

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 механічного оброблення
проміжного вала гідромеханічної коробки передач самоскида

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

(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	Волошин Т.В. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Барановський В.М. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Дячун А.Є. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	Окіпний І.Б. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2026

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

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Окіпний І.Б.

(підпис)

(прізвище та
ініціали)

« _____ » _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

студенту Волошин Тарас Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу механічного оброблення
проміжного вала гідромеханічної коробки передач самоскида

Керівник роботи Барановський Віктор Миколайович, д.т.н., професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 21 » січня 2026 року № 4/9-26.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 12 червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи базовий технологічний процес, річна програма випуску – 40 000 шт.

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

Реферат. Зміст. Вступ. Загально-технічна частина. Технологічна частина.

Конструкторська частина. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

Висновки. Перелік посилань.

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

Карти технологічного процесу, карти технологічного налагодження, пристрій для
фрезерування шпоночного пазу, контрольно-вимірний пристрій

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 2026 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)

Волошин Т.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Барановський В.М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

У кваліфікаційній роботі бакалавра представлено технологію виготовлення проміжного вала гідромеханічної коробки передач самоскида.

У рамках цієї роботи було виконано таке:

- у частині 1 даної роботи зроблено аналіз вихідних конструкції виробу та проведено характеристику базового технологічного процесу ;

- у частині 2 даної роботи розроблено технологічний процес виготовлення вала;

- у частині 3 даної роботи спроектовано пристрій для фрезерування шпоночного пазу деталі;

- у частині 4 даної роботи наведено заходи з безпеки життєдіяльності та охорони праці під час проектування технологічного процесу виготовлення деталі;

Ключові слова: деталь, заготівка, технологічний процес, оснащення, інструмент, виробничий час та проектування переходів.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	6
1.1 Службове призначення та характеристики об'єкту виробництва.....	6
1.2. Аналіз базового технологічного процесу.....	7
1.3. Проектний варіант технологічного процесу.....	8
1.4 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу.....	10
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	11
2.1 Характеристика типу та організаційної форми виробництва	11
2.2 Відпрацювання деталі на технологічність.....	13
2.3 Вибір способу отримання заготовки.....	14
2.4 Вибір методу обробки поверхонь (за коефіцієнтами уточнення).....	16
2.5 Вибір та розрахункове обґрунтування баз.....	18
2.6 Розмірний аналіз технологічного процесу, визначення допусків, припусків і операційних розмірів	36
2.7 Розрахунок режимів різання, вибір обладнання та оснащення.....	20
2.8 Нормування техпроцесу, уточнення типу виробництва	27
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	32
3.1 Вибір і обґрунтування принципу дії, структурної схеми.....	42
3.2 Силловий розрахунок параметрів приводу.....	42
3.3 Розрахунок на точність.....	44
3.4 Загальний опис контрольно-вимірювального пристрою.....	45
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	46
4.1 Встановлення небезпечних та шкідливих виробничих факторів	46
4.2_Захист від механічного травмування при експлуатації вертикально-фрезерного верстата.....	48
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	50

ВСТУП

Останнім часом у сучасному машинобудуванні велика увага приділяється підвищенню ефективності розробки технологій виготовлення корпусів редукторів. Вимоги щодо високої точності та шорсткості поверхонь ускладнює процес розробки технологій їх виготовлення, тому головне питання зводиться до ретельної розробки технологій, що відповідають доцільності застосування даних технологій у сучасному машинобудуванні.

Незважаючи на те, що багато дослідників працюють над підвищенням ефективності розробки технологій виготовлення сучасних галузях машинобудування технології виготовлення корпусів редуктори залишаються недостатньо вивченими.

Об'єктом дослідження даної випускної кваліфікаційної роботи є технологія виготовлення деталі корпус редуктора.

Метою роботи є розробка технологічного процесу виготовлення деталі корпус редуктора в умовах крупносерійного виробництва.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Службове призначення та характеристики об'єкту виробництва

Редуктор гідромеханічної передачі складається з картера ведучого, проміжного і ведучого валів з шестернями постійного зчеплення, підшипників, подвійного фрикціону та механізму заднього ходу.

Деталь – вал проміжний гідромеханічної коробки передач самоскида.

Ця деталь в складі вузла, до якого входять гайка, роликпідшипник, шестерня, фрикціон заднього ходу, шестерня заднього ходу, ведуча шестерня входить в гідромеханічну передачу.

Технологічний процес складання складається із збирання окремих вузлів, складання гідротрансформатора, механічного редуктора, елементів масложивлення та керування

Проміжний вал опирається на підшипники, з двох сторін вала нарізані прямокутні шліци для встановлення на одному кінці шестерні привода проміжного валу, а на другому кінці – ведучої шестерні переднього ходу розпірної втулки і ведучої шестерні заднього ходу.

Матеріал деталі – сталь 40Х.

Заготовкою для вироблення деталі служить поковка, яка не складна за конфігурацією.

Деталь має ряд внутрішніх отворів, які потребують точної механічної обробки (Ra 1,6). На валу є поверхні які застосовуються під підшипники (Ra 1,25) $\varnothing 55 \pm 0,01$ і $70 \pm 0,01$ до яких ставляться точні вимоги відносно биття і циліндричності відносно базової поверхні Н.

На валу є також місця які призначені під шліцові з'єднання. Шліци є прямобічними. Шліцові з'єднання забезпечують добре центрування деталей на валу, а також передають більші потужності в порівнянні з шпоночними з'єднаннями. Ділянки з шліцами являються посадочними місцями під зубчасті колеса, які передають крутний момент.

На валу є місця під різьбові з'єднання $M55 \times 1,5-6g$ та $M30 \times 2-6g$, а також шпоночний паз.

