	27,13
035	0,8	0,36	0,24	0,3	1,1	0,15	0,15	1,4	24	98	1,84
040	3,16	0,21	0,55	0,3	1,06	0,18	0,18	4,58	29	98	5,41
045	5,18	0,2	0,15	0,1	0,99	0,04	0,04	6,25	29	98	6,72

Операція 005. Штучний час на операції  $T_{ум} = 10,75$  хв.

$$m_p = \frac{5000 \cdot 10,75}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 2,87.$$

Приймаємо кількість верстатів рівною  $m_n = 3$ .

Операція 010. Штучний час на операції  $T_{ум} = 7,2$  хв.

$$m_p = \frac{5000 \cdot 7,2}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 1,89.$$

Приймаємо кількість верстатів рівною  $m_n = 2$ .

Операція 015. Штучний час на операції  $T_{ум} = 27,13$  хв.

$$m_p = \frac{5000 \cdot 27,13}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 6,98.$$

Приймаємо кількість верстатів рівною  $m_n = 7$ .

Операція 020. Штучний час на операції  $T_{ум} = 1,84$  хв.

$$m_p = \frac{5000 \cdot 1,84}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,68.$$

Приймаємо кількість верстатів рівною  $m_n = 1$ .

Операція 025. Штучний час на операції  $T_{ум} = 5,41$  хв.

$$m_p = \frac{5000 \cdot 5,41}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 1,416.$$

Приймаємо кількість верстатів рівною  $m_n = 2$ .

Операція 030. Штучний час на операції  $T_{um} = 6,72$  хв.

$$m_p = \frac{5000 \cdot 6,72}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 1,76.$$

Приймаємо кількість верстатів рівною  $m_n = 2$ .

Операція 035. Штучний час на операції  $T_{um} = 3,64$  хв.

$$m_p = \frac{5000 \cdot 3,64}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,967.$$

Приймаємо кількість верстатів рівною  $m_n = 1$ .

Операція 040. Штучний час на операції  $T_{um} = 3,7$  хв.

$$m_p = \frac{5000 \cdot 3,7}{60 \cdot 3979 \cdot 0,8} = 0,969.$$

Приймаємо кількість верстатів рівною  $m_n = 1$ .

Визначимо коефіцієнти завантаження обладнання по операціях:

$$\eta_{3_i} = \frac{m_p}{m_n} \cdot 100\% \quad (3.16)$$

$$\eta_{3_1} = \frac{2,87}{3} \cdot 100\% = 96\%; \quad \eta_{3_2} = \frac{1,89}{2} \cdot 100\% = 94,5\%;$$

$$\eta_{3_3} = \frac{6,98}{7} \cdot 100\% = 97,1\%; \quad \eta_{3_4} = \frac{0,68}{1} \cdot 100\% = 68\%;$$

$$\eta_{3_5} = \frac{1,416}{2} \cdot 100\% = 70,8\%; \quad \eta_{3_6} = \frac{1,76}{2} \cdot 100\% = 88\%;$$

$$\eta_{3_7} = \frac{0,967}{1} \cdot 100\% = 96,7\%; \quad \eta_{3_8} = \frac{0,969}{1} \cdot 100\% = 96,9\%;$$

$$\eta_{3_9} = \frac{0,56}{1} \cdot 100\% = 56\%;$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{3_c} = \frac{\sum \eta_{3_i}}{i} = \frac{96 + 94,5 + 97,1 + 68 + 70,8 + 88 + 96,7 + 96,9 + 56}{9} = 84,89\%$$

Коефіцієнт використання обладнання по основному часу:

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{\text{ум.к.}}} \quad (3.17)$$

$$\eta_{o_1} = \frac{8,5}{10,75} = 0,79; \quad \eta_{o_2} = \frac{5,8}{7,2} = 0,81; \quad \eta_{o_3} = \frac{24,1}{27,13} = 0,88;$$

$$\eta_{o_4} = \frac{0,8}{1,84} = 0,43; \quad \eta_{o_5} = \frac{3,16}{5,41} = 0,58; \quad \eta_{o_6} = \frac{5,18}{6,72} = 0,77;$$

$$\eta_{o_7} = \frac{2,58}{3,64} = 0,71; \quad \eta_{o_8} = \frac{1,67}{3,79} = 0,44; \quad \eta_{o_9} = \frac{1,49}{1,91} = 0,78;$$

Середній коефіцієнт використання обладнання по основному часу:

$$\eta_{oc} = \frac{\sum \eta_{o_i}}{i} = \frac{0,79 + 0,81 + 0,88 + 0,43 + 0,58 + 0,77 + 0,71 + 0,44 + 0,78}{9} = 0,69;$$

