

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)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу виготовлення механічного
оброблення корпусу редуктора привода транспортера

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи МПс-41
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва спеціальності)

	<u>Киричук Я.С.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Барановський В.М.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Дячун А.Є.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>Окіпний І.Б.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u></u> (підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2026

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій
(повна назва кафедри)

	<i>Окінний І.Б.</i>
(підпис)	(прізвище та ініціали)
« »	2026 р.

Карти технологічного процесу. Карти наладок. Пристрій верстатний. Пристрій контрольний

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності та основи охорони праці</i>	<i>Комар Р.В., к.т.н, доцент</i>		

7. Дата видачі завдання 3 лютого 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
	<i>Реферат</i>	<i>05.02.2026</i>	
	<i>Зміст</i>	<i>07.02.2026</i>	
	<i>Вступ</i>	<i>14.02.2026</i>	
	<i>Аналітична частина</i>	<i>26.02.2026</i>	
	<i>Технологічна частина</i>	<i>18.02.2026</i>	
	<i>Конструкторська частина</i>	<i>03.06.2026</i>	
	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>07.06.2026</i>	
	<i>Висновки</i>	<i>09.06.2026</i>	
	<i>Перелік посилань</i>	<i>10.06.2026</i>	
	<i>Графічна частина</i>	<i>18.06.2026</i>	

Студент

(підпис)

Киричук Я.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Барановський В.М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

В КРБ проведено аналіз конструкції деталі корпус редуктора привода транспортера проаналізовано технічні вимоги, які ставляться до цієї деталі, проведено аналіз технологічності конструкції деталі в цілому.

Також розглянуто технологічний процес механічної обробки корпусу на базовому підприємстві.

На основі проведеного аналізу та оцінки існуючих умов спроектовано новий варіант технологічного процесу виготовлення деталі, запропоновано більш економічно вигідний спосіб одержання заготовки.

Проведено техніко-економічне обґрунтування вибору оптимального техпроцесу.

В ході проектування техпроцесу визначено базові поверхні для кожної операції, визначено припуски на обробку та спроектовано заготовку деталі. Для виконання операцій техпроцесу вибрано різальний та вимірювальний інструмент, обладнання, розраховано режими різання та норми часу.

Для виконання обробки деталі спроектоване технологічне оснащення, проведено проектування ТП.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Характеристика об'єкта виробництва	7
1.2. Аналіз існуючого (базового) технологічного процесу	8
1.3. Характеристика проектного варіанту технологічного процесу .	9
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	13
2.1 Попереднє встановлення типу та організаційної форми виробництва	13
2.2 Вибір способу отримання заготовки	16
2.3 Вибір та розрахунок обґрунтування баз	17
2.4 Визначення допусків, припусків та операційних розмірів	23
2.5 Розрахунок режимів різання, вибір обладнання та оснащення ..	26
2.6 Встановлення контрольних, допоміжних і транспортних операцій	39
2.7 Нормування технологічного процесу, уточнення типу виробництва	40
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	43
3.1 Вибір і обґрунтування принципу дії, структурної схеми	43
3.2 Силевий розрахунок параметрів приводу.....	44
3.2 Розрахунок на точність	45
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ .	47
4.1 Виявлення небезпечних та шкідливих виробних факторів та приведення їх до нормативних вимог	47
4.2 Організаційно-технічні заходи пожежної безпеки	50
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	53
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Застосування нових технологій при проектуванні технологічних процесів механічної обробки здійснюється шляхом автоматизації програмування процесів обробки на верстатах з ЧПК, створюються системи автоматизованого управління ходом технологічного процесу з його оптимізацією по всім основним параметрам виготовлення до вимагаючи експлуатаційних якостей.

Важлива роль в прискоренні науково-технологічного процесу в машинобудівних виробництвах, в покращенні старих і розробці нових способів виготовлення і контролю продукції належать в методиці проектування прогресивних технологічних процесів.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика об'єкта виробництва

В якості об'єкта виробництва в дипломному проекті розглядається деталь корпуса редуктора, який відноситься до групи корпусних деталей.

Матеріал деталі - сірий чавун СЧ15.

Хімічний склад матеріалу і механічні властивості приведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад СЧ15

C	Si	Mn	S не менше
1,5-1,7	0,5 - 0,8	0,3	0,15

Аналізуючи службове призначення, а також креслення можна сказати, що до деталі пред'являються такі вимоги.

Для корпусних деталей цього виду характерною є наявність базових поверхонь, основних отворів і отворів для кріплення. Поверхня є базовою і вона служить для встановлення корпуса на інших вузлах або агрегатах виробу отвори 012 мм призначені для кріплення корпусу. Основні отвори 035 мм використовуються для монтажу опор валів. Точність діаметральних розмірів основних отворів відповідає 7 квалітету, шорсткість поверхонь $R_a = 2,5$ мм міжосьові відстані основних отворів витримуються згідно рекомендаціям з допусками, що забезпечують необхідну точність роботи будь-яких передач. Відхилення від перпендикулярності торцевих поверхонь до осей отворів допускається в межах 0,02...0,05 мм на 100 мм радіуса. Відхилення від симетричності осей встановлюють в межах 0,10...0,15 мм на 100 мм довжини. Для нашої деталі ця вимога теж відповідає існуючим рекомендаціям.

Таблиця 1.2 – Механічні властивості і допустимі напруження чавуну СЧ15

δ_B , МПа	δ_T , МПа	s_r , %	НВ
280	100-180	10	143-255

1.2 Аналіз існуючого (базового) типового технологічного процесу

Базовий технологічний процес обробки деталі складається з таких операцій, які наведено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Базовий технологічний процес виготовлення деталі

№ операції	Зміст операції	Обладнання	Примітка
005	Горизонтально - фрезерна	6P82Г	-
010	Вертикально - свердлильна	2H135	-
015	Горизонтально - Фрезерна	6P82Г	-
020	Горизонтально - Фрезерна	6P82Г	
025	Агрегатна		-
030	Вертикально-свердлильна	2H135	Можлива для вдосконалення
035	Вертикально-свердлильна	2H135	Можлива для вдосконалення
040	Вертикально-свердлильна	2H135	
045	Різьбонарізна		Можлива для вдосконалення

Існуючий маршрут технологічного процесу виготовлення деталі має ряд недоліків, які можна виправити використанням більш продуктивних методів обробки поверхонь.

Це дозволить зменшити трудомісткість виготовлення деталі та знизити її собівартість.

Так, операцію 045 можна об'єднати і виконувати нарізку різі на свердлильних верстатах.

Операції 025 і 030 можна об'єднати у агрегатну, що дозволить зменшити трудомісткість.

1.4 Характеристика проектного варіанту технологічного процесу

Перш ніж прийняти рішення про методи і послідовність обробки окремих поверхонь деталей і скласти технологічний маршрут виготовлення всієї деталі, необхідно провести розрахунки економічної ефективності окремих варіантів і вибрати із них найбільш раціональний для даних умов виробництва.

Критерієм оптимальності являється мінімум приведених затрат на одиницю продукції.

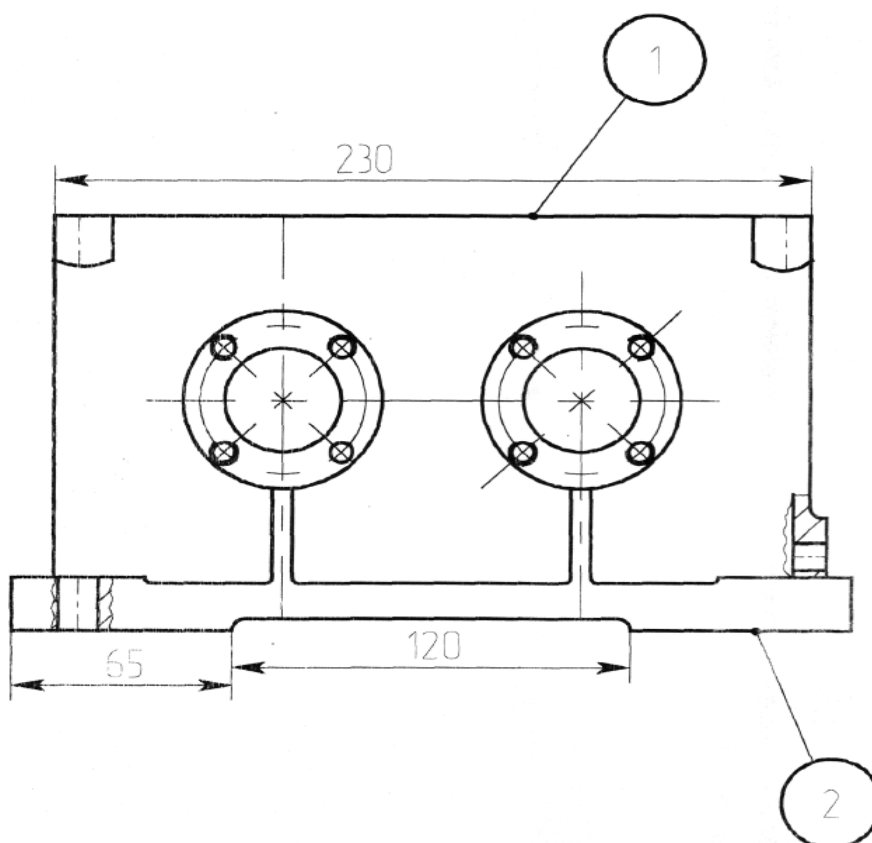
При виборі варіанту технологічного маршруту приведені затрати можуть бути визначені в вигляді відносних величин на одну годину роботи обладнання.

В якості собівартості розглядається технологічна собівартість, яка включає статті витрат, які змінюються по варіантах.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС.

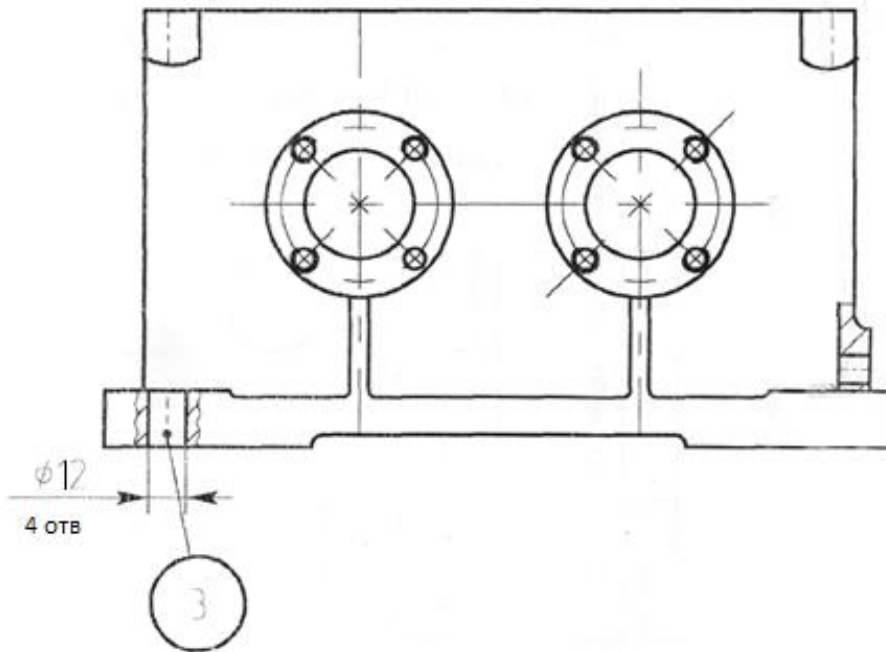
Операція 005 Фрезерна:

1. Фрезерувати поверхні 1 і 2 начорно.
2. Фрезерувати поверхні 1 і 2 начисто.