Невказана шорсткість обробки деталі по IT14. По робочому кресленні дана деталь повністю відповідає поставленим конструктивним вимогам і за своєю конструкцією є технологічною.

1.2 Аналіз базового технологічного процесу

По існуючому технологічному процесу заготовку для деталі одержують на ГKM.

Перевагою штампування на ГKM є висока продуктивність устаткування, можливість виготовлення поковок з отворами без перетинів і штампувальних скосів, порівняно складної форми, придатність до механізації і автоматизації виробничих процесів.

Недоліками штампування поковок на ГKM є обмежена кількість форм поковок, потреба у використанні як вихідних заготовок точного проміру, підвищені витрати матеріалу у вигляді хвостовиків для закріплення заготовок.

Проаналізуємо заводський технологічний процес виготовлення деталі.

005 Заготівельна.

010 Токарно-центрувальна.

015 Токарно-копіювальна.

020 Свердлильна.

025 Свердлильна.

030 Шліцефрезерна.

035 Шліцефрезерна.

040 Фрезерна.

045 Свердлильна.

050 Токарна.

055 Різешліфувальна.

060 Різешліфувальна.

065 Шліцешліфувальна.

070 Шліцешліфувальна.

075 Круглошліфувальна.

Обробка деталі проводиться в механічному цеху на фрезерному, токарно-гвинторізному, горизонтально-свердлильному, токарно-копірувальному, шліцешліфувальному, круглошліфувальному.

Механічна обробка на даних операціях потребує застосування більш точного і універсального обладнання. Наприклад, замість токарно-центрувальної доцільно застосувати фрезерно-центрувальну з використанням фрезерно-центрувального півавтомата КЛ-171. ця заміна дозволяє точно витримати вказаний кресленням габаритний розмір. А 020 і 025 операції можна об'єднати в одну, використавши півавтомати 11А102, що дозволяє одночасно свердлити отвори з двох сторін.

Контроль якості деталі проводиться на робочому місці контролера ВТК після повної обробки деталі по всіх операціях. На робочому місці післяопераційний контроль проводиться самим виконавцем операції. Для контрольних операцій використовується універсальний і спеціальний контрольний інструмент. До спеціального інструменту належать граничні скоби, гладкі калібр-пробки, різеві калібр-пробки.

1.3 Проектний варіант технологічного процесу

Проектний технологічний процес виготовлення деталі.

005 Заготівельна операція.

010 Токарно-центрувальна:

1. Відрізка торців з двох сторін.
2. Центрування заготовки з двох сторін.

015 Токарно-копіювальна:

1. Обточка зовнішніх поверхонь з двох сторін.

020 Свердлильна.

1. Свердлити отвір $\varnothing 22$ на глибину 240 мм.

025 Свердлильна.

1. Свердлити отвір $\varnothing 18$ на глибину 205 мм.

030 Шліцефрезерна.

1. Нарізання шліців $d - 8 \times 56 js7 \times 62a11 \times 10k7$ на поверхні Б.

035 Шліцефрезерна.

1. Нарізання шліців $d - 8 \times 56 js7 \times 62a11 \times 10k7$ на поверхні В.

040 Фрезерна.

1. Фрезерування паза $8^{+0,1}$.

045 Свердлильна.

1. Одночасне свердління 3 отв. $\varnothing 6$; 4 отв. $\varnothing 5^{+0,012}$; отв. $\varnothing 5$.

050 Токарна.

055 Різешліфувальна.

1. Шліфувати різь $M30 \times 2 - 6g$ на відстань 35 мм.

060 Різешліфувальна.

1. Шліфувати різь $M55 \times 1,5 - 6g$ на відстань 13 мм.

065 Шліцешліфувальна.

1. Шліфування шліців $d - 8 \times 56 js7 \times 62a11 \times 10k7$ на поверхні В.

070 Шліцешліфувальна.

1. Шліфування шліців $d - 8 \times 56 js7 \times 62a11 \times 10k7$ на поверхні Б.

075 Круглошліфувальна.

Вихідні дані для визначення типу виробництва.

1. Річна програма випуску деталей $N = 40000$ шт.

2. Дійсний річний фонд часу роботи обладнання середньої ремонтоскладності при двозмінній роботі – $F_{\phi} = 3938$ год.

$$F_{\phi} = 4190 - (4190 \cdot 0,06) = 3938 \text{ год.}$$

3. Номінальний фонд при двозмінній роботі $F_n = 4190$ год.; витрати 6%.

Вихідні дані для визначення типу виробництва/

4. Річна програма випуску деталей $N = 40000$ шт.

5. Дійсний річний фонд часу роботи обладнання середньої ремонтоскладності при двозмінній роботі – $F_o = 3938$ год.

$$F_o = 4190 - (4190 \cdot 0,06) = 3938 \text{ год.}$$

6. Номінальний фонд при двозмінній роботі $F_n = 4190$ год.; витрати 6%.

Вихідні дані для визначення типу виробництва :

7. Річна програма випуску деталей $N = 40000$ шт.

8. Дійсний річний фонд часу роботи обладнання середньої ремонтоскладності при двозмінній роботі – $F_o = 3938$ год.

$$F_o = 4190 - (4190 \cdot 0,06) = 3938 \text{ год.}$$

9. Номінальний фонд при двозмінній роботі $F_n = 4190$ год.; витрати 6%.

1. Шліфувати $\varnothing 44_{-0,16}^{-0,075}$; $\varnothing 55 \pm 0,01$; $\varnothing 70 \pm 0,01$; $\varnothing 55_{-0,32}^{-0,012}$.

Вихідні дані для визначення типу виробництва :

Річна програма випуску деталей $N = 40000$ шт.