Коефіцієнт використання обладнання по потужності:

$$\eta_n = \frac{N_{\text{піз}}}{N_{\text{верст}}} \quad (3.18)$$

$$\eta_{n_1} = \frac{6,3}{11} = 0,57; \quad \eta_{n_2} = \frac{5,8}{9} = 0,64; \quad \eta_{n_3} = \frac{2,13}{9} = 0,24;$$

$$\eta_{n_4} = \frac{0,8}{5,5} = 0,15; \quad \eta_{n_5} = \frac{2,2}{5,5} = 0,40; \quad \eta_{n_6} = \frac{2,17}{5,5} = 0,40;$$

$$\eta_{n_7} = \frac{1,5}{5,5} = 0,27; \quad \eta_{n_8} = \frac{2,16}{5,5} = 0,40; \quad \eta_{n_9} = \frac{2,16}{5,5} = 0,40;$$

Середній коефіцієнт використання обладнання по потужності:

$$\eta_{nc} = \frac{\sum \eta_{n_i}}{i} = \frac{0,57 + 0,64 + 0,24 + 0,15 + 0,40 + 0,40 + 0,27 + 0,40 + 0,40}{9} = 0,38;$$

На основі визначених коефіцієнтів завантаження та використання обладнання будемо графіки з представляємо їх на рис. 3.2 і 3.3

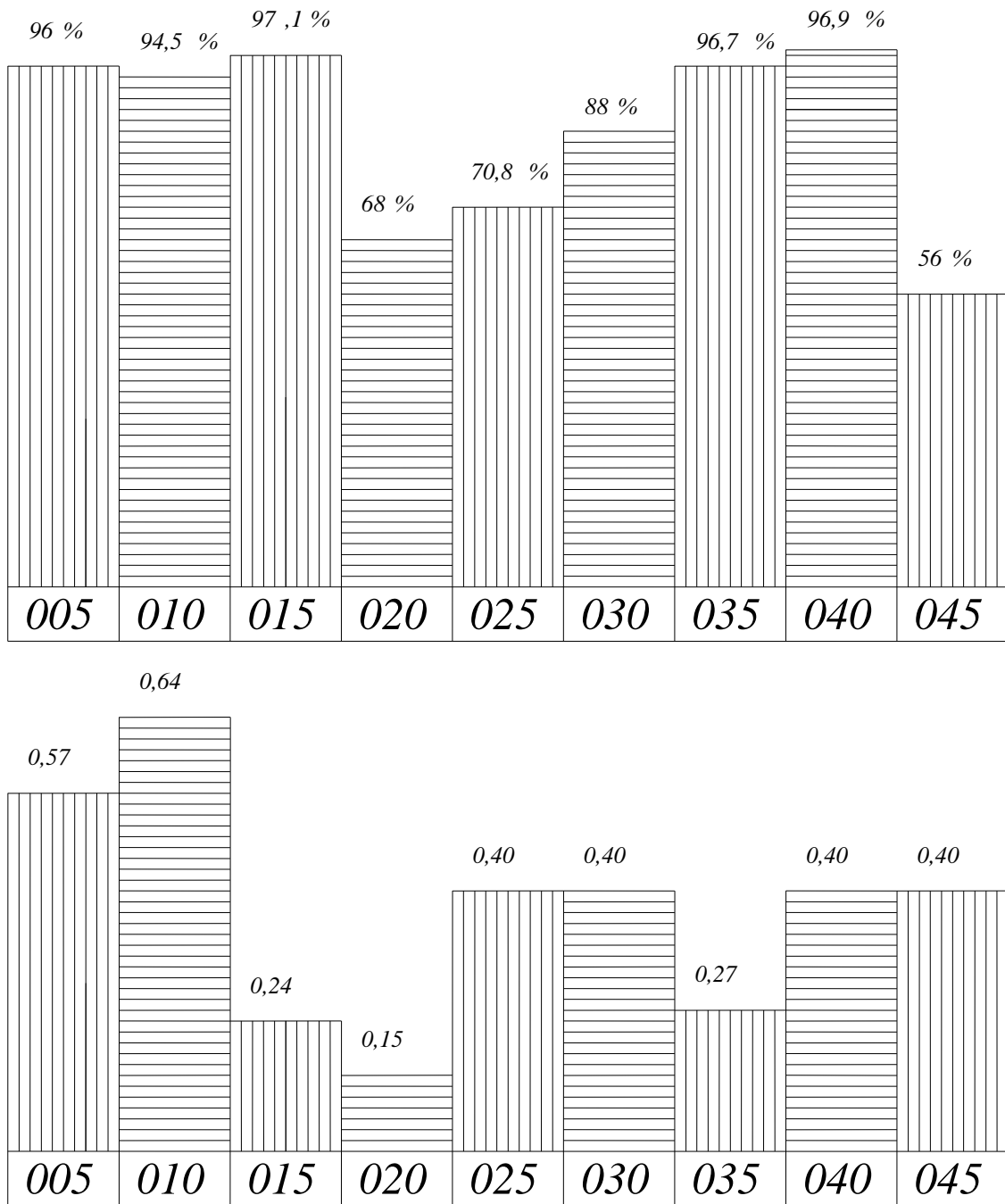


Рисунок 3.2 – Графіки завантаження обладнання та використання його по основному часу