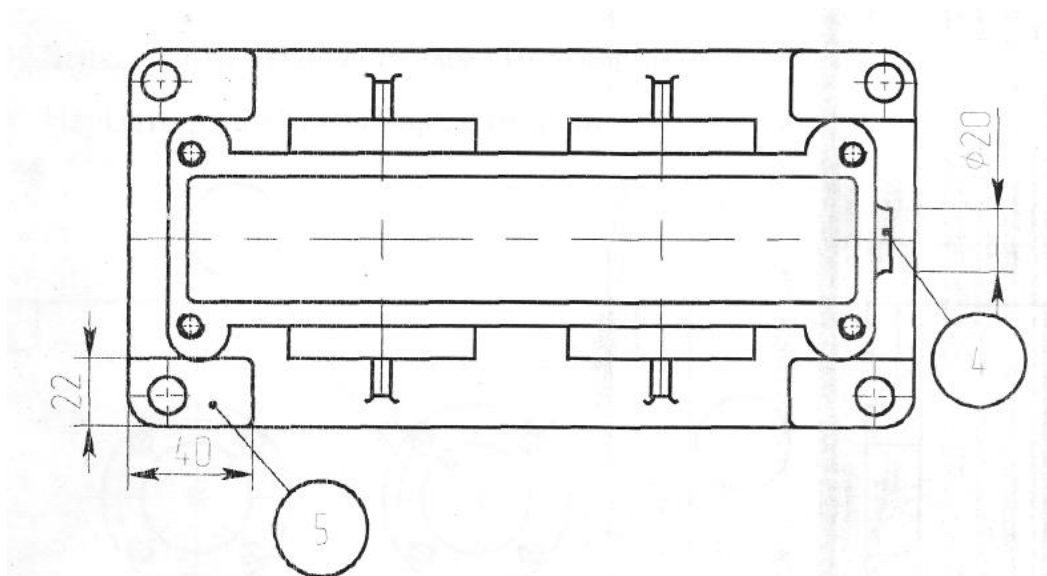
Операція 010 Свердлильна:

1. Свердлити отвір 3 Ø12мм (4 отвори).
2. Зенкерувати отвір 3 Ø12мм (4 отвори).



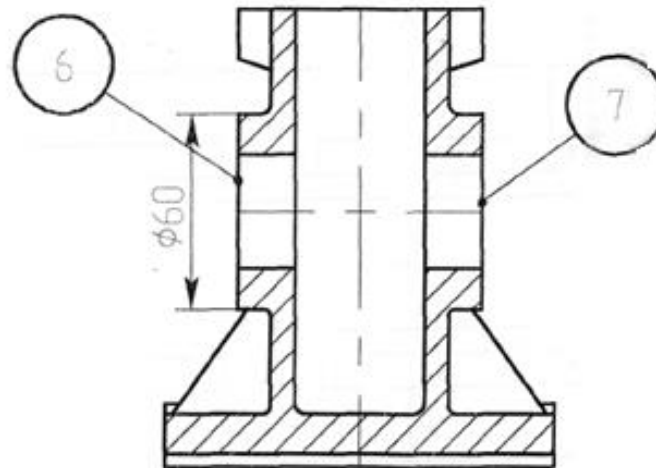
Операція 015 Фрезерна:

1. Фрезерувати виступи 4 і 5 начорно.
2. Фрезерувати виступи 4 і 5 начисто.



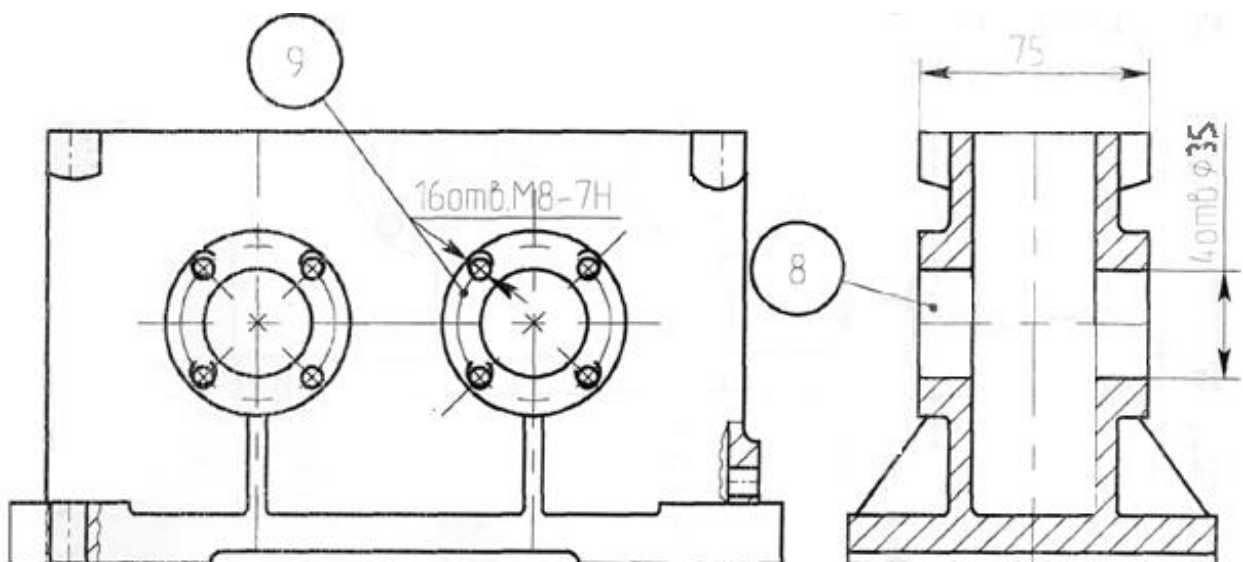
Операція 020 Фрезерна:

1. Фрезерувати торці 6 і 7 начорно.
2. Фрезерувати торці 6 і 7 начисто.



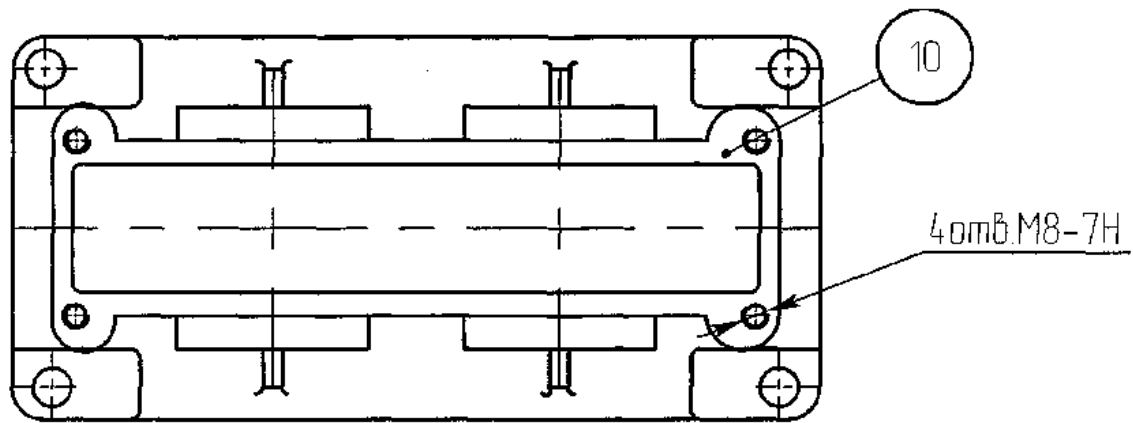
Операція 025 Агрегатна:

1. Зенкерувати отвір 8 035мм (4 отвори).
2. Розгортувати отвір 8 035мм (4 отвори) начорно.
3. Розгортувати отвір 8 035мм (4 отвори) начисто.
4. Свердлити отвір 9 06,7мм (16 отворів).
5. Зенкерувати отвір 9 06,7мм (16 отворів).
6. Нарізати різь М8 - Н7 на 16 отворів.



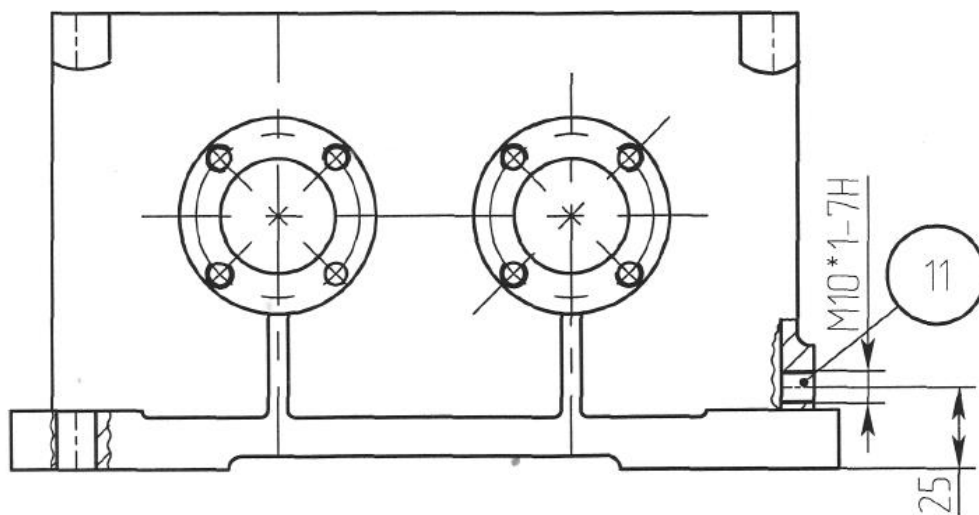
030 Свердлильна:

1. Свердлити 4 отвори поверхні 10 06,7мм.
2. Зенкерувати 4 отвори поверхні 10 06,7мм.
3. Нарізати різь М8 - Н7 на 4 отвори.



Операція 035 Свердлильна:

1. Свердлити отвір 11 09мм.
2. Зенкерувати отвір 11 09мм. 2. Нарізати різь М10× 1 - 7Н.



2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Попереднє встановлення типу та організаційної форми Виробництва

Встановлюємо тип виробництва за формулою

$$K_{zo} = \frac{O}{P}. \quad (2.1)$$

Визначаємо кількість верстатів за формулою

$$m_p = \frac{N \times T_{шт-к}}{60 \times F_{\partial} \times \eta_{з.н}}, \quad (2.2)$$

де $\eta = 075$, $N = 65000$ шт.,

$F_{\partial} = 4029$ год.,

$T_{шт-к} = \varphi_k \times T_0$ – штучно-калькуляційний час, год.

Таблиця 2.1 – Визначення штучно-калькуляційного часу

Операція	$T_{шт-к}$, хв.
005 Фрезерна	$T_{01}=61=(6 \times 130 + 6 \times 250) \times 10^{-3}=2,28$, $T_{02}=41=(4 \times 130 + 4 \times 250) \times 10^{-3}=1,52$, $T_{шт-к}=1,51 \times (2,28 + 1,52)=5,74$.
010 Свердлильна	$T_{01}=(0,52dl) \times 4=(0,52 \times 12 \times 18) \times 4 \times 10^{-3}=0,45$, $T_{02}=(0,21dl) \times 4=(0,21 \times 12 \times 18) \times 4 \times 10^{-3}=0,18$, $T_{шт-к}=1,3 \times (0,45 + 1,28)=0,82$.
015 Фрезерна	$T_{01}=61 \times 4=(6 \times 40 + 6 \times 20) \times 4 \times 10^{-3}=1,08$, $T_{02}=41 \times 4=(4 \times 40 + 4 \times 20) \times 4 \times 10^{-3}=0,72$, $T_{шт-к}=1,51 \times (1,08 + 0,72)=3,31$.
020 Фрезерна	$T_{01}=61 \times 2=6 \times 25 \times 2 \times 10^{-3}=0,3$, $T_{02}=41 \times 2=4 \times 25 \times 2 \times 10^{-3}=0,2$, $T_{шт-к}=1,51 \times 0,5=0,76$.