Дійсний річний фонд часу роботи обладнання середньої ремонтоскладності при двозмінній роботі – $F_o = 3938$ год.

$$F_o = 4190 - (4190 \cdot 0,06) = 3938 \text{ год.}$$

Номінальний фонд при двозмінній роботі $F_n = 4190$ год.; витрати 6%.

1.4 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу

Аналіз заводського технологічного варіанту показує, що деякі операції малопродуктивні, потребують великих затрат часу.

На дипломне проектування виноситься питання:

- розробки нового технологічного процесу механічної обробки вала проміжного другого;
- розробки високопродуктивного оснащення, пристроїв, інструменту.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика типу та організаційної форми виробництва

Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій

$$K_{з.о.} = \frac{\Sigma O}{\Sigma P}, \quad (2.1)$$

де ΣO – кількість всіх операцій, які можуть виконуватись на дільниці;

ΣP – кількість робочих місць на дільниці.

При цьому

$$O = \frac{\eta_{з.норм.}}{\eta_{з.факт.}}, \quad (2.2)$$

де $\eta_{з.норм.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання (приймаємо рівним 0,85);

$\eta_{з.факт.}$ – фактичний коефіцієнт завантаження обладнання,

де

$$\eta_{з.факт.} = \frac{P_{розр.}}{P_{пр.}}, \quad (2.3)$$

де $P_{розр.}$ – розрахункова кількість необхідного обладнання;

$P_{пр.}$ – прийнята кількість необхідного обладнання.

При цьому

$$P_{розр.} = \frac{T_{шт.к.} \times N}{60 \times Fg \times \eta_{з.норм.}}, \quad (2.4)$$

де $T_{шт.к.}$ – штучно-калькуляційний час на операцію, хв.

Розрахунки зводимо у таблицю.

Оскільки $K_{з.о.} = 4,85$, тобто виконується умова $1 \leq K_{з.о.} \leq 10$, маємо крупносерійне виробництва.

Встановлені дві форми організації технологічних процесів – групова і потокова.

Таблиця 2.1 – Звітна відомість розрахунку коефіцієнту закріплення операцій

№	Операція	$T_{шт.к.}$	$P_{розр.}$	$P_{пр.}$	$\eta_{з.факт.}$	О
1	Токарно-центрувальна	0,67	0,13	1	0,13	7
2	Токарно-копіювальна	6,182	1,23	2	0,62	2
3	Свердлильна	2,67	0,53	1	0,53	2
4	Свердлильна	3,871	0,77	1	0,77	2
5	Шліцефрезерна	10,65	2,12	3	0,71	2
6	Шліцефрезерна	6,523	1,3	2	0,65	2
7	Фрезерна	0,179	0,04	1	0,04	24
8	Свердлильна	0,088	0,02	1	0,02	48
9	Різешліфувальна	9,2	1,83	2	0,92	1
10	Різешліфувальна	8,7	1,73	2	0,87	1
11	Шліцешліфувальна	5,4	1,08	2	0,54	2
12	Шліцешліфувальна	3,5	0,7	1	0,7	2
13	Круглошліфувальна	2,4	0,48	1	0,48	2
	Разом по ТП	59,27	11,8	20	0,59	97

Рішення про доцільність застосування потокового виробництва приймається на основі порівняння заданого добового випуску виробів і розрахункової добової продуктивності поточної лінії при двозмінному режимі роботи і її завантаження не нижче 60 %.

Добова програма:

$$N_d = \frac{N}{F}, \quad (2.5)$$

де $F = 254$ *шт.* кількість робочих днів у році;

$$N_d = \frac{40000}{254} = 157,48 \text{ шт.}$$

Добова програма потокової лінії при завантаженості 60 %, $\eta_n = 0,6$:

$$Q_d = \frac{F_{ef.}}{T_{шт.сер.}} \times \eta_n, \quad (2.6)$$

де $F_{ef.} = 952$ хв. – добова продуктивність при двохзмінній роботі;

$$T_{шт.сер.} = \frac{1}{n} \sum T_{шт.к.} = 4,56;$$

$$Q_d = \frac{952}{4,56} \times 0,6 = 125,58 \text{ шт.}$$

При цьому $N_d > Q_d$.

Отже маємо потокову форму виробництва.

2.2 Відпрацювання деталі на технологічність

Під технологічністю конструкції виробу розуміють сукупність його властивостей, які визначають відповідність даної конструкції оптимальним витратам на його виготовлення, експлуатацію та ремонт для заданих показників якості, обсягу випуску та умов виконання робіт.

Таблиця 2.2 – Розрахунок кількісних показників технологічності

№ п/п	Назва поверхонь	К-ть. пов.	К-ть. уніф. пов.	Шорст- кість	Квалітет
1	Зовн. пов. під підшипник Ø 44	1	1	3,2	12
2	Зовнішня поверхня Ø 55 ± 0,01	1	1	1,25	8
3	Зовнішня поверхня Ø 70 ± 0,01	1	1	1,25	8
4	Зовнішня поверхня Ø 80 - 0,2	1	1	3,2	12
5	Зовнішня поверхня Ø 55 ^{-0,012} _{-0,032}	1	1	1,25	8
6	Шліци d – 8 × 56 js7 × 62a11 ×	2	2	6,3	7
7	Зовнішня різь М55 × 1,5 – 6g	1	1	10	6
8	Зовнішня різь М30 × 2 – 6g	1	1	10	6
9	Шпоночний паз Ø 10	1	1	3,2	12
10	Внутрішній отвір Ø 25	1	1	12,5	14
11	Внутрішній отвір Ø 18	1	1	12,5	14
12	Внутрішній отвір Ø 6	3	3	1,6	7
	Сума	15	15		

Технологічні показники

а) коефіцієнт технологічності деталі по уніфікованих поверхнях

$$K_y = \frac{Q_y}{Q_{cp}}, \quad (2.7)$$

$$K_y = \frac{20}{20} = 1 > 0,6 \text{ – деталь являється технологічною;}$$

б) коефіцієнт точності обробки:

$$K_{т.о.} = 1 - \frac{1}{A_{сер.}}, \quad (2.8)$$

де $A_{сер.}$ – середній квалітет точності;

$$K_{т.о.} = 1 - \frac{1}{9,8} = 0,898.$$

$K_{т.о.} > 0,8$ – деталь технологічна.