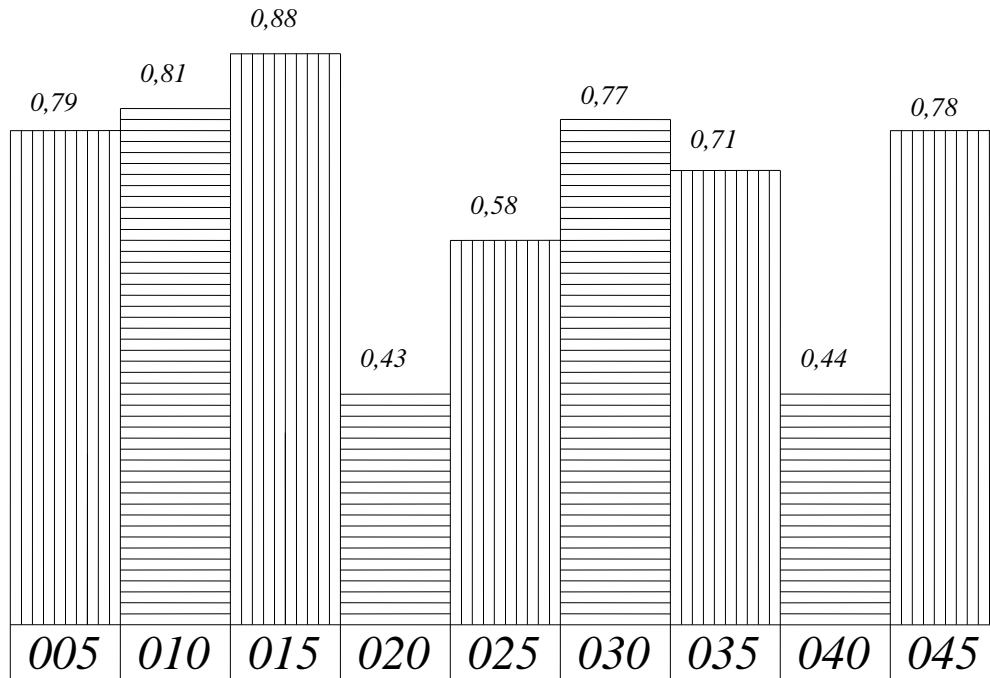


Рисунок 3.3 - Графік використання обладнання по потужності

### 3.7 Схема пристосування та принцип його дії

Розробка конструкції пристрою для фрезерування деталі.

Базовою деталлю пристосування є корпус 1, за допомогою якого пристосування встановлюється на столі фрезерного верстату. Базування пристосування на столі здійснюється за допомогою двох шпонок 25, а закріплення – болтами (на кресленні не показані [13]).

В корпусі пристосування розміщуються два пальці: циліндричний 11 і зрізаний 12, на яких базується плита 3, котра закріплюється на корпусі за допомогою 4-х гвинтів 20. На ці ж пальці і плиту встановлюється оброблювана деталь.

Затиск деталі здійснюється по поверхнях основних отворів діаметрами 85 мм і 120 мм за допомогою двох плечового прижиму 4, що з'єднується за допомогою осі 7 із важелем 10. До важеля, який з одного боку шарнірно з'єднаний з корпусом пристосування, а з другого з прижимом, посередині за допомогою осі 7 кріпиться тяга 8, яка в свою чергу з'єднана з коромислом 5. При переміщенні лівого (рухомого) кінця коромисла вниз відбувається затиск деталі, при переміщенні вгору – розтиск. До коромисла під'єднується пневмопривід, що дозволяє автоматизувати процес затиску деталі.

Розрахунок приспособлення на точність.

Похибка установки визначається за формулою:

$$\varepsilon_y = \varepsilon_{\delta} + \varepsilon_3, \quad (3.19)$$

де  $\varepsilon_{\delta}$  - похибка базування;

$\varepsilon_3$  - похибка закріплення.

Похибка закріплення складає  $\varepsilon_3 = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм}$ .

Отже похибка установки деталі в даному приспособленні складається виключно з похибки закріплення і становить 0,1 мм, що менше допуску на обробку даної поверхні.

Розрахунок необхідної сили затиску

В даному випадку оброблювана деталь 1 базується на установочних елементах пристосування і притискається до них силою затиску  $Q$ , а сила різання  $P$  діє в перпендикулярному напрямку.

Силі різання протидіють сили тертя  $T_2 = Qf_2$  між опорною поверхнею пристосування і нижньою базовою площиною деталі, а також  $T_1 = Qf_1$  між верхньою площиною деталі і поверхнею затиску.