Продовження таблиці 2.1

Операція	$T_{шт-к}, \text{хв}$
025 Агрегатна	$T_{01}=0,21 \times dl \times 4 = 0,21 \times 70 \times 35 \times 4 \times 10^{-3} = 0,51,$ $T_{02} = 0,43 \times dl \times 4 = 0,43 \times 70 \times 35 \times 4 \times 10^{-3} = 1,05,$ $T_{03} = 0,86 \times dl \times 4 = 0,86 \times 70 \times 35 \times 4 \times 10^{-3} = 2,11,$ $T_{04} = 0,52 \times dl \times 16 = 0,52 \times 70 \times 35 \times 4 \times 10^{-3} = 0,56,$ $T_{05} = 0,4 \times dl \times 16 = 0,4 \times 70 \times 35 \times 4 \times 10^{-3} = 0,51,$ $T_{шт-к} = 2,11 \times 1,3 = 2,74.$
030 Свердлильна	$T_{01} = 0,52 \times dl \times 4 = 0,52 \times 10 \times 6,7 \times 4 \times 10^{-3} = 0,14,$ $T_{02} = 0,4 \times dl \times 4 = 0,4 \times 10 \times 8 \times 4 \times 10^{-3} = 0,13,$ $T_{шт-к} = 0,27.$
035 Свердлильна	$T_{01} = 0,52 \times dl = 0,52 \times 10 \times 9 \times 10^{-3} = 0,05,$ $T_{02} = 0,21 \times dl = 0,21 \times 10 \times 9 \times 10^{-3} = 0,02,$ $T_{03} = 0,4 \times dl = 0,4 \times 10 \times 10 \times 10^{-3} = 0,04,$ $T_{шт-к} = 0,11 \times 1,3 = 0,14$

Визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження обладнання

$$\eta_{зав} = \frac{m_p}{m_{np}} \eta_{зав}. \quad (2.3)$$

Таблиця 2.2 – Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання

Операція	$H_{зав}$
005 Фрезерна	$1,5/2=0,75$
010 Свердлильна	$0,2/1=0,2$
015 Фрезерна	$0,8/1=0,8$
020 Фрезерна	$0,2/1=0,2$
025 Агрегатна	$0,7/1=0,7$
030 Свердлильна	$0,1/1=0,1$

Визначаємо кількість операцій за формулою

$$O = \frac{\eta_{\text{зн}}}{\eta_{\text{зоп}}}. \quad (2.4)$$

Таблиця 2.3 – Визначення кількості операцій

Назва операції	Кількість операцій
005 Фрезерна	0,8/0,75=1,06
010 Свердлильна	0,8/0,2=4
015 Фрезерна	0,8/0,8=1
020 Фрезерна	0,8/0,2=4
025 Агрегатна	0,8/0,7=1,14
030 Свердлильна	0,8/0,1=8

$$K_{\text{зо}} = \frac{\sum O}{\sum P}. \quad (2.5)$$

1 < 2, 4 < 10 – крупносерійне виробництво.

Добовий випуск

$$N_d = \frac{N}{254}, \quad (2.6)$$

Приймаємо $N_d = 197$ шт.

Отже, приймаємо крупносерійне виробництво з потоковою формою організації виробництва.

2.2 Вибір методу отримання заготовки

Процес вибору методу отримання заготовки є складним і залежить від багатьох факторів.

Дана деталь виготовляється із сірого чавуну СЧ15. Марка матеріалу обумовлює отримання заготовки методом лиття.

Виробництво даної деталі відповідає багатосерійному виробництві

Проаналізуємо методи одержання виливків відповідно до типу виробництва, матеріалу виливка, маси виливка, конструкції, розмірів, кількості заготовок, які отримуються.

Запропонуємо такі методи одержання заготовки це лиття в піщано-цегляну форму та лиття в металеву(кокіль).

Доцільність застосування того чи іншого методу отримання заготовки оцінюють за техніко-економічними показниками.

Перш за все знайдемо масу готової деталі, для цього розіб'ємо її на об'єми.

Маса заготовки визначається за формулою

$$Q = 1,07 \cdot 41,3 \cdot 10^{-5} \cdot 7 \cdot 10^{-3} = 3,1 \text{ кг.}$$

Визначивши масу заготовки і деталі можна переходити до техніко-економічного оцінювання.

Оцінку здійснюють по мінімальній величині приведених затрат на виготовлення заготовки згідно з формулою

$$S_{\text{заг}} = (C_i / 1000 \cdot Q \cdot k_t \cdot k_c \cdot k_b \cdot k_m \cdot k_n) - (Q - q) \cdot S_{\text{від}} / 1000, \quad (2.7)$$

де C_i – базова вартість 1 т заготовки;

$S_{\text{від}}$ – ціна 1 т відходів;

$k_t \cdot k_c \cdot k_b \cdot k_m \cdot k_n$ – коефіцієнти, які залежать, відповідно, від класу точності, маси, марки матеріалу, об'єму виробництва, групи складності;

Q – маса заготовки;

q – маса деталі.

Вартість заготовки, яка виготовлена литтям в піщано-глиняну форму

$$S_{\text{заг1}} = (360000/1000 \cdot 3,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1) - (3,1 - 2,5) \cdot 24800/1000 = 101,12 \text{ грн.}$$

Вартість заготовки, яка виготовлена литтям в металеву форму(кокіль)

$$S_{\text{заг2}} = (360000/1000 \cdot 3,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,68) - (3,1 - 2,5) \cdot 24800/1000 = 77,92 \text{ грн.}$$

Економічний ефект визначається за формулою

$$E = (C_{\text{заг1}} - C_{\text{заг2}}) \cdot N. \quad (2.8)$$

$$E = (101,12 - 77,92) \cdot 50000 = 1160000 \text{ грн.}$$

По результатах розрахунків робимо висновок, що лиття в кокіль для даної деталі використовувати більш доцільно.

2.3 Вибір методу отримання поверхонь(по коефіцієнтам уточнення)

На вірний вибір методу обробки поверхонь заготовки впливають такі фактори, як службове призначення деталі, функціональне призначення поверхонь, вимоги до точності, шорсткості, геометричної форми.

Обробку поверхонь необхідно виконувати за декілька переходів, на кожному з яких використовуємо свій вид обробки (від чорнової до чистової). Згідно з рекомендаціями при обробці заготовки необхідно забезпечити: мінімальну кількість установ, підвищену продуктивність праці, точність обробки.

Визначаємо число ступенів обробки за коефіцієнтом уточнення

$$e = \frac{T_z}{T_\partial}, \quad (2.9)$$

де e – загальне уточнення;

T_z, T_∂ – допуски параметрів, що розглядаються, відповідно, до заготовки та деталі.

Для більш спрямованого вибору числа ступенів використовуємо формулу

$$n = \lg e / 0,46. \quad (2.10)$$

Таблиця 2.4 – Вибір методу отримання поверхонь

№ п/п	Розмір поверхні, квалітет точності	Допуск заготов ки, Тз,мкм	Допуск деталі, Тд,мкм	Уточнен ня	К-ть перехо- дів	Метод обробки поверхонь
1	250H13					Фрезерування чорнове: $\epsilon=5,3$ Фрезерування чистове: $\epsilon=3,0$
2	130H13					Фрезерування чорнове: $\epsilon=5,3$ Фрезерування чистове: $\epsilon=3,0$
3	40H13	740	46	16,1	2	Фрезерування чорнове: $\epsilon=5,3$ Фрезерування чистове: $\epsilon=3,0$
4	12H12	240	21	6,3	2	свердління: $\epsilon=5,3$ зенкерування: $\epsilon=3,0$
5	M8-7H	360	46	7,8	1	нарізати різь: $\epsilon=3,0$
6	35H7	520	21	24,76	3	Зенкерування: $\epsilon=6$ Попереднє розгорткування: $\epsilon=3,0$ Остаточне розгорткування: $\epsilon=1,5$
7	M10×1- 7H	360	46	7,8	1	Нарізати різь: $\epsilon=3,0$

2.4 Вибір та розрахункове обґрунтування баз

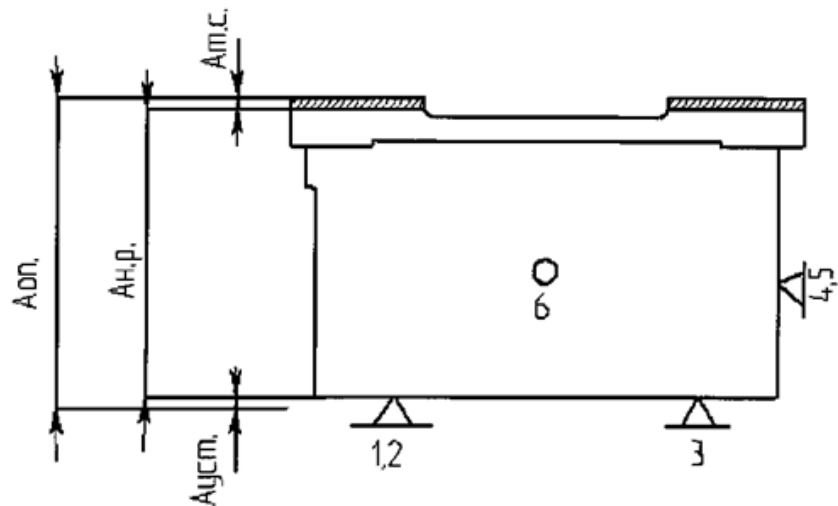
005 Фрезерна (Установ А):

$$w_{Aоп.} = w_{н.р.} + w_{т.с.} + w_{уст.},$$

$$w_c = w_{н.р.} + w_{т.с.} = 0,12,$$

$$w_{Aоп.} = 0,20,$$

$$T = 0,19 \text{ мм} (H11).$$



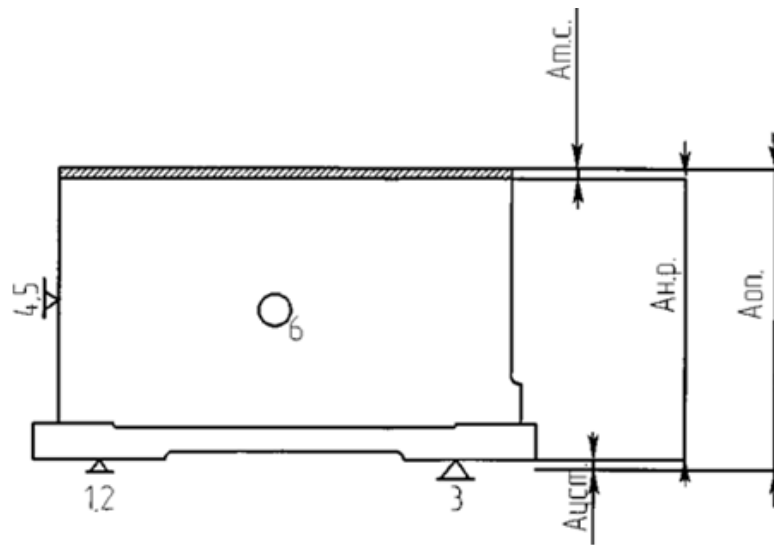
(Установ Б):

$$w_{Aоп.} = w_{н.р.} + w_{т.с.} + w_{уст.},$$

$w_{уст.} = 0$, тому що використовується оброблена поверхня в якості чистової бази.

$$w_{Aоп.} = 0,12,$$

$$T = 0,12 \text{ мм} (H10).$$



010 Свердлильна:

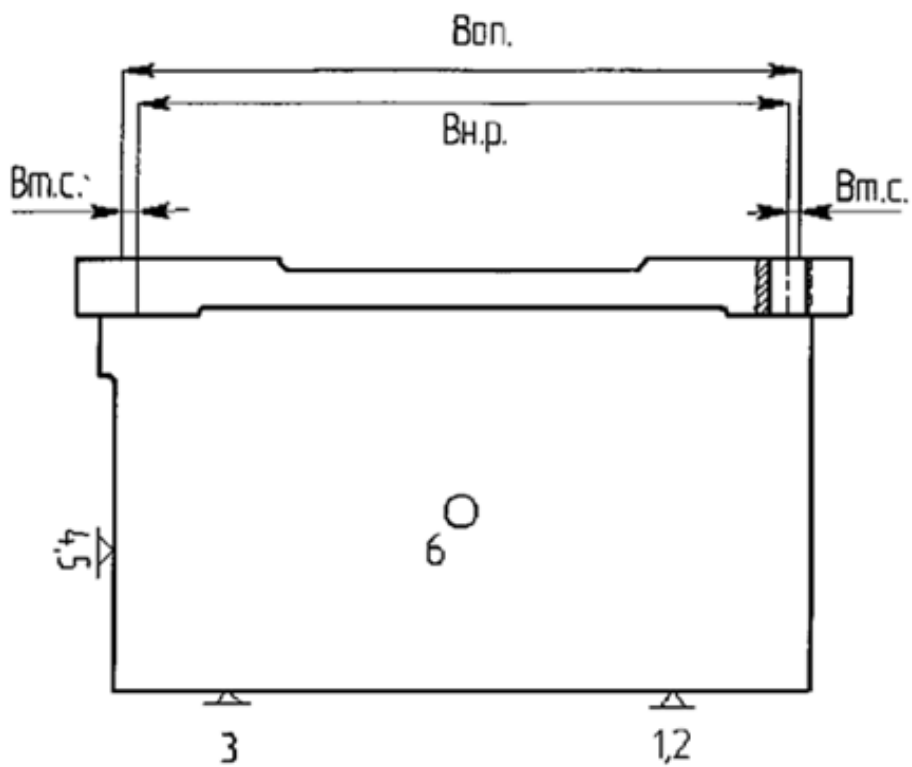
$$w_{Bon.} = w_{н.р.} + w_{м.с.} + w_{узм} = 1,2...1,5w_c,$$

$$w_{узм} = 0,008,$$

$$w_c = w_{н.р.} + w_{м.с.} = 0,25,$$

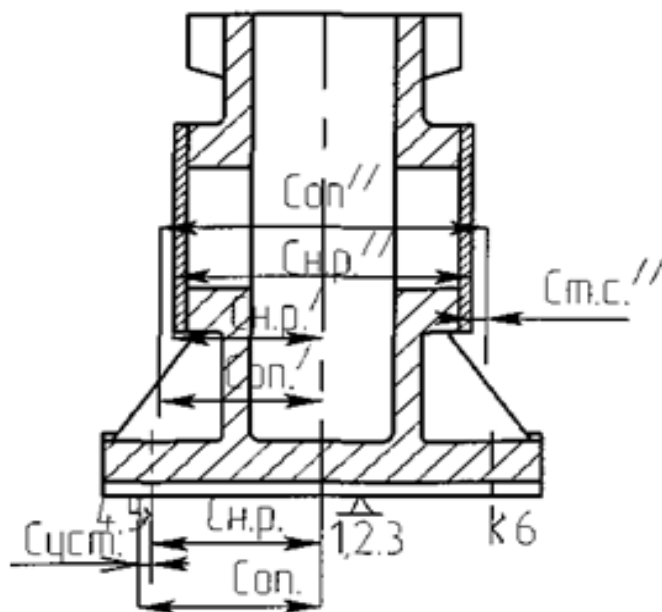
$$w_{Bon.} = 0,15 \cdot 0,25 = 0,32 \text{ мм},$$

$$T = 0,29 \text{ мм (H11)}.$$



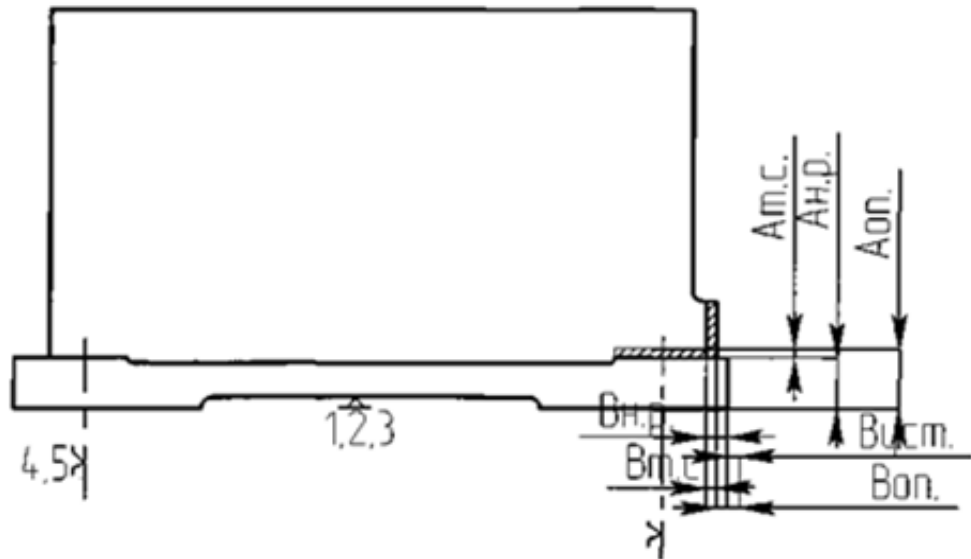
015 Фрезерна

$$\begin{aligned}
 1. w_{\check{c}_{on.}} &= w_{\check{n}.p.} + w_{\check{m}.c.} + w_{\check{y}cm} + w_{n.p.}, \\
 w_c &= w_{\check{n}.p.} + w_{\check{m}.c.} = 0,12\text{мм}, \\
 w_{n.p.} &= 0,43\text{мм}, \\
 w_{y\check{c}m} &= 0,08\text{мм}, \\
 w_{\check{c}_{on.}} &= 0,1 + 0,43 + 0,08 = 0,61\text{мм}, \\
 T &= 0,62\text{мм}(H14), \\
 2. w_{\check{y}\check{c}_{on.}} &= w_{\check{y}\check{n}.p.} + w_{\check{y}\check{m}.c.} + w_{\check{y}\check{c}_{on.}}, \\
 w_{\check{c}_{on.}} &= w_{\check{n}.p.} + w_{\check{m}.c.} = 0,10\text{мм}, \\
 w_{\check{c}_{on.}} &= 0,15 \cdot 1 = 0,15\text{мм}, \\
 T &= 0,19\text{мм}(H11).
 \end{aligned}$$



020 Фрезерна:

$$\begin{aligned}
 1. w_{Aon.} &= w_{n.p.} + w_{m.c.} + w_{y\check{c}m}, \\
 w_{Aon.} &= 0,12, \\
 T &= 0,12\text{мм}(H11). \\
 2. w_{Bon.} &= w_{n.p.} + w_{m.c.} + w_{y\check{c}m} \\
 w_c &= w_{n.p.} + w_{m.c.} = 0,12\text{мм} \\
 w_{y\check{c}m} &= 0,08\text{мм}. \\
 w_{Bon.} &= 0,2\text{мм}. \\
 T &= 0,21\text{мм}(H12)
 \end{aligned}$$



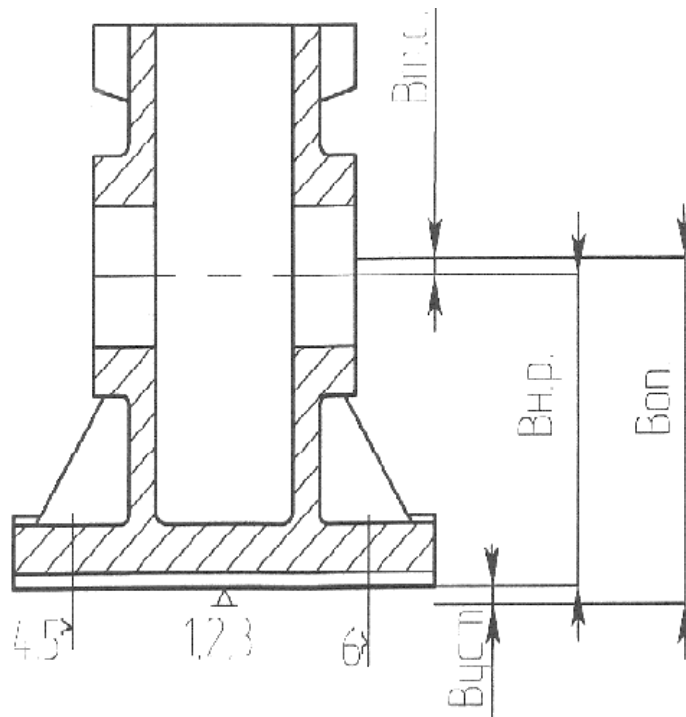
025 Агрегатна:

$$w_{Bon.} = w_{н.р.} + w_{м.с.} + w_{в.с.м.},$$

$$w_c = w_{н.р.} + w_{м.с.} = 0,1\text{мм},$$

$$w_{Bon.} = 0,1\text{мм},$$

$$T = 0,12\text{мм}(H7).$$



030 Свердлильна:

p_2 – сумарне зміщення отвору виливка, мкм.

$$r_1 = \sqrt{(k \cdot d)^2 + (k \cdot l)^2}, \quad (2.12)$$

де $k = 0.7$ мкм/м – питоме короблення виливка;

$d = 35$ мм – діаметр отвору;

$l = 75$ мм – довжина отвору.

Тоді:

$$r_1 = \sqrt{(0.7 \cdot 35)^2 + (0.7 \cdot 75)^2} = 58 \text{ мкм}; r_2 = 200 \text{ мкм}; r_1 = \sqrt{58^2 + 200^2} = 208 \text{ мкм}.$$

Решта просторових відхилень після механічної обробки буде дорівнювати [2, 3]:

- зенкерування: $r_1 = 0.05$ мкм; $r = 0.05 \cdot 208 = 10.4$ мкм;
- попереднє розгорткування: $r_2 = 0.002$ мкм; $r = 0.416$ мкм;
- остаточне розгорткування: $r_3 = 0.002$ мкм, $r = 0.104$ мкм.

Оскільки r_2 та r_3 значно малі величини, то вони не будуть впливати на кінцевий результат розрахунків.

Тому ними можна знехтувати.

Похибка встановлення при зенкеруванні $\varepsilon_y = 0,081$ мкм.

При попередньому та остаточному розгортванні $\varepsilon_y = 0$ мкм., тому що бази залишаються постійними.

На основі попередніх даних проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків по формулі:

$$2Z_{\min} = 2(R_{Z-1} + h_{i-1} + \sqrt{r_{i-1}^2 + e_{yi}^2}), \quad (2.13)$$

- мінімальний припуск під зенкерування

$$2Z_{\min} = 2(200 + 300 + \sqrt{208^2 + 81^2}) = 1446,4 \text{ мкм},$$

- мінімальний припуск під попереднє розгорткування

$$2Z_{\min} = 2(32 + 40 + \sqrt{10,4^2 + 0^2}) = 146,4 \text{ мкм},$$

- мінімальний припуск під остаточне розгортання

$$2Z_{\min} = 2(0,63 + 0 + \sqrt{0^2 + 0^2}) = 1,26 \text{ мкм},$$

Розрахунковий розмір d_p починаємо визначати з кінця, тобто з розміру і $\varnothing 35,025$ мм, послідовним відніманням розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу.

$$d_{p4} = 35,025 \text{ мм},$$

$$d_{p3} = d_{p4} - 2Z_{\min 3} = 35,024 \text{ мм},$$

$$d_{p2} = d_{p3} - 2Z_{\min 2} = 34,860 \text{ мм},$$

$$d_{p1} = d_{p2} - 2Z_{\min 1} = 33,414 \text{ мм}.$$

Визначаємо граничні значення припусків $2Z_{\max}^{np}$, як границю найбільших граничних розмірів і $2Z_{\min}^{np}$ – різницю найменших граничних розмірів [попереднього і виконуємо переходи:

$$2Z_{\min 1}^{np} = 35,025 - 35,024 = 0,001 = 1 \text{ мкм},$$

$$2Z_{\min 2}^{np} = 35,024 - 34,860 = 0,164 = 164 \text{ мкм},$$

$$2Z_{\min 3}^{np} = 34,860 - 33,414 = 1,446 = 1446 \text{ мкм},$$

$$2Z_{\max 3}^{np} = 35,0 - 34,962 = 38 \text{ мкм},$$

$$2Z_{\max 2}^{np} = 34,962 - 34,7 = 262 \text{ мкм},$$

$$2Z_{\max 1}^{np} = 34,7 - 32,794 = 1906 \text{ мкм}.$$

Проводимо перевірку правильності виконання розрахунків:

$$2Z_{\max 3}^{np} - 2Z_{\min 3}^{np} = 38 - 1 = 37 \text{ мкм}, \quad d_3 - d_4 = 62 - 25 = 37 \text{ мкм},$$

$$2Z_{\max 2}^{np} - 2Z_{\min 2}^{np} = 262 - 164 = 98 \text{ мкм}, \quad d_2 - d_3 = 160 - 62 = 98 \text{ мкм},$$

$$2Z_{\max 1}^{np} - 2Z_{\min 1}^{np} = 1906 - 1446 = 460 \text{ мкм}, \quad d_1 - d_2 = 620 - 160 = 460 \text{ мкм}.$$

На інші оброблювальні поверхні припуски та допуски записуємо їх в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Припуски та допуски

Поверхня і розмір	Припуск табличний	Допуск
250	2×2,5	0,7
65	2×2,3	0,5
40	2×2,3	0,4

Ø 60	2×2,3	0,5
Ø 12	2×2,2	0,3
Ø 6,7	2×2,2	0,3
Ø 9	2×2,2	0,3
Ø 20	2×2,2	0,3

2.6 Розрахунок режимів різання, вибір обладнання та оснащення

Визначаємо організаційну форму виробництва.