в) коефіцієнт шорсткості поверхонь:

$$K_{ш.п.} = \frac{1}{M_{сер.}}, \quad (2.9)$$

де $M_{сер.}$ – середня шорсткість поверхонь

$$M_{сер.} = \frac{(13,2 \cdot 1 + 1,25 \cdot 1 + 1,25 \cdot 1 + 3,2 \cdot 1 + 1,25 \cdot 1 + 6,3 \cdot 2 + 10 \cdot 1)}{15} + \frac{(10 \cdot 1 + 12,5 \cdot 1 + 3,2 \cdot 1 + 12,5 \cdot 1 + 1,3 \cdot 3)}{15} = 4,08$$

$$K_{ш.п.} = \frac{1}{4,08} = 0,245 < 0,32 \text{ – деталь технологічна.}$$

Робимо висновок: деталь по даним показникам технологічна.

2.3 Вибір способу отримання заготовки

Заготовку вибираємо з врахуванням форм, розмірів, маси і матеріалу деталі, точності розмірів, які потрібно отримати, річної програми і т.д.

Форма заготовки повинна бути максимально наближена до форми деталі.

Метод виконання заготовок для деталей машин визначається призначенням деталі, конструкції, матеріалом, технічними вимогами, масштабом і серійністю випуску, а також економічністю виготовлення.

Порівняємо заготовку з прутка для нашої деталі і поковку.

Якщо деталь виготовляється з прокату, то витрати на заготовку визначаються:

- по вазі прокату, яка потрібна на виготовлення деталі;
- вазі стружки, що здається.

При цьому приймається до уваги стандартна довжина прутка

$$S_{заг.} = \frac{Q \cdot S}{1000} - (Q - q) \cdot \frac{S_{відх.}}{1000}, \quad (2.10)$$

де Q – маса заготовки, кг;

S – вартість 1 кг матеріалу заготовки;

q – маса готової деталі, кг;

$S_{відх.}$ – вартість 1 т відходів, грн.

$$Q = S \cdot V, \quad (2.11)$$

де V – об'єм заготовки, см³;

ρ – густина сталі (7,8 г/см³).

$$V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{4} = \frac{8,5^2 \cdot \pi \cdot 48}{4} = 2722,38 \text{ см}^3;$$

$$Q = 7,8 \cdot 2722,38 = 21 \text{ кг};$$

$$S = 270 \text{ грн.}; \quad q = 10 \text{ кг}; \quad S_{відх.} = 30 \text{ грн.};$$

$$S_{заг.} = \frac{21 \cdot 270}{1000} - (21 - 10) \cdot \frac{30}{1000} = 5,34 \text{ грн.}$$

Вартість поковки на ГKM можна з достатньою точністю визначити за формулою

$$S_{заг.} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_v \cdot k_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{відх.}}{1000}, \quad (2.12)$$

де C_i – базова вартість 1 т заготовок, грн., $C_i = 320$ грн.;

k_m, k_c, k_v, k_n – коефіцієнти які залежать від маси, класу точності, групи складності, марки матеріалу, об'єму виробництва заготовок.

$$Q_n = \left(\frac{9^2 \cdot \pi \cdot 15,5}{4} + \frac{7,5^2 \cdot \pi \cdot 32,5}{4} \right) \cdot 7,8 = 18,9 \text{ кг.}$$

$$q = 10 \text{ кг}; \quad S_{відх.} = 30 \text{ грн.}; \quad k_m = 1; \quad k_c = 0,77; \quad k_v = 0,8; \quad k_n = 1; \quad k_m = 1,18;$$

$$S_{заг.} = \left(\frac{320}{1000} \cdot 18,9 \cdot 1 \cdot 0,77 \cdot 0,8 \cdot 1,18 \right) - (25 - 10) \frac{30}{1000} = 2,1 \text{ грн.}$$

Економічний ефект для співставлення способів отримання заготовок, при яких технологічний процес механічної обробки не змінюється, може бути розрахований за формулою:

$$\varepsilon_3 = (S_{заг.1} - S_{заг.2}) \cdot N = (5,34 - 2,1) 40000 = 129600 \text{ грн.}$$

Отже, вигідно виготовляти заготовки у вигляді поковки.

2.4 Вибір методу обробки поверхонь (за коефіцієнтами уточнення)

Виходячи з рекомендацій літератури встановлюємо можливі методи обробки поверхонь.

Встановлення кількості операцій і переходів необхідних для одержання потрібної точності і шорсткості обробки встановлюємо за коефіцієнтами уточнення.

Необхідне значення коефіцієнту уточнення визначаємо за формулою

$$\varepsilon_y = \frac{T_{заг.}}{T_{дет.}} \leq \varepsilon_1 \times \varepsilon_2 \times \varepsilon_3 \dots \varepsilon_n, \quad (2.13)$$

де ε_y – потрібна величина коефіцієнта уточнення;

$T_{заг.}$ – допуск заготовки;

$T_{дет.}$ – допуск заготовки;

ε_i – коефіцієнт уточнення по i -тій операції.