Сила затиску визначається з мови рівноваги сил:

$$(W - P)fr = \frac{2M}{d}kR, \quad (3.20)$$

Звідси:

$$W = \frac{2kMR}{dfr} - P, \quad (3.22)$$

де  $f$  - коефіцієнт тертя в місці затиску;

$k$  - коефіцієнт запасу;

$R$  - відстань від осі фрези до осі деталі;

$$r = \frac{D_2 - D_3}{2} = \frac{95 - 90}{2} = 2,5 \text{ мм.} - \text{ радіус, по якому затискається деталь.}$$

При використанні двохважільного механізму умовою рівноваги:

$$W = \frac{1}{\eta} Q \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha - \varphi_{np}) \operatorname{tg} \varphi_{2np}}{\operatorname{tg}(\alpha - \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_1}, \quad (3.23)$$

де  $\alpha$  - кут скосу важеля,  $^{\circ}$ ;

$\varphi$  - кут тертя похилій поверхні важеля,  $^{\circ}$ ;

$\varphi_1$  - кут тертя в ланці,  $^{\circ}$ ;

$\varphi_2$  - кут повороту важеля,  $^{\circ}$ .

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} \varphi_1 = 0,1 \quad \varphi = \varphi_1 = \varphi_2 = 5^{\circ} 50';$$

$$\operatorname{tg} \varphi_{2np} = 0,21;$$

$$\alpha = 15^{\circ}.$$

Характеристика механізму:

$$\frac{1 - \operatorname{tg}(\varphi + \varphi_{np}) \operatorname{tg} \varphi_{2np}}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_1} = 2,26;$$

$\eta = 0,60$  - коефіцієнт корисної дії механізму.

$$W \cdot \eta = 2,26 \cdot Q$$

$$W = \frac{2,26 \cdot Q}{\eta}$$

$$\frac{2,26}{\eta} Q = \frac{2kMR}{dfr} - P$$

Визначаємо необхідне зусилля пневмоциліндра пристрою:

$$Q = \left( \frac{2kMR}{dfr} - P \right) \cdot \frac{\eta}{2,26}, \quad (3.24)$$



Сила різання при фрезеруванні:

$$P = C_p \cdot t^{X_p} \cdot S_z^{Y_p} \cdot Z \cdot B^{Z_p} \cdot D^{q_p} \quad (3.25)$$

де  $C_p = 48$ ;  $X_p = 0,83$ ;  $Y_p = 0,65$ ;  $Z_p = 1,0$ ;  $q_p = -0,83$  - коефіцієнт та показники степенів у формулі .

$$P = 48 \cdot 10^{0,83} \cdot 0,1^{0,65} \cdot 4 \cdot 20^{1,0} \cdot 20^{-0,83} = 484 \text{ кг.}$$

Момент:

$$M = C_M \cdot D^{2,0} \cdot S^{Y_M} \cdot K m_m,$$

де  $C_M = 23,6$ ;  $Y_M = 0,80$ ;  $K m_m = 0,7$ .

$$M = 23,6 \cdot 20^{2,0} \cdot 0,1^{0,80} \cdot 0,7 = 1047 \text{ кг мм.}$$

Отже:

$$Q = \left( \frac{2 \cdot 1,1 \cdot 1047 \cdot 125}{12 \cdot 0,78 \cdot 65} - 484 \right) \cdot \frac{0,98}{2,26} = 357,5 \text{ кг.}$$

Зусилля, яке повинен розвивати пневмоциліндр буде складати  $Q=357,5$ кг.

## 4 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

### 4.1 Визначення основних і допоміжних площ цеху

Площа цехового складу матеріалів і заготовок [8]:

$$S_{СК} = \frac{Q_3 t}{260 q k}; \quad (6.4)$$

де  $Q_3$  - маса матеріалів та заготовок річного об'єму випуску, які підлягають зберіганню на складі;

$t$  - кількість робочих днів запасу, на протязі яких матеріал зберігається на складі;

$q$  - середнє допустиме навантаження на 1 квадратний метр корисної площі підлоги складу;

$k$  - коефіцієнт використання площі складу.

Результати розрахунку площ представляємо вигляді таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Відомість площ дільниці цеху

№ п/п	Назва відділення	Площа, м <sup>2</sup>
1	Механічне	1000
2	ІРК	80
3	Комора інструментального оснащення	50
4	Комора пристроїв	43
5	Контрольне відділення	35
6	Цехова ремонтна база	80
7	Склад заготовок	60
8	Склад масел	20
Всього		1430

## 6.4 Вибір типу і основних будівельних параметрів будівлі

Дільниця механічної обробки корпусу 46.717 розміщується в корпусі з повним каркасом, скомпонованому з уніфікованих типових секцій з розмірами в плані 72×72 м. Сітка колон 18×12 м, крок пристінних колон 6 м [9].

Будівля одноповерхова, безкранова, прямокутна в плані з світлоаераційним ліхтарем.

Виходячи з типажу підйомно-транспортного обладнання, яке використовується, висота прольоту приймається рівною 7,2 м.

Фундаменти виконані окремо розміщеними з залізобетону. На них опираються колони і фундаментні балки. Обріз фундаменту розміщується на 150 мм нижче рівня чистої підлоги.

Колони прямокутного перерізу в плані, залізобетонні, висотою 8100мм і розмірами в плані 500×500 мм.

Несучі конструкції покриттів виконані у вигляді залізобетонних уніфікованих сегментних ферм.

Зовнішні стіни використовуються з залізобетонних навісних панелей з віконними пройомами і простінакми. Віконні конструкції з алюмінію, заповнені склопакетами.