Оскільки річна програма випуску 50000 шт., тому виробництво – крупносерійне.

Нормативний коефіцієнт $\eta_{zn} = 0,7$.

Дійсний фонд роботи обладнання – $F_{\partial} = 4029$ год.

$$шp_i = \frac{N \times T_{um_i}}{60 \times F_{\partial} \times \eta_{zn}}, \quad (2.14)$$

де $p_i = \frac{шp_i}{\eta_{zn}}$ – кількість робітників для i -тої операції;

$\eta_{зфi} = \frac{шp_i}{p_i}$ – коефіцієнт завантаження обладнання фактичний для i -тої операції;

$O_i = \frac{\eta_{zn}}{\eta_{зфi}}$ – кількість обладнання для i -тої операції.

$$шp_i = \frac{50000 \times 2}{60 \times 4029 \times 0,7} = 0,591, ш_{np} = 1,$$

№ п.п	Назва операції	$Ш_{pi}$	P_i	$\eta_{зфi}$	O_i
----------	----------------	----------	-------	--------------	-------

1	Горизонтально-фрезерна	0,591	1	0,591	1,184
2	Горизонтально-фрезерна	1,093	2	0,547	1,3
3	Вертикально-свердлильна	0,242	1	0,242	2,9
4	Горизонтально-фрезерна	0,97	1	0,97	,072
5	Горизонтально-фрезерна	0,225	1	0,225	3,12
6	Агрегатна	0,809	1	0,809	0,865
7	Вертикально-свердлильна	3,04	4	0,76	0,92
8	Вертикально-свердлильна	0,00008	1	0,00008	8750
9	Вертикально-свердлильна	0,27	1	0,27	2,6
10	Різьбонарізна	0,201	1	0,201	3,5

$$p_i = 1, \eta_{зфi} = 0,591 / 1 = 0,591,$$

$$O = 0,7 / 0,591 = 1,184.$$

Всі останні результати заносимо в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Для базового варіанту

Добовий випуск.

$$N_c = \frac{N}{254} = \frac{50000}{254} = 196,6 \text{ шт.}$$

Приймаємо $N_c = 197$ штук.

$$T_{cp} = \frac{\sum T_{um_i}}{n} = \frac{5,74 + 0,82}{2} = 6,56.$$

Таблиця 2.7 – Для проектного варіанту

№ п.п	Назва операції	$Ш_{pi}$	P_i	$\eta_{зфi}$	O_i
1	Горизонтально-фрезерна	1,696	2	0,848	0,825
2	Вертикально-свердлильна	0,242	1	0,242	2,9

3	Горизонтально-фрезерна	0,97	1	0,97	0,72
4	Горизонтально-фрезерна	0,225	1	0,225	3,2
5	Агрегатна	0,809	1	0,809	0,92
6	Вертикально-свердлильна	1,271	2	0,636	1,1
7	Вертикально-свердлильна	0,04	1	0,04	17,5

Добове виробництво потокових ліній

$$Q_d = \frac{F_d}{T_{cp}} \eta_{zn}, \quad (2.15)$$

де P_d – добовий фонд часу роботи обладнання;

T_{cp} – середня трудомісткість основних операцій;

η_{zn} – коефіцієнт завантаження обладнання.

$$Q_d = \frac{952}{6,56} \times 0,545 = 79,1 \approx 80.$$

Визначаємо потрібну кількість обладнання для потокового виробництва визначається за формулою:

$$C = \frac{T_{um}}{K_{\epsilon} \times \tau_{\epsilon}}, \quad (2.16)$$

де τ_{ϵ} – такт випуску.

$$\tau_{\epsilon} = \frac{F_d \times 60}{N} = \frac{4029 \times 60}{50000} = 4,83,$$

$$C_1 = \frac{T_{um1}}{K_{\epsilon} \times \tau_{\epsilon}} = \frac{2}{1,5 \times 4,83} = 0,276.$$

Заокруглюємо C_1 до більшого цілого числа і отримуємо $C_{d1} = 1$.

Аналогічно обчислюємо кількість обладнання для інших операцій і результати заносимо в таблицю 2.8, 2.9.

Таблиця 2.8 – Для базового варіанту

№ п.п.	Назва операції	C_1	$C_{д1}$
1	Горизонтально-фрезерна	0,0276	1
2	Горизонтально-фрезерна	0,511	1
3	Вертикально-свердлильна	0,113	1
4	Вертикально- фрезерна	0,457	1
5	Горизонтально-фрезерна	0,105	1
6	Агрегатна	0,378	1
7	Вертикально-свердлильна	0,142	1
8	Вертикально-свердлильна	0,036	1
9	Вертикально-свердлильна	0,012	1
10	Різьбонарізна	0,094	1

Таблиця 2.9 – Для проектного варіанту

№ п.п.	Назва операції	C_1	$C_{д1}$
1	Горизонтально - фрезерна	0,792	1
2	Вертикально-свердлильна	0,113	1
3	Горизонтально - фрезерна	0,457	1
4	Горизонтально - фрезерна	0,105	1
5	Агрегатна	0,378	1
6	Вертикально-свердлильна	0,059	1
7	Вертикально-свердлильна	0,019	1

Загальний коефіцієнт завантаження обладнання по базовому варіанту:

$$Z_{\phi 1} = C_1 / C_{д1} = 0,276 / 1 = 0,276,$$

$$Z_{\phi 2} = 0,511; Z_{\phi 3} = 0,311; Z_{\phi 4} = 0,457,$$

$$Z_{\phi 5} = 0,105; Z_{\phi 6} = 0,378; Z_{\phi 7} = 0,142,$$

$$Z_{\phi 8} = 0,036; Z_{\phi 9} = 0,12; Z_{\phi 10} = 0,94.$$

Загальний коефіцієнт завантаження обладнання по проектному варіанту:

$$Z_{\phi 1} = 0,792; Z_{\phi 2} = 0,113; Z_{\phi 3} = 0,457,$$

$$Z_{\phi 4} = 0,105; Z_{\phi 5} = 0,378; Z_{\phi 6} = 0,059,$$

$$Z_{\phi 7} = 0,019.$$

Розрахункову кількість обладнання заносимо в таблицю 2.10, 2.11.

Таблиця 2.10 – Для базового варіанту

№ п.п.	Показники	Операція									
		Горизонтально-фрезерна	Горизонтально-фрезерна	Вертикально-свердлильна	Горизонтально-фрезерна	Горизонтально-фрезерна	Агрегатна	Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильна	Різьбонарізна
1	Нормована трудомісткість	2	3,7	0,82	3,31	0,76	2,74	1,03	0,26	0,09	0,68
2	Трудомісткість з врахуванням перевиконання норм	115000	212750	47150	190325	43700	157550	59225	14950	5175	39100
3	Дійсний фонд роботи верстата	4029									
4	Розрахункова кількість верстатів	0,03	0,51	0,11	0,46	0,11	0,38	0,14	0,04	0,01	0,09
5	Прийнята кількість верстатів	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	Коефіцієнт завантаження	0,03	0,51	0,11	0,46	0,11	0,38	0,14	0,04	0,01	0,09

Таблиця 2.11 – Для проектного варіанту

№ п.п	Показники	Операція						
		Горизонтально - фрезерна	Вертикально - свердлильна	Горизонтально - фрезерна	Горизонтально - фрезерна	Агрегатна	Вертикально - свердлильна	Вертикально - свердлильна
1	Нормована трудомісткість	5,74	0,82	3,31	0,76	2,74	0,43	0,14
2	Трудомісткість з врахуванням перевиконання	141625	47150	190325	43700	157550	24725	8050
3	Дійсний фонд роботи верстата	4029						
4	Розрахункова кількість верстатів	0,79	0,11	0,46	0,11	0,38	0,06	0,02
5	Прийнята кількість верстатів	1	1	1	1	1	1	1
6	Коефіцієнт завантаження	0,79	0,11	0,46	0,11	0,38	0,06	0,02

Розглянемо послідовність розрахунку режимів різання на прикладі зенкерування отвору $\varnothing 35$ мм.

На першому етапі вибираємо ріжучий інструмент. Це буде зенкер, розмір робочої частини якого $D = 33$ мм, $d = 32$ мм, $L = 52$ мм; $l = 8$ мм.

Глибина різання $t = 0,5(73 - d) = 0,5$ мм.

Подача $S = 1,2 \dots 1,5$ мм/об, приймаємо $S = 1,2$ мм/об.

Швидкість різання визначаємо за формулою

$$v = \frac{C_v \cdot D^g}{T^m \cdot t \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (2.17)$$

де $C_y = 18,8$ – поправочний коефіцієнт.

$$g = 0,2; x = 0,1; y = 0,4; m = 0,125.$$

$T = 50$ хв – період стійкості інструменту.

K_v – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{lv} \cdot K_{uv}; \quad (2.18)$$

K_{mv} – коефіцієнт на оброблювальний матеріал;

$$K_{mv} = \frac{190^{nv}}{HB} = \frac{190^{1.3}}{190} = 1, \quad (2.19)$$

де $K_{uv} = 1$ – коефіцієнт, що враховує глибину зенкерування ;

$$HB = 190 \text{ МПа}; K_{nv} = 1; K_{lv} = 1.$$

Таким чином

$$v = \frac{18,8 \cdot 35^{0.2}}{50^{0.125} \cdot 0,5 \cdot 1.2^{0.4}} \cdot 1 = 22,9 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо чистоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{100 \cdot V}{\pi \cdot D}; \quad (2.20)$$

$$n = \frac{100 \cdot 22,9}{3,14 \cdot 35} = 2084 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо значення частоти обертання згідно паспортних даних.

$$n_d = 2000 \text{ об/хв.}$$

Тоді швидкість різання буде:

$$v_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}; \quad (2.21)$$

$$v_d = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 2000}{1000} = 21,9 \text{ м/хв.}$$

Крутний момент визначається за формулою

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^g \cdot t^x \cdot K_p \cdot S^y, \quad (2.22)$$

де $C_m = 0,085$, $x = 0,75$; $y = 0,8$ – показники степенів;

$$K_p = K_{mp} = 1,$$

Тоді

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,085 \cdot 35 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 1 \cdot 1,2^{0,8} = 19,19 \text{ Нм.}$$

Осьову силу визначаємо за формулою

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot K_p \cdot S^y, \quad (2.23)$$

де $C_p = 23,5$; $x = 1,2$; $y = 0,4$

Тоді

$$P_o = 10 \cdot 23,5 \cdot 0,5^{1,2} \cdot 1 \cdot 1,2^{0,4} = 103,4 \text{ Нм.}$$

Потужність різання визначається за формулою:

$$N_{риз} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}, \quad (2.24)$$

$$\text{де } N_{риз} = \frac{19,19 \cdot 2000}{9750} = 3,49 \text{ кВт.}$$

$3,49 \leq 3,6$ – обробка можлива.