Таблиця 2.3 – Вибір методів обробки і коефіцієнти уточнення

№ пов	Назва поверхонь	$\delta_{заг.}$ мк м	$\delta_{дет.}$ мкм	$\varepsilon_p = \frac{\delta_{заг.}}{\delta_{дет.}}$	$i = \frac{\lg \varepsilon}{0,46}$	$i_{пр}$	Можливі переходи
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Торець	1000	380	2,6	0,91	1	1. Однократне підрізання. 2. Торцьове фрезерування.

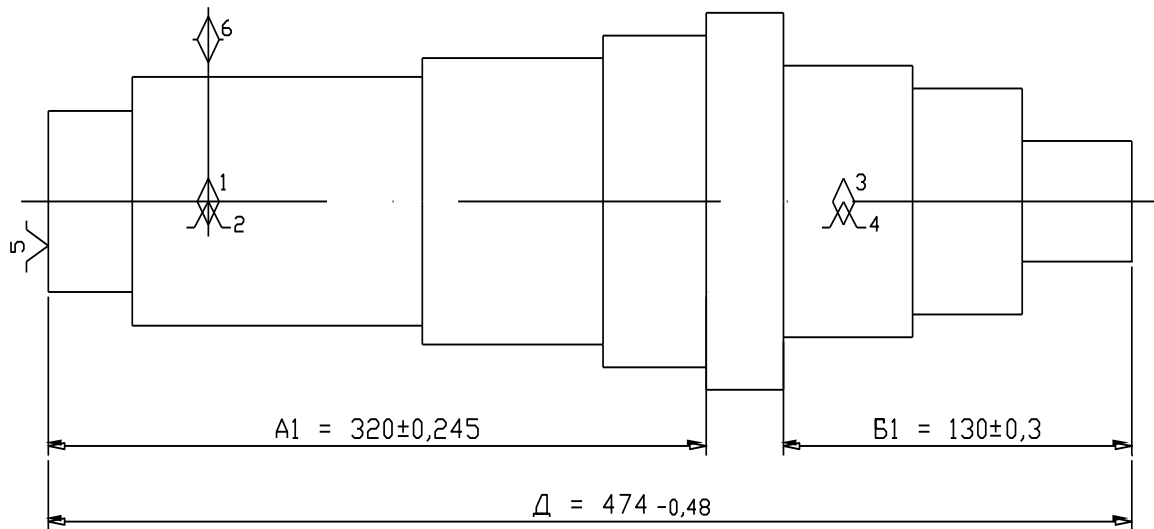
2	Фаска	1000	380	2,6	0,91	1	Точіння або фрезерування
3	Зовнішня поверхня Ø 55 ± 0,01	2900	20	145	3,2	3	$\mathcal{E}_1 = \frac{2900}{400} = 7,25$ $\mathcal{E}_2 = \frac{400}{120} = 3,46$ $\mathcal{E}_3 = \frac{120}{20} = 6$ $\mathcal{E}_n = 7,25 \times 3,46 \times 6 = 145,2 > \mathcal{E}_p = 145$
4	Зовнішня поверхня Ø 44 ^{-0,075} _{-0,150}	2900	75	8	2,9	3	$\mathcal{E}_1 = \frac{2900}{340} = 8,5$ $\mathcal{E}_2 = \frac{340}{170} = 2$ $\mathcal{E}_3 = \frac{170}{75} = 2,3$ $\mathcal{E}_n = 2 \times 8,5 \times 2,3 = 39,1 > \mathcal{E}_p$
5	Зовнішня поверхня Ø 70 ± 0,01	2900	20	145	3,2	3	$\mathcal{E}_1 = \frac{2900}{400} = 7,25$ $\mathcal{E}_2 = \frac{400}{120} = 3,46$ $\mathcal{E}_3 = \frac{120}{20} = 6$ $\mathcal{E}_n = 7,25 \times 3,46 \times 6 = 145,2 > \mathcal{E}_p$
6	Зовнішня поверхня Ø 80 ^{-0,2}	2900	200	14,5	2,3	2	$\mathcal{E}_1 = \frac{2900}{870} = 3,4$ $\mathcal{E}_2 = \frac{870}{200} = 4,45$ $\mathcal{E}_n = 3,4 \times 4,45 = 14,6 > \mathcal{E}_p$
7	Зовнішня поверхня Ø 55 ^{-0,012} _{-0,032}	2900	20	145	3,2	3	$\mathcal{E}_2 = \frac{400}{120} = 3,46$ $\mathcal{E}_3 = \frac{120}{20} = 6$ $\mathcal{E}_n = 145,2 > \mathcal{E}_p$