Ворота дерев'яні з сталевим каркасом, з повітряно-тепловою завісою і розмірами 3×3 м.

Двері використовуються розміром 1,5×2,4 м і розміщуються на рівних відстанях між собою по периметру будівлі.

Покрівля цеху скатна, складається з збірних настилів, укладених по фермах. По плитах укладено утеплювач, цементна стяжка і водоізоляційний килим з 3 шарів рубероїду.

Підлога в цеху виконана з полімерцементним покриттям, яке допускає технологічне навантаження 3..5 т/м<sup>2</sup>, використання води, мінеральних масел і емульсій і має низьку трудомісткість очищення.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Заходи безпеки при експлуатації електроустановок в проектуваному цеху

Робота щодо забезпечення безпечної експлуатації електроустановок здійснюється згідно з обов'язковими, для всіх споживачів електроенергії, незалежно від їх відомчої приналежності, правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів та правилами техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів. Обслуговування діючих електроустановок, проведення в них оперативних переключень, організація та виконання ремонтних, монтажних, налагоджувальних робіт і випробувань здійснюються спеціально підготовленим електротехнічним персоналом [6].

Роботи в діючих електроустановках з врахуванням заходів безпеки поділяються на виконувані: зі зняттям напруги, без зняття напруги на струмоведучих частинах і поблизу них, без зняття напруги на віддалі від струмоведучих частин, котрі знаходяться під напругою. До робіт, виконуваних зі зняттям напруги, відносяться роботи, котрі виконуються в електроустановці, в котрій зі всіх струмоведучих частин знята напруга і вхід в приміщення сусідньої електроустановки, котра знаходиться під напругою, закритий. До робіт, виконуваних без зняття напруги на струмоведучих частинах та поблизу них, відносяться роботи, котрі проводяться безпосередньо на цих частинах.

Роботою без зняття напруги на віддалі від струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, вважається робота, при котрій виключається випадкове наближення працюючих людей та використовуваного ними ремонтного обладнання і інструменту до струмоведучих частин на віддаль менше встановленої і не вимагається вжиття технічних або організаційних заходів (безперервного нагляду) для запобігання такому наближенню.

При виконанні робіт зі зняттям напруги та без зняття напруги на струмоведучих частинах та поблизу них повинні виконуватись організаційні та технічні заходи. До організаційних заходів відносяться:

- оформлення роботи по наряді-допуску, розпорядженню або за переліком робіт, виконуваних в порядку поточної експлуатації;
- допуск до роботи;
- нагляд під час роботи;
- оформлення перерви під час роботи;
- переводи на інше робоче місце.

*Наряд-допуск* - це завдання на безпечне виконання роботи, оформлене на спеціальному бланку встановленої форми. Він визначає зміст, місце виконання роботи, час її початку та закінчення, умови її безпечного виконання, склад бригади та осіб, відповідальних за безпечне виконання роботи. Відповідальними за безпечне виконання робіт є: особа, що видала наряд; котра дає розпорядження; особа, що допускає до роботи; керівник роботи; виконавець роботи; спостережник; член бригади.

Всі роботи, котрі виконуються в електроустановках без наряду, виконуються:

- за розпорядженням осіб, уповноважених на це, з оформленням в оперативному журналі;
- в порядку поточної експлуатації з подальшим записом в оперативному журналі.

Розпорядження — це завдання на виконання роботи, що визначає її зміст, місце, час, заходи безпеки. Воно має разовий характер, видається на один вид роботи і діє протягом однієї зміни.

За розпорядженням можуть виконуватись:

- позапланові роботи, викликані виробничою необхідністю, тривалістю до 1 год.;
- роботи без зняття напруги на віддалі від струмоведучих частин, котрі знаходяться під напругою, тривалістю не більше однієї зміни;

— роботи зі зняттям напруги з електроустановок напругою до 1000 В тривалістю не більше однієї зміни.

Поточна експлуатація — це проведення оперативним персоналом самостійно на закріпленій за ним ділянці протягом однієї зміни робіт за спеціальним переліком [6].

До організаційних заходів в цьому випадку відноситься складання, відповідальним за електрогосподарство, переліку робіт стосовно конкретних умов.

До технічних заходів, що забезпечують безпеку робіт, виконуваних зі зняттям напруги, відносяться:

— необхідні-вимкнення та вжиття заходів, котрі запобігають подачі напруги до місця роботи внаслідок помилкового або довільного ввімкнення комутаційної апаратури;

— вивішування на приводах ручного та на ключах дистанційного керування комунікаційної апаратури (автомати, рубильники, вимикачі) забороняючих плакатів;

— перевірка відсутності напруги на струмоведучих частинах;

— накладання заземлення;

— вивішування попереджувальних та припису вальних плакатів, огороження, при необхідності, робочих місць та струмоведучих частин, які залишились під напругою.