Визначаємо основний час:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S}; \quad (2.25)$$

$$T_o = \frac{93,2}{2000 \cdot 1,2} = 0,06 \text{ хв}^{-1}.$$

010 Свердлильна.

Вибираємо свердло діаметром $D = 11 \text{ мм}$.

Глибина різання: $t = 0,5 \times 11 = 5,5 \text{ мм}$.

Подача $s = 0,35 \text{ мм/об}$, період стійкості $T = 60 \text{ хв}$.

Швидкість різання визначаємо за формулою

$$v = \frac{C_v \cdot D^g}{T^m \cdot t \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (2.26)$$

де $C_v = 17,1$; $g = 0,25$; $m = 0,125$.

K_v – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання визначається за формулою

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{lv} \cdot K_{uv}, \quad (2.27)$$

Підставивши, значення у формул, швидкість різання буде:

$$v = \frac{17,1 \cdot 11^{0,25}}{60^{0,125} \cdot 0,35^{0,4}} \cdot 1 = 27,93 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою:

$$n = \frac{100 \cdot V}{\pi \cdot D}; \quad (2.28)$$

$$n = \frac{100 \cdot 27,93}{3,14 \cdot 11} = 808,6 \text{ об/хв}$$

Приймаємо значення частоти обертання: $n_d = 710$ об/хв.

Тоді швидкість різання буде:

$$v_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \quad (2.29)$$

$$v_d = \frac{3,14 \cdot 11 \cdot 710}{1000} = 24,52 \text{ м/хв.}$$

Визначимо крутний момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^g \cdot t^x \cdot K_p \cdot S^y; \quad (2.30)$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,021 \cdot 35 \cdot 11^{2,0} \cdot 1 \cdot 0,35^{0,8} = 10,93 \text{ Нм.}$$

Визначаємо осьову силу:

$$P_0 = 10 \text{ г } C_p \text{ г } t^x \text{ г } S^y \text{ г } K_p,$$

$$C_p = 42,7 \quad g = 1,0; \quad y = 0,8; \quad K_p = 1.$$

Потужність різання визначаємо за формулою:

$$N_{\text{піз}} = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750}; \quad (2.31)$$

$$N_{\text{піз}} = \frac{10,93 \cdot 710}{9750} = 0,79 \text{ кВт.}$$

Визначаємо основний час:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S}; \quad (2.32)$$

$$T_o = \frac{12,26}{710 \cdot 0,35} = 0,05 \text{ хв}^{-1}.$$

005 Фрезерна.

Вибираємо фрезу: $Q = 1,6 \times B - 1,6 \times 120 = 192 \text{ мм.}$

Приймаємо: $D = 200 \text{ мм}$ з числом зубів $Z = 20$.

Приймаємо глибину різання: $t = h = 4 \text{ мм.}$

Приймаємо подачу: $S = 0,29 \text{ мм/зуб.}$

Назначаємо період стійкості фрези: $T = 280 \text{ хв.}$

Визначаємо швидкість різання:

$$v = \frac{C_v \cdot D^g}{T^m \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot Z^p}; \quad (2.33)$$

$$v = \frac{445 \cdot 200^{0,2}}{280^{0,32} \cdot 4^{0,15} \cdot 0,29^{0,2} \cdot 20^0} = 53,98 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{100 \cdot V}{\pi \cdot D}; \quad (2.34)$$

$$n = \frac{100 \cdot 53,98}{3,14 \cdot 200} = 85,96 \text{ об/хв.}$$

Коректуємо за паспортними даними верстата: $n = 80 \text{ об/хв.}$

Тоді швидкість буде рівною:

$$v_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}; \quad (2.35)$$

$$v_d = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 80}{1000} = 50,24 \text{ м/хв.}$$

Хвилинна подача становить:

$$S_m = S_t \cdot z \cdot n_d; \quad (2.36)$$

$$S_m = 0,29 \cdot 20 \cdot 80 = 464 \text{ мм/хв.}$$

Коректуємо за паспортними даними: $S_m = 400 \text{ мм/хв.}$

Визначаємо силу різання:

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^g \cdot n^w}; \quad (2.37)$$

$$P_z = \frac{54,5 \cdot 4^{0,9} \cdot 0,29^{0,7} \cdot 120^1 \cdot 20}{200^1 \cdot 80^0} = 910,4 \text{ кгс.}$$

$$C_p = 54,5; x = 0,9; y = 0,74; u = 1,0; g = 1,0; w = 0.$$

Потужність різання визначаємо за формулою:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot v}{6120}; \quad (2.38)$$

$$N_{\text{різ}} = \frac{45736,9}{6120} = 7,47 \text{ кВт.}$$

Визначаємо основний час на обробку:

$$T_0 = \frac{L}{S_m}; \quad (2.39)$$

$$L = l + y + A = 250 + 20 + 3 = 273 \text{ мм.}$$

$$y = 0,5(D - \sqrt{D^2 - B^2}) = 20 \text{ мм.}$$

$D = 3 \text{ мм}$ - перебіг.

Отже, основний час буде рівний:

$$T_0 = \frac{273}{400} = 0,68 \text{ хв}^{-1}.$$

Таблиця 2.12 – Режими різання

№ операції	Назва операції, тип верстата	№ переходу	Глибина різання t, мм,	S ₀ мм/об	Швидкість різання V, м/хв	Частота обертання п хв. ⁻¹	Максимальна потужність різання N, кВт
005	Горизонтально-фрезерна 6М82Г	1	1.6	0.26	98.91	315	1.39
		2	0,8	0,18	198	630	1,8
010	Вертикально - свердлильна 135Н	1	1	0,35	710	24,25	0,79
		2	0,5	0,7	710	26,75	0,34
015	Горизонтально-фрезерна 6М82Г	1	1.2	0.08	180	63.72	0.53
		2	0,7	0,05	180	68,53	0,37
020	Горизонтально-фрезерна 6М82Г	1	1.6	0.16	630	110.78	0.98
		2	0,8	0,14	2000	204,35	1,55
025	Агрегатна	1	0.5	1.2	2000	21.9	3.94
		2	0.4	3.2	180	19.8	0.68
		3	0.3	2.2	180	19.2	0.42
		4	3.4	0.24	1440	30.29	0.44
		5	0,8	1,5	30	7,9	0,61
030	Вертикально - свердлильна 135Н	1	3.4	0.24	1440	30.29	0.44
		2	0.5	0.16	1000	24.36	0.27
		3	0,8	1,5	30	7,9	0,61
035	Вертикально-свердлильна 135Н	1	4	0.20	1440	36.17	0.56
		2	0,5	0,9	1000	28,26	0,43
		3	0,7	1,5	30	7,1	0,5

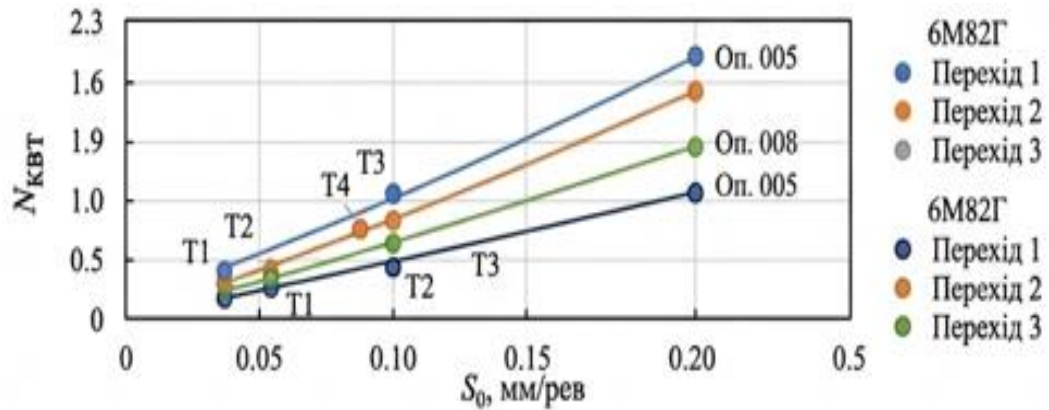


Рисунок 2.1 – Залежність потужності від подачі та глибини різання

Цей графік ілюструє основну закономірність: при збільшенні об'єму матеріалу, що знімається (більша подача або глибина), потужність різання зростає.

Це чітко видно на прикладі операції 005.

Точки 3 та 4 (операція 015) і 5 та 6 (операція 020) також підтверджують цю тенденцію, демонструючи різні діапазони режимів на тому ж верстаті.

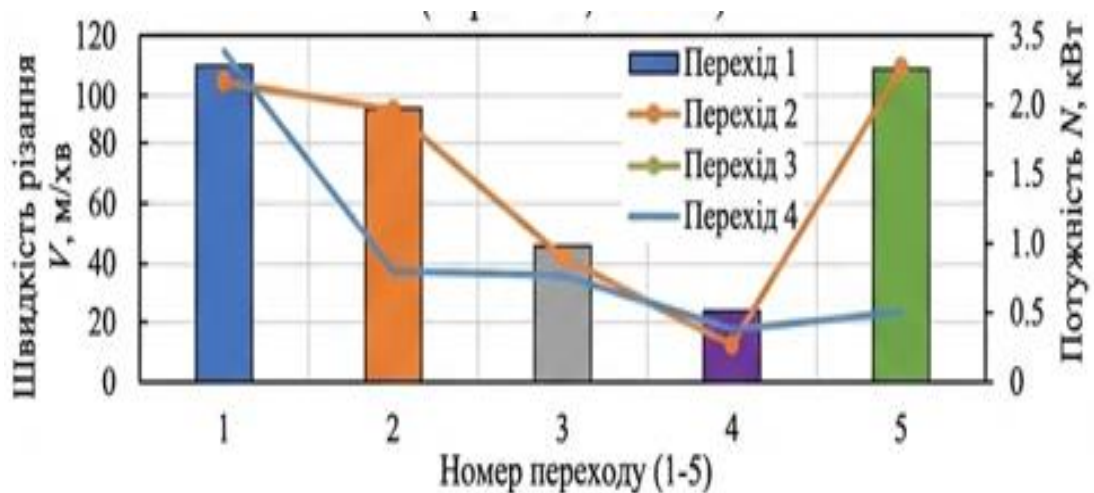


Рисунок 2.2 – Розподіл швидкостей різання за переходами при агрегатній операції

Даний графік відображає специфіку багатоінструментальної обробки (операція 025).

На відміну від однорідних операцій, тут швидкість різання значно змінюється від переходу до переходу, що пов'язано з різними типами інструментів та виконуваними задачами в межах одного технологічного етапу.