8	Шліци d – 8 × 56 js7 × 62a11 × 10k7	2400	270	8,8	3,06	3	$\varepsilon_1 = \frac{2400}{740} = 3,24$ $\varepsilon_2 = \frac{740}{340} = 2,2$ $\varepsilon_3 = \frac{340}{270} = 1,3$ $\varepsilon_n = 3,24 \times 2,2 \times 1,3 = 8,9 > \varepsilon_p$
		1. Токарна чорнова 2. Шліцефрезерна 3. Шліцешліфувальна					
9	Зовнішня різь M30 × 2 – 6g	2900	280	10,35	2,6	3	$\varepsilon_1 = \frac{2900}{740} = 3,92$ $\varepsilon_2 = \frac{740}{340} = 2,2$ $\varepsilon_3 = \frac{340}{280} = 1,2$ $\varepsilon_n = 3,92 \times 2,2 \times 1,2 = 10,4 > \varepsilon_p$
		1. Токарна чорнова 2. Токарна чистова 3. Різешліфувальна 1. Токарна чорнова 2. Круглошліфувальна 3. Різешліфувальна					
10	Зовнішня різь M55 × 1,5 – 6g	2900	280	10,35	2,6	3	$\varepsilon_1 = \frac{2900}{740} = 3,92$ $\varepsilon_2 = \frac{740}{340} = 2,2$ $\varepsilon_3 = \frac{340}{280} = 1,2$ $\varepsilon_n = 10,4 > \varepsilon_p$
		1. Токарна чорнова 2. Токарна чистова 3. Різешліфувальна 1. Токарна чорнова 2. Круглошліфувальна 3. Різешліфувальна					
11	Шпоночний паз	280	210	1,3	0,27	1	Фрезерування
12	Отвір Ø 18	380	180	2,1	0,7	1	Фрезерування
13	Отвір Ø 22	280	210	1,3	0,27	1	Свердління
14	Отвір Ø 6	270	150	1,8	1,5	1	Свердління

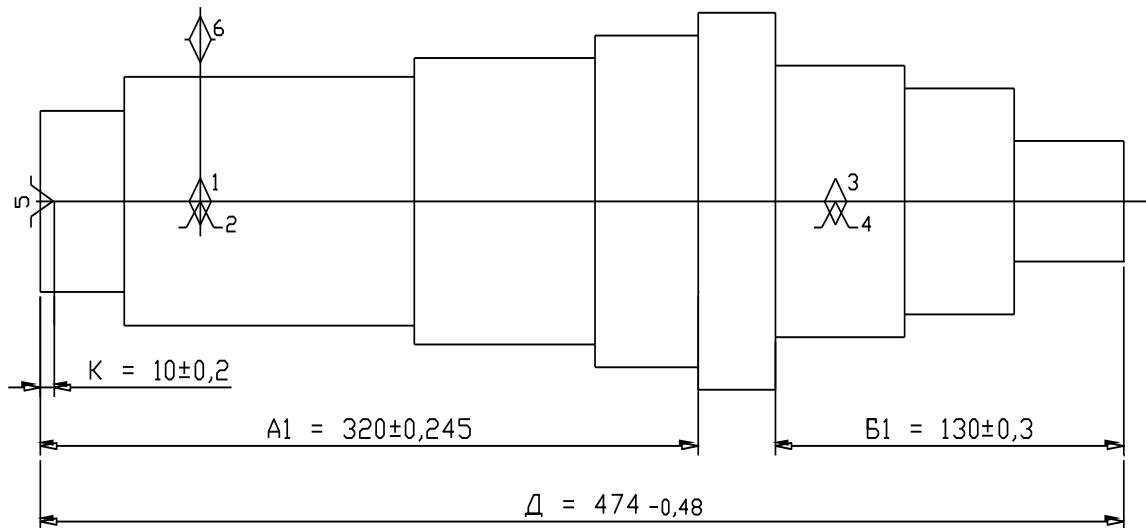
2.5 Вибір та розрахункове обґрунтування баз

Відрізняючими геометричними признаками поверхонь, які вибирають в якості технологічних баз, являються найбільші габаритні розміри для поверхні установчої бази, найбільша протилежність для направляючої бази і найменші габаритні розміри поверхні опорної бази. Дотримання цих умов дозволяє значно зменшити вплив похибки установки заготовки на точність обробки.

Операція 1.