## **5.2 Розрахунок притічної вентиляції для проектованого цеху**

Під вентиляцією розуміють сукупність заходів та засобів призначених для забезпечення на постійних робочих місцях та зонах обслуговування виробничих приміщень метеорологічних умов та чистоти повітряного середовища, що відповідають гігієнічним та технічним вимогам. Основне завдання вентиляції -- вилучити із приміщення забруднене або нагріте повітря та подати свіже.

Вентиляція класифікується за такими ознаками:

- за способом переміщення повітря — природна, штучна (механічна) та суміщена ( природна та штучна одночасно);
- за напрямком потоку повітря — припливна, витяжна, припливно-витяжна;
- за місцем дії — загальнообмінна, місцева, комбінована [6].

Природна вентиляція відбувається в результаті теплового та вітрового напору. Тепловий напір обумовлений різницею температур, а значить і густини внутрішнього і зовнішнього повітря. Вітровий напір обумовлений тим, що при обдуванні вітром будівлі, з її навітряної сторони утворюється підвищений тиск, а підвітряної — розрідження (рис. 5.1).

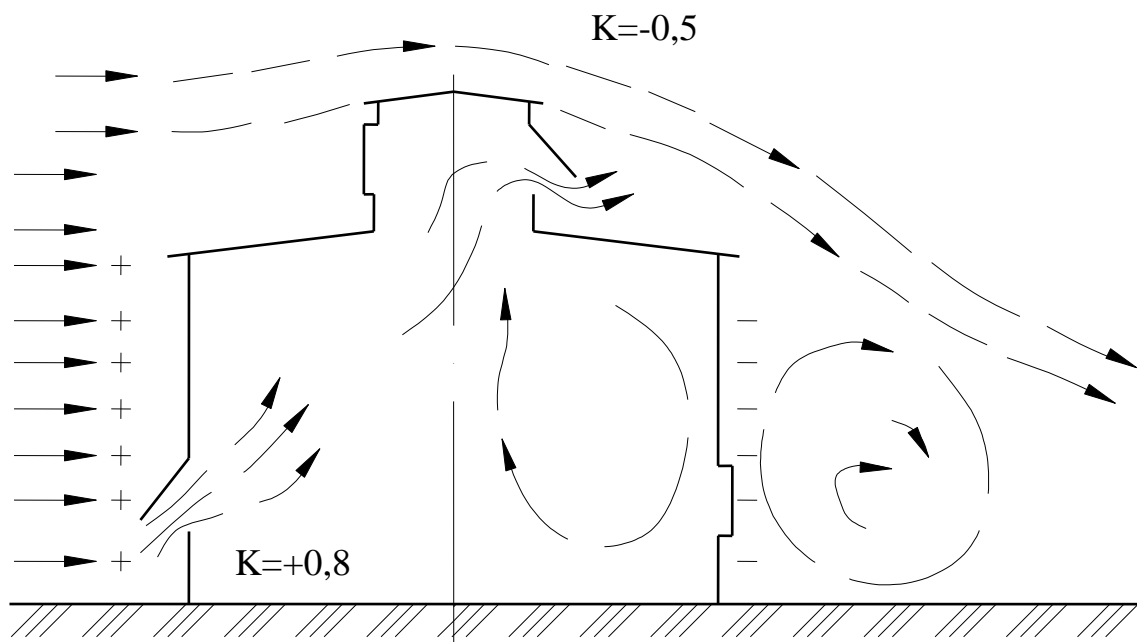


Рисунок 5.1 - Розподіл тиску в будівлі при дії вітру

Природна вентиляція може бути неорганізованою і організованою. При неорганізованій вентиляції невідомі об'єми повітря, що надходять та вилучаються із приміщення, а сам повітрообмін залежить від випадкових чинників (напрямку та сили вітру, температури зовнішнього та внутрішнього повітря). Неорганізована природна вентиляція включає інфільтрацію -

просочування повітря через нещільності у вікнах, дверях, перекриттях та провітрювання, що здійснюється при відкриванні вікон та квартир.

Організована природна вентиляція називається аерацією. Для аерації в стінах будівлі роблять отвори для надходження зовнішнього повітря, а на даху чи у верхній частині будівлі встановлюють спеціальні пристрої (ліхтарі) для видалення відпрацьованого повітря. Для регулювання надходження та видалення повітря передбачено перекидання на необхідну величину аераційних отворів та ліхтарів. Це особливо важливо в холодну пору року.

Необхідні площі припливних  $F_{\text{ПП}}$  та витяжних  $F_{\text{В}}$  аераційних отворів, що забезпечують потрібний повітрообмін визначаються за формулами:

$$F_{\text{ПП}} = \frac{I_{\text{ПП}}}{3600 \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_{\text{Н}} (\gamma_3 - \gamma_{\text{В}}) \cdot \gamma_{\text{В}}}}; \quad (5.1)$$

$$F_{\text{В}} = \frac{I_{\text{В}}}{3600 \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_{\text{В}} (\gamma_3 - \gamma_{\text{В}}) \cdot \gamma_{\text{В}}}}, \quad (5.2)$$

де  $I_{\text{ПП}}$  і  $I_{\text{В}}$  - необхідна кількість (за масою) повітря, яке відповідно надходить і видаляється з приміщення;