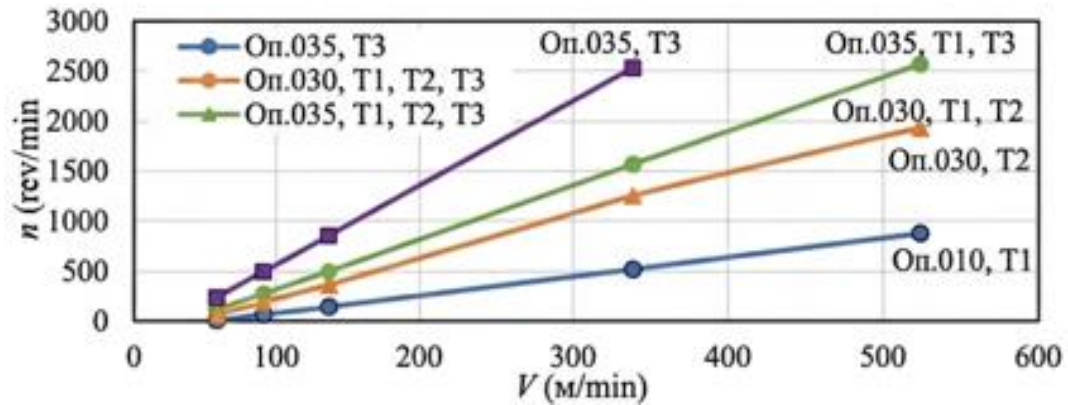


Рисунок 2.3 – Залежність частоти обертання від швидкості різання при вертикальному свердлінні

Ця графічна залежність демонструє прямий пропорційний зв'язок між лінійною швидкістю різання та кутовою швидкістю для свердла сталого діаметра.

2.7 Встановлення контрольних, допоміжних і транспортних операцій

Для забезпечення безперебійного протікання технологічного процесу механічної обробки деталі необхідно забезпечити транспортування заготовок.

Транспортування заготовок з заготівельного цеху до ділянки механічної обробки здійснюється електрокаром, для міжопераційного транспортування використовується кран-балка, а для доставки на склад готових деталей застосовується електрокар.

Для попередження і виявлення браку деталі проходить технічний контроль у відділі технічного контролю, який здійснюється контролерами. Розрізняють контроль і перших деталей при налагодженні верстату, коопераційний та кінцевий.

Два останні можуть бути суцільними або вибірковими.

До допоміжних операцій відносяться додаткові операції технологічного процесу, які забезпечують необхідну якість готової деталі по її зовнішньому виду, естетичними вимогами, зберіганню.

2.8 Нормування ТП, уточнення типу виробництва

Розрахуємо норми часу, необхідні для технологічного процесу виготовлення корпусу редуктора.

Для розрахунку будемо користуватися завчасно визначеними нормативами часу.

Норма штучно-калькуляційного часу визначається за формулою

$$T_{шт-к} = (T_{п-з} / n) + T_{шт}, \quad (2.40)$$

де $T_{п-з}$ — підготовчо-заключний час, хв;

n — кількість деталей;

$$T_{шт} = T_0 + T_д + T_{об} + T_{від}, \quad (2.41)$$

де T_0 — основний час, хв;

$T_д$ — допоміжний час, хв;

$T_{об}$ — час на обслуговування робочого місця, хв;

$T_{від}$ — час перерв на відпочинок і особисті потреби, хв.;

$$T_{об} = T_{орг} + T_{тех}, \quad (2.42)$$

де $T_{орг}$ — час на організаційне обслуговування, хв;

$T_{тех}$ — час на технічне обслуговування, хв.;

$$T_д = T_{ус} + T_з + T_{уп} + T_{вим}, \quad (2.43)$$

де $T_{ус}$ — час на установку і зняття деталі, хв;

$T_з$ — час на закріплення і відкріплення деталі, хв;

$T_{уп}$ — час на прийоми управління, хв;

$T_{вим}$ — час на вимірювання деталі, хв.

Проведенні розрахунки заносимо в таблицю 2.13.

○ Основний час становить майже половину всього циклу (~47%). Це свідчить про високу концентрацію технологічного процесу безпосередньо на

обробці деталі.

Таблиця 2.13 – Норми часу

№ оп.	Назва операції	$T_{осн.}$	T_{∂}			$T_{оп.}$	$T_{об}$		$T_{від.}$	$T_{шт}$
			$T_{ус}$	$T_{уп}$	$T_{вим.}$		$T_{тех.}$	$T_{орг.}$		
005	Фрезерна	1,29	0,136	0,22	0,2	2,4	0,15	0,03	0,17	2,75
010	Свердлильна	0,1	0,11	0,02	0,15	0,66	0,05	0,008	0,05	0,75
015	Фрезерна	0,7	0,136	0,22	0,2	1,8	0,11	0,02	0,12	2,07
020	Фрезерна	1,1	0,136	0,22	0,2	2,23	0,14	0,02	0,14	2,54
025	Агрегатна	1,2	0,11	0,02	0,12	2,61	0,07	0,03	0,18	3,49
030	Свердлильна	0,56	0,11	0,02	0,12	1,4	0,08	0,02	0,09	1,5
035	Свердлильна	0,52	0,11	0,02	0,12	1,61	0,09	0,19	0,11	1,7

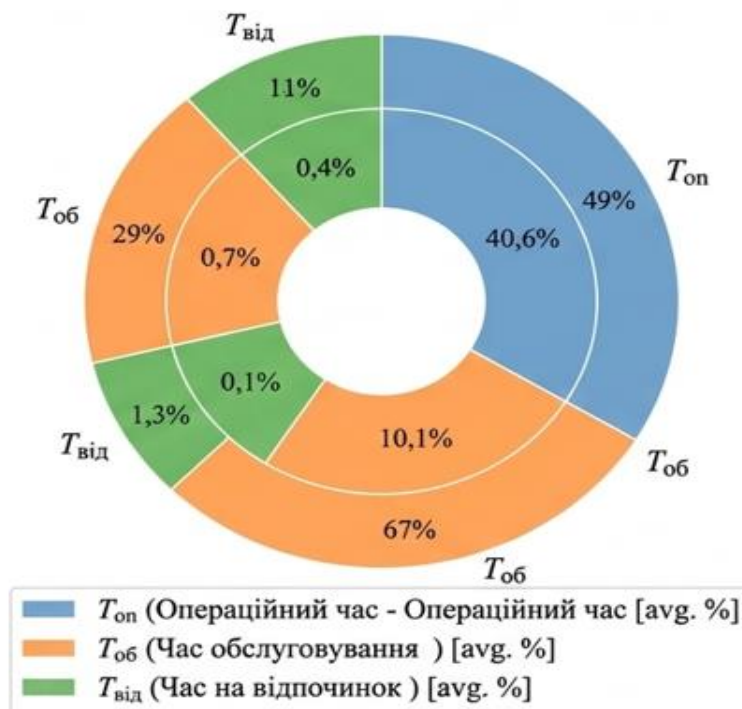


Рисунок 2.5 – Структура $T_{шт}$ за операціями

2. Операція 005 (Фрезерна):

○ Допоміжний час також значний (20%), що характерно для фрезерних робіт, де встановлення та зняття деталі займає певний час.

3. Операція 025 (Агрегатна):

○ Тут спостерігається цікава особливість: при високому основному часі

(1.2 хв), значну частку займають інші підготовчо-заклучні або допоміжні процеси, що відображено в операційному часі.

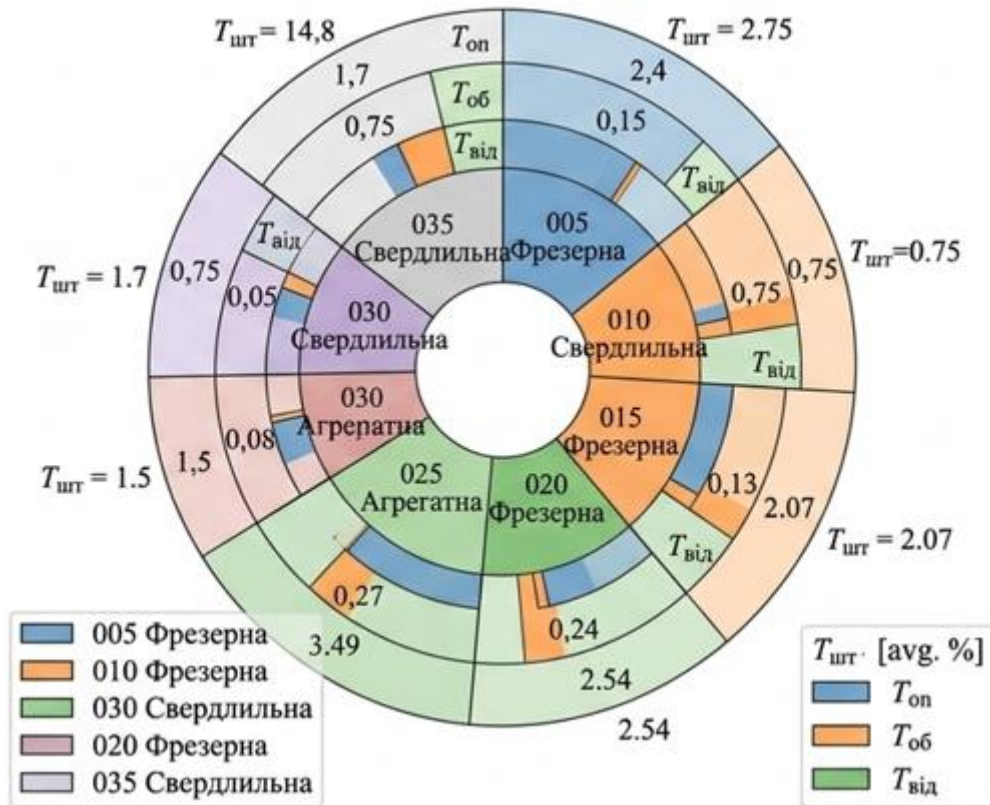


Рисунок 2.6 – Структура $T_{шт}$ за операціями

○ Частка основного часу у загальній структурі становить близько 34%, що менше ніж у фрезерній операції, попри складність обладнання.

Ці діаграми допомагають швидко визначити недоліки ТП, якщо допоміжний час занадто великий, варто подумати про автоматизацію затискних пристроїв або вдосконалення логістики на робочому місці.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Вибір і обґрунтування принципу дії, структурної схеми

Для запропонованого ТП спроектуємо верстатний пристрій для обробки отвору (операція 025 Агрегатна).

В прийнятому варіанті механічної обробки поверхні здійснюється на агрегатному верстаті

Тип виробництва крупносерійний, тому згідно рекомендацій пристрій повинен мати механізований привод затискування.

Даний пристрій служить для закріплення заготовки на столі вибраного і верстата з метою обробки даного отвору.

Принцип дії даного пристрою полягає в наступному, що деталь встановлюється на опорні пальці.

В пневмоциліндр подається повітря, яке тягне шток з прикріпленими на ньому важілі.

Отже, деталь затиснена, і готова до виконання над нею технологічної операції.

Пристрій складається з литого корпусу, в якому розміщені два пневмоциліндра з прихватами.

Заготовка встановлюється на три опори до опору в два штифти.

Після цього на вході пневмоциліндрів подається стиснене повітря і відбувається затиснення заготовки прихватами.

Після закінчення обробки, повітря подається в поршневі порожнини пневмоциліндрів і відбувається розтиснення заготовки.

Вага пристрою становить 38,4 кг, тому встановлення і зняття його вручну забороняється.

Для його переміщення передбачено два різьбових отвори під ремболти для можливого використання кран-балки.

3.2 Силевий розрахунок параметрів приводу

Виходячи з структурної схеми пристрою і схеми сили дії, зусилля затиску розраховуємо по формулі

$$W = \frac{K \cdot P_x - P_z f_2}{f_1 + f_2}, \quad (3.1)$$

де K - коефіцієнт запасу;

$$K = K_o \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.2)$$

де $K_o = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує зростання сили різання при затупленні в інструменті;

$K_1 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує нерівномірність сил різання через непостійність припуску;

$K_3 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує зміну сил обробки при неперервному різанні;

$K_4 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує непостійність сил різання;

$K_5 = 1,1$ – коефіцієнт, який враховує непостійність сил, що розвивається приводами;

$K_6 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує невизначене положення місць контакту заготовки з установочними елементами і зміни, в зв'язку з цим моментів тертя і які протидіють повороту заготовки по базовій площині;

f_1, f_2 – коефіцієнти тертя відповідно між поверхнею затискного елемента і поверхні деталі і опорною поверхнею деталі і установчою поверхнею.

($f_1 = 0,15, f_2 = 0,2$).