$\mu$  - коефіцієнт втрат, що залежить від конструкції отвору, для аераційних прямокутних отворів складає 0,75;

$\gamma_3$  і  $\gamma_{\text{В}}$  - питома вага зовнішнього і внутрішнього повітря,  $\text{кг/м}^3$ , складає 0,081  $\text{кг/м}^3$  для повітря у відкритому середовищі в літній час і 0,072  $\text{кг/м}^3$  в приміщенні;

$h_{\text{Н}}$  і  $h_{\text{В}}$  - відстань від центра відповідно нижнього (припливного) і верхнього (витяжного) отвору до нейтральної зони,  $h_{\text{Н}} = 2,1$  м,  $h_{\text{В}} = 1,7$  м;

$g$  - прискорення вільного падіння,  $g = 9,8$   $\text{м/с}^2$ .

Отже, площа припливних аераційних отворів становить:

$$F_{\text{ПП}} = \frac{12}{3600 \cdot 0,75 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 2,1(0,81 - 0,72) \cdot 0,72}} = 11,72 \text{ м}^2.$$

Ф



Площа припливних аераційних отворів становить:

$$F_{\text{ПП}} = \frac{12}{3600 \cdot 0,75 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 2,1(0,81 - 0,72)} \cdot 0,72} = 11,72 \text{ м}^2.$$

Площа витяжних аераційних отворів становить:

$$F_{\text{В}} = \frac{10}{3600 \cdot 0,75 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 1,7(0,81 - 0,72)} \cdot 0,72} = 11,19 \text{ м}^2.$$

### **5.3 Заходи для протипожежної безпеки на проєктованій ділянці**

Технологічне обладнання за нормальних режимів роботи повинно бути пожежобезпечним, а на випадок небезпечних несправностей та аварій необхідно передбачити захисні заходи, що обмежують масштаб та наслідки пожежі.

Обладнання, призначене для використання пожежонебезпечних та вибухонебезпечних речовин і матеріалів має відповідати конструкторській документації.

Технологічні процеси необхідно проводити згідно до регламентів та іншої затвердженої у встановленому порядку нормативами технічної та експлуатаційної документації.

Спільне застосування, зберігання й транспортування речовин та матеріалів, котрі в результаті взаємодії одне з одним викликають займання, вибух або утворюють горючі і токсичні гази (суміші) не дозволяються.

У вибухопожежонебезпечних та пожежонебезпечних приміщеннях (дільницях, майстернях, цехах) та на устаткуванні, що становить небезпеку вибуху або займання, необхідно вивішувати знаки, які забороняють користування відкритим вогнем а також знаки, що попереджають про обережність за наявності займистих та вибухових речовин [6].

Виробництва де перебувають в обігу пожежовибухонебезпечні речовини і матеріали повинні бути оснащені автоматичними засобами контролю параметрів значення яких визначають пожежовибухонебезпечність процесу,

сигналізацію граничних значень і системами блокування які перешкоджають виникненню аварійних ситуацій.

Для внутрішнього освітлення технологічних апаратів і споруд під час їхнього огляду і ремонту в діючому цеху повинні застосовуватися переносні світильники в вибухобезпечному виконанні напругою не більше 12В, захищені металічною сіткою.

В вибухонебезпечних цехах застосовування переносних електроприладів і агрегатів, які не відповідають вимогам даними до електроустаткування в вибухобезпечному виконанні, необхідному до даного середовища, забороняється.

В виробничих приміщеннях потрібно передбачати робоче і аварійне освітлення.

Профілактичний огляд. Планово попереджувальні та капітальний ремонт технологічного обладнання повинні здійснюватися в терміни, встановлені відповідними графіками, з урахуванням виконання заходів щодо забезпечення пожежовибухобезпеки, передбачених проектом, технологічним регламентом, технічними умовами.

Технологічне устаткування, апарати і трубопроводи, в яких утворюються речовини, пожежовибухонебезпечні пари газу та пил, повинні бути герметичними.

У вибухопожежонебезпечних приміщеннях (цехах, дільницях, тощо) слід застосовувати інструмент, виготовлений з безіскрових матеріалів або у відповідному вибухопожежобезпечному виконанні.

Покриття підлог у приміщеннях категорій за вибухопожежонебезпечністю А і Б повинно виконуватися з негорючих та таких, що під час ударів не дають іскор, матеріалів. Конструкція вікон та дверей у таких приміщеннях повинна виключати можливість іскроутворення.

## ВИСНОВКИ

В роботі досліджено вплив різних факторів на температуру різання. За допомогою проведених експериментів можна зробити висновки про вплив температурних показників на якість оброблювальної деталі.

Також досліджено вплив зміни величини подачі на теплоутворення при технологічному процесі виготовлення деталі.

Досліджено, що температура різання буде збільшуватися зі збільшенням подачі. Проте при підвищенні швидкості різання, температурні показники зростатимуть інтенсивніше.

Прийняті в даній роботі інженерні рішення дозволили суттєво покращити показники технологічного процесу.