Тоді:

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1,0 = 2,59.$$

Сила різання

$$P_z = 2910,5H,$$

$$P_x = 2328,4H,$$

Сила затиску:

$$W = \frac{2,6 \cdot 2328,4 - 2910,5 \cdot 0,2}{0,15 + 0,2} = 15663,5 \text{ Н.}$$

3.3 Розрахунок на точність

Для забезпечення точності пристрою необхідно виконати умову

$$\varepsilon_y \leq \varepsilon_{y \text{ доп}}, \quad (3.3)$$

$$\sum e = K \sqrt{e_{\text{с}}^2 + e_{\text{пр}}^2 + e_{\text{пу}}^2 + e_{\text{б}}^2 + e_{\text{з}}^2 + e_{\text{рнс}}^2 + e_{\text{н}}^2 + e_{\text{рз}}^2 + e_{\text{нд}}^2 + e_{\text{і}}^2 + e_{\text{зн}}^2 + e_{\text{т}}^2},$$

де $K = 0,19$ – допуск на розмір

$\sum e$ – сумарна похибка

$e_{\text{с}} = 0,014$ – похибка стола верстата;

$e_{\text{пр}} = 0,033$ – похибка розташування пристрою на верстаті (для установчих пазів стола);

$e_{\text{пу}} = 0,038$ – похибка розташування установчих елементів поверхонь пристрою, якими він встановлює на верстаті;

$e_{\text{б}} = 0,008$ – похибка базування;

$e_{\text{з}} = 0,07$ – похибка закріплення;

$e_{\text{рнс}} = 0,01$ – похибка розташування направляючих елементів пристрою;

$e_{\text{н}} = 0,01$ – похибка налагодження;

$e_{\text{рз}} = 0,01$ – похибка розмірного зношування;

$e_{\text{нд}} = 0,003$ – похибка пружних деформацій;

$e_{\text{і}} = 0,002$ – похибка інструменту;

$e_{zn} = 0,003$ – похибка, викликана зношуванням установчих елементів;

$e_t = 0,001$ – похибка, викликана температурними впливами;

$K = 1,1$ – коефіцієнт, що враховує закони розподілу похибок.

Тоді:

$$e = K \sqrt{0,014^2 + 0,033^2 + 0,038^2 + 0,008^2 + 0,07^2 + 0,01^2 + 0,01^2 + 0,01^2 + 0,003^2 + 0,002^2 + 0,003^2 + 0,001^2} = 0,098, \quad 0,098 < 0,19.$$

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1. Виявлення небезпечних та шкідливих виробничих факторів та приведення їх до нормативних вимог

На основі виконаного аналізу фізичних та механічних властивостей матеріалу, з якого виготовляється корпус (чавун сірий марки СЧ-15), його хімічного складу, а також характерних особливостей, що супроводжують експлуатацію використовуваного для його виготовлення обладнання встановлено, що при виконанні технологічного процесу виготовлення існують такі основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- підвищений рівень напруги в електричних ланцюгах металорізальних верстатів;
- вібрація загального виду, яка виникає під час експлуатації металорізального обладнання;
 - шум від роботи верстатів;
 - надлишки явного тепла;
 - пилове забруднення повітря.

Для запобігання впливу виявлених небезпечних та шкідливих виробничих факторів на здоров'я працівників, попередження виникнення виробничого травматизму при виконанні технологічного процесу виготовлення корпусу перш за все передбачаємо проведення заходів загального характеру:

- своєчасне проведення планово-попереджувальних ремонтів виробничого обладнання та інструменту;
- підтримування проїздів та проходів в належному порядку;
- раціональна організація робочих місць;
- раціональні режими виконання всіх основних та допоміжних операцій технологічного процесу;
- регулярний контроль правильності всіх прийомів праці при виконанні операцій технологічного процесу;

- використання сучасних запобіжних пристроїв і огороження робочих зон;
- проведення систематичного контролю стану обладнання та допоміжних пристроїв;
- ефективне використання засобів індивідуального захисту, своєчасний контроль їхнього стану, дотримання потрібної (встановленої норми) періодичності їхньої заміни.

Запобіганню небезпечного впливу на працівників підвищеного рівня напруги в електричних ланцюгах металорізальних верстатів досягаємо дотриманням всіх вимог техніки безпеки, передбачених в "Правилах експлуатації електроустановок", що стосуються електрообладнання подібного типу; зокрема особливу увагу приділяємо тому, щоб всі електродвигуни і пускова апаратура були надійно заземленими.

При цьому, використовуючи рекомендації, наведені в [1], для заземлення виробничого обладнання (враховуючи його конструктивні та експлуатаційні особливості) використовуємо контурні системи, загальний опір кожної з яких не повинен перевищувати 4 Ом.

При експлуатації металорізальних верстатів, які використовуються для виконання основних операцій технологічного процесу механічної обробки деталі "корпус", виникає вібрація, яка негативно впливає не тільки на здоров'я верстатників, але і на точність і довговічність^ обладнання, використовованого для операцій техпроцесу, а також іншого обладнання, встановленого у даному виробничому приміщенні. Для забезпечення можливості використання названих нормативних документів ґрунтовно опрацьовуємо технічні паспорти кожної основної виробничої одиниці, що використовується згідно технологічного процесу для обробки корпусу, і визначаємо ймовірний спектральний склад, інтенсивність та напрямок дії виниклих вібрацій.

З метою зменшення негативного впливу вібрацій, що виникають від роботи виробничого обладнання, передбачаємо використання методів віброгасіння та віброізоляції.

Динамічного гасіння виниклих коливань досягаємо шляхом встановлення виробничого обладнання на масивні фундаменти. При цьому маси фундаментів вибираємо такими, щоб амплітуда коливань їх підшов не перевищувала 0,15 - 0,2 мм.

Для віброізоляції використовуємо комбіновані віброізолятори, при чому той їх тип, який являє собою поєднання пружинних віброізоляторів з пружними прокладками. Такий вибір дозволить забезпечити гасіння коливань в їх широкому діапазоні, що особливо важливо для нашого випадку (на етапі дипломного проектування), коли точний спектр виниклих вібрацій невідомий.

Під час роботи використовуваного обладнання виникатиме шум, спектральний аналіз на даному рівні зробити також неможливо. Шум вважається допустимим, якщо вимірювані рівні звукового тиску у всіх октанових смугах частот нормованого діапазону (63 - 8000 Гц) будуть нижчі, ніж значення, котрі визначаються граничним спектром.

При експлуатації металорізального обладнання можливе виникнення надлишків явного тепла, оскільки інтенсивність теплових потоків для обладнання вибраних типів є досить високою.

Тому для створення мікроклімату у виробничому приміщенні, параметри котрого (температура повітря, його відносна вологість та швидкість його руху) відповідали б нормативним вимогам, передбачаємо використання місцевої та загальнообміної (природної та механічної) систем вентиляції, остання з яких повинна забезпечувати потрібну, регламентовану нормами, величину краткості повітрообміну у виробничому приміщенні.

При цьому допускаємо використання рециркульованого повітря (але не більше 20%), що дозволить досягнути істотного зменшення енерговитрат на роботу системи вентиляції.

Метрологічні умови згідно нормативних вимог повинні бути наступними: в холодний період року - 18-20 °С; в теплий період року - 21 - 23 °С. Щодо відносної вологості повітря, то незалежно від періоду року її значення повинно знаходитись в межах 60%.

Пилове забруднення повітря виробничого приміщення, яке виникає під час експлуатації основного виробничого обладнання, також негативно впливає на здоров'я працівників та довговічності обладнання.

Однак використання вищезгаданих систем вентиляції, які забезпечують високий ступінь очистки відпрацьованого повітря від шкідливих домішок за рахунок його багатоступеневого очищення у відповідних апаратах, дозволяє досягнути істотного покращення складу повітряного середовища вибраного приміщення.

Таким чином, концентрації шкідливих речовин у повітрі біля робочих місць верстатників не перевищуватимуть граничнодопустимих величин, визначених відповідними нормативними документами.

Для забезпечення безпечної роботи режими різання при виконанні операцій технологічного процесу повинні відповідати вимогам стандартів і технічним умовам для відповідного інструменту.

Для охолодження зони різання вибираємо мінеральні масла з температурою спалаху не менше 150 градусів, вільні від кислот і вологи. Передбачаємо попадання змащувально-охолоджувальної рідини в зону різання методом розпилювання в відповідності з гігієнічними вимогами.

Стружку від металорізальних верстатів віддаляємо механізованим способом.

Для захисту від ультразвуку, який передається через повітряне середовище, застосовуємо методи звукоізоляції. При необхідності між обладнанням та працівниками встановлюємо екран.

4.2 Організаційно-технічні заходи пожежної безпеки

З метою дотримання вимог пожежної безпеки передбачається розробка комплексних заходів щодо забезпечення пожежної безпеки:

- розробка і затвердження нормативних актів і інструкцій в межах підприємства, де впроваджуватиметься розроблений техпроцес;

- здійснення постійного контролю за їх отриманням;
- забезпечення додержання протипожежних вимог стандартів, норм, правил, а також виконання вимог приписів і постанов органів державного пожежного нагляду;
- утримування в справному стані засобів протипожежного захисту і зв'язку, пожежної техніки, обладнання та інвентаря, недопускання їх використання не за призначенням;
- здійснення заходів щодо впровадження автоматичних засобів виявлення та гасіння пожеж;
- своєчасне інформування пожежної охорони про несправність пожежної техніки, системи протилежного захисту, водопостачання тощо.

При експлуатації передбаченого у техпроцесі виробничого обладнання необхідно забезпечити виконання технічних, експлуатаційних, організаційних протипожежних заходів режимного характеру.

До технічних заходів відносяться заходи по дотриманню протипожежних правил, норм (зокрема, при монтуванні і обслуговуванні електрообладнання, опаленні, освітленні, правильному розміщенні обладнання).

До експлуатаційних протипожежних заходів відносяться своєчасні профілактичні огляди, ремонти та випробування обладнання.

Організаційні заходи передбачають правильну експлуатацію обладнання, підтримання виробничої території у належному порядку, протипожежний інструктаж робітників, організацію добровільних пожежних дружин та пожежно-технічних комісій, підготовку та видання наказів з питань посилення пожежної безпеки. Заходи режимного характеру - це заборона куріння в невістановлених місцях.

ВИСНОВКИ

Прийняті рішення забезпечили можливість концентрації обробки, організацію багатOVERстатного обслуговування, мобільність виробництва, а також значне скорочення затрат на оснащення виробничого процесу.

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

Крім того, завдяки застосуванню механізованого приводу, значно покращилися умови роботи виробничих робітників.

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ : НМК ВО, 1990. 264 с.
2. Паливода Ю. Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навч.-метод. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2019. 240 с.
3. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
4. Добрянський С. С. Технологічні основи машинобудування [Електронний ресурс]: підручник для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафєєв. КПП ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2020. 379 с.
5. Дячун А. Є., Капаціла Ю. Б., Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин». Тернопіль : ТНТУ, 2016. 75 с.
6. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с.
7. Капаціла Ю. Б., Комар Р. В. Проектування машинобудівних виробництв : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2017. 40 с.
8. Дичковський М. Г. Спеціальна технологічна оснастка. Тернопіль : ТНТУ, 2014. 243 с.
9. Барановський В.М., Підгурський М.І., Мариненко С.Ю. Конспект лекцій з дисципліни «Безпека життєдіяльності для студентів всіх спеціальностей і форм навчання. Вид. Тернопільського національного технічного університету. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. 141 с./67 с.
10. Барановський В.М., Сенчишин В.С. Методичні вказівки для

самостійної роботи студентів з курсу «Безпека життєдіяльності». Вид. Тернопільського національного технічного університету. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. 62 с.

11. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник / Під ред. Я.Г. Бедрія. Львів, 1997. 275с.

12. Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Мельников О. В. Основи охорони праці : підручник (видавн. 5-те, доповнене). Л.: Афіша, 2000. 350 с.

ДОДАТКИ