Зокрема, запропоновано можливість використання принципу концентрації обробки, організації багатостатного обслуговування, що забезпечить мобільність виробництва. Завдяки застосуванню комп'ютерних технологій було синтезовано новий варіант маршруту обробки та вибрано оптимальний технологічний маршрут механічної обробки.

Розроблені конструкції спеціальних верстатних пристроїв дали змогу підвищити якість виготовлення деталі і зменшити підготовчо-заклучний час на операціях.

Також для забезпечення безпечних умов роботи персоналу і суттєвого їх покращення розглянуто ряд питань безпеки життєдіяльності та цивільної оборони.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів: Світ, 1996. 368 с.
2. Грабченко А.І., Узунян М.Д., Зубкова Н.В та ін. Розрахунок найвигідніших режимів різання при точінні. Харків НТУ «ХП» 2014. 87 с.
3. Грановский Г.И. Резание металлов / Г.И. Грановский, В.Г. Грановский. – М.: Высшая школа, 1985. - 304 с.
4. Григурко І.О., Брендуля М.Ф., Доценко С. М. Технологія машинобудування. Дипломне проектування : навч. посіб. Львів : Новий світ, 2011. 768 с.
5. Baranovskiy V.M., Chicory root crops combined harvester/ Baranovskiy V.M., Pankiv M.R.,Skalsky O.Yu., Pastushenko A.S. INMATEH – Agricultural Engineering. – INMA Bucharest : National Institute of research-development for machines and installations designed to agriculture and food industry, 2017. – Vol. 53. – No. 3/2017. – P. 41–50 (SciVerse SCOPUS)
6. Джигерей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: навч. посіб. Вид. 2-ге, стер. Київ : Знання, 2002. 203 с.
7. Жарков Н.В., Прокди Р.Г., Финков М. В. AutoCAD 2014 : посібник. Санкт-Петербург : Наука и техника, 2014. 624 с.
8. Капаціла Ю.Б., Комар Р.В., Дячун А.Є. Механоскладальні ділянки та цех: навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 40 с.
9. Капаціла Ю. Б., Комар Р. В. Проектування машинобудівних виробництв: навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2017. 40 с.
10. Кушак О.М. Методичні вказівки для виконання економічної частини дипломного проекту для студентів спеціальності 5.05050302 «Технологія обробки матеріалів на верстатах і автоматичних лініях». Тернопіль: Технічний коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, 2018. 19 с.
11. Резников А.Н. Тепловые процессы в технологических системах / А.Н.Резников, Л.А. Резников. – М.: Машиностроение, 1990. – 288 с.
12. Резников А.Н. Теплофизика процессов механической обработки

- материалов / А.Н. Резников. – М.: Машиностроение, 1981. – 279 с.
13. Паливода Ю.Є., Ткаченко І.Г., Капаціла Ю.Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 152 с.
  14. Паньків М., Кульба І. Дослідження теплових процесів при обробленні деталей різанням. Зб. Тез IV міжнародній студентській науково - технічній конференції "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання" 28-29 квітня 2021. ТНТУ, 2021. С.96
  15. Петраков Ю.В. Автоматичне управління процесами обробки матеріалів різанням. УкрНДІАТ, К.: 2004.– 384 с.
  16. Малкин А.Я. Обработка резанием высокопрочных и жаропрочных материалов / А.Я. Малкин, С В. Егоров. – М.: НТОмашпром, 1961. – 240 с.
  17. Маталин А.А. Технология машиностроения.– Л. – М., 1985. – 496 с.
  18. Міренський І.Г. Основи технології машинобудування: навч. посіб. Харків: ХНАМГ, 207. 275 с.
  19. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки: навч. посіб. / Ж.П. Дусанюк та ін. Вінниця, 2009. 199 с.
  20. Локтев А.Д. Общемашиностроительные нормативы режимов резания: справочник. В 2 т. Москва : Машиностроение, 1991.
  21. Лившиц О.П. Моделирование формирования пластической составляющей высоты неровностей при лезвийной обработке методом конечных элементов / О.П. Лившиц, А.Е. Родыгина // Металлообработка. – 2008. – № 6. – С. 8–12.
  22. Солнцев Ю.П. Материаловедение : учебник для вузов. Санкт-Петербург : Химиздат, 2007. 784 с.
  23. Stupnytskyu V. Planning features of function-oriented technology engineering production / V. Stupnytskyu // Scientific Potential. – Elkraft, Indiana, Vol. 1, Issue 1. – P. 60–64.
  24. Stupnytskyu V. Thermodynamic Pattern of the Workpiece Machining by the Rheological Imitation Modelling in Deform-3D System / V. Stupnytskyu // Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка” “Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль в машинобудуванні і приладобудуванні”. – Львів, 2013.

– № 772. – С. 102–114.

25. Ступницький В.В., Аналіз результатів імітаційного моделювання щодо впливу температурних чинників на стан поверхонь у процесі їх формоутворення/ В.В. Ступницький, Я.В. Долиняк// Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. – Львів, 2016 - Вип. 50 –с.108-117