Варіант А



Варіант Б

Рисунок 2.1 – Схеми базування

$$\omega(A_1) = 0;$$

$$\omega(B_1) = T(D) = 0,48 \text{ мм};$$

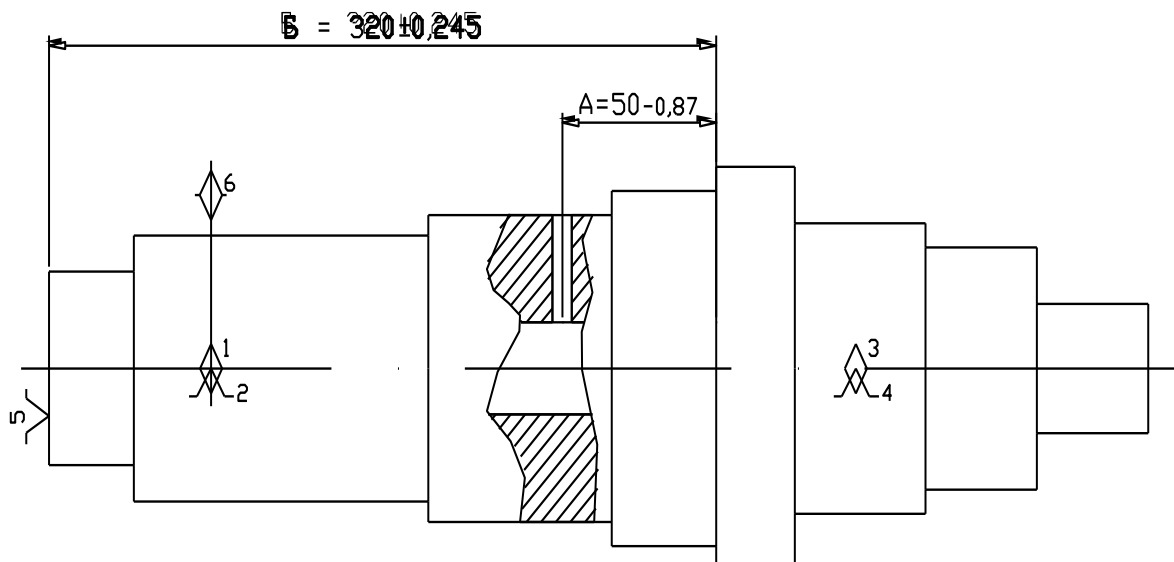
$$\omega(A_1) = T(K) = 0,4;$$

$$\omega(B_1) = T(K) + T(D) = 0,88 \text{ мм}.$$

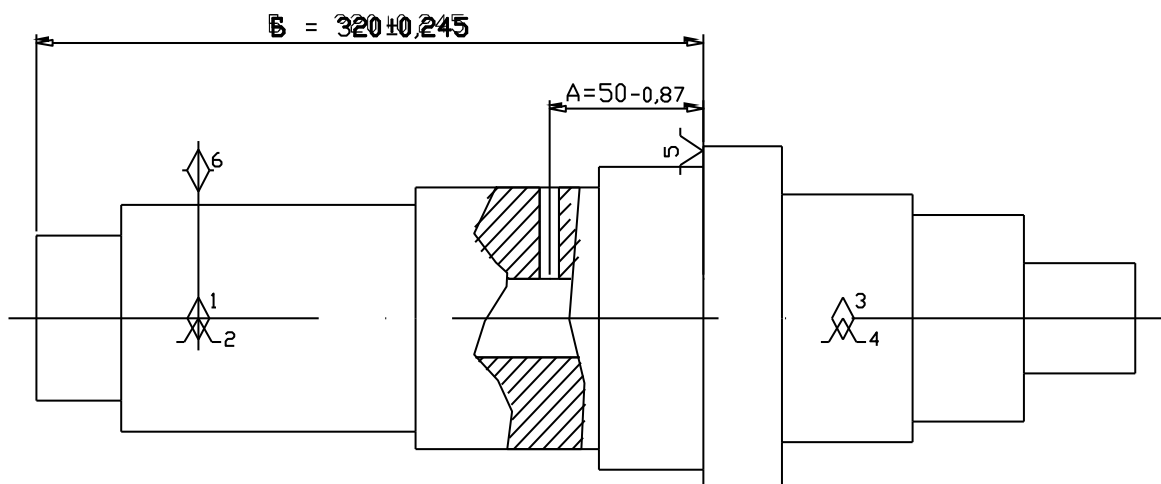
Операція 2.

$$\omega(A) = T(B) = 0,49 \text{ мм};$$

$$\omega(A) = 0.$$



Варіант А



Варіант Б

Рисунок 2.2 – Схеми базування

2.6 Розмірний аналіз технологічного процесу, визначення допусків, припусків і операційних розмірів

Вихідні дані:

$$A_1 = 474_{-0,18};$$

$$A_2 = 320,5 \pm 0,245;$$

$$A_3 = 274 \pm 0,34;$$

$$A_4 = 159 \pm 0,26;$$

$$A_5 = 20_{-0,084};$$

$$A_6 = 91,5 \pm 0,435;$$

$$A_7 = 60 \pm 0,37;$$

$$A_8 = 39 \pm 0,31;$$

$$A_9 = \frac{1}{2} A_{9'} = 22,3_{-0,080}^{-0,0375};$$

$$A_{10} = \frac{1}{2} A_{10'} = 27,5 \pm 0,005;$$

$$A_{11} = \frac{1}{2} A_{11'} = 31_{-0,15}^{-0,05};$$

$$A_{12} = \frac{1}{2} A_{12'} = 35 \pm 0,005;$$

$$A_{13} = \frac{1}{2} A_{13'} = 15,2 \pm 0,155;$$

$$A_{14} = \frac{1}{2} A_{14'} = 27,5_{-0,016}^{-0,006};$$

$$A_{15} = \frac{1}{2} A_{15'} = 31_{-0,15}^{-0,05};$$

$$A_{16} = \frac{1}{2} A_{16'} = 40_{-0,1};$$

$$Z_{1\min} = 2 \text{ MM}; \quad Z_{13\min} = 0,5 \text{ MM};$$

$$Z_{2\min} = 2 \text{ MM}; \quad Z_{14\min} = 0,1 \text{ MM};$$

$$Z_{3\min} = 1,8 \text{ MM}; \quad Z_{15\min} = 1,8 \text{ MM};$$

$$Z_{4\min} = 1,8 \text{ MM}; \quad Z_{16\min} = 1,8 \text{ MM};$$

$$Z_{5\min} = 1,8 \text{ MM}; \quad Z_{17\min} = 0,5 \text{ MM};$$

$$Z_{6\min} = 1,8 \text{ MM}; \quad Z_{18\min} = 0,1 \text{ MM};$$

$$Z_{7\min} = 1,8 \text{ MM}; \quad Z_{19\min} = 1,8 \text{ MM};$$

$$Z_{8\min} = 1,8 \text{ MM}; \quad Z_{20\min} = 1,8 \text{ MM};$$

$$Z_{9\min} = 1,8 \text{ MM}; \quad Z_{21\min} = 0,5 \text{ MM};$$

$$Z_{10\min} = 1,8 \text{ MM}; \quad Z_{22\min} = 0,1 \text{ MM};$$

$$Z_{11\min} = 0,5 \text{ MM}; \quad Z_{23\min} = 1,8 \text{ MM};$$

$$Z_{12\min} = 1,8 \text{ MM}; \quad Z_{24\min} = 1,8 \text{ MM}.$$

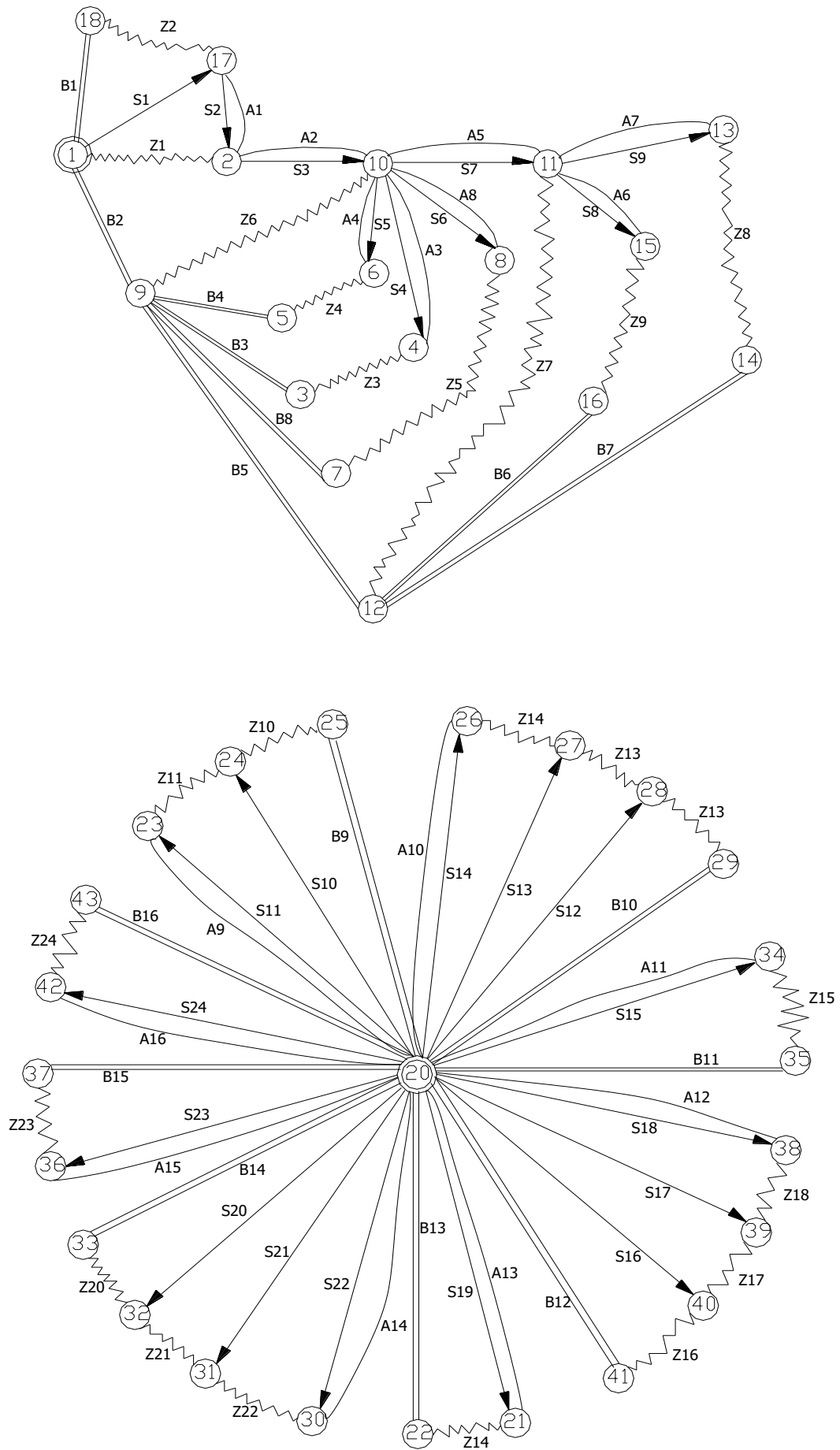


Рисунок 2.3 – Конструкторсько-технологічний граф

Таблиця 2.4 – Розмірний аналіз технологічного процесу

№ п/п	Розрахункове рівняння	Шукана ланка	Технологічний розмір	Граничне значення
1	2	3	4	5
1	$A_1 = S_2$	S_2	$S_2 = A_1 = 474$	-
2	$Z_1 = S_1 - S_2$	S_1	$S_1 = 476$	$Z_1 = 2^{+0,880}$
3	$Z_2 = B_1 - S_1$	B_1	$B_1 = 478,7$	$Z_2 = 4^{+0,250}_{-2,000}$
4	$A_3 = S_3$	S_3	$S_3 = 274$	-
5	$Z_6 = S_1 + S_3 - B_2 - S_2$	B_2	$B_2 = 273,86$	$Z_6 = 4^{+1,460}_{-2,200}$
6	$S_7 = A_5$	S_7	$S_7 = 20$	-
7	$S_9 = A_7$	S_9	$S_9 = 60$	-
8	$S_8 = A_6$	S_8	$S_8 = 91,5$	-
9	$S_4 = A_2$	S_4	$S_4 = 320,5$	-
10	$A_4 = S_5$	S_5	$S_5 = 159$	-
11	$S_6 = A_8$	S_6	$S_6 = 39$	-
12	$Z_3 = S_1 + S_3 + B_3 - B_2 - S_2 - S_4$	B_3	$B_3 = 322^{+1,045}_{-1,255}$	$Z_3 = 5,5^{+2,750}_{-3,700}$
13	$Z_4 = B_4 - B_2 + S_1 - S_2 + S_3 - S_5$	B_4	$B_4 = 160^{+0,860}_{-0,740}$	$Z_4 = 5^{+2,580}_{-3,200}$
14	$Z_5 = B_8 + S_1 + S_3 - B_2 - S_2 - S_6$	B_8	$B_8 = 40^{+0,310}_{-0,690}$	$Z_5 = 5^{+2,080}_{-3,200}$
15	$Z_7 = S_1 + S_3 + S_7 - B_5 - B_2 - S_2$	B_5	$B_5 = 20^{+0,084}_{-0,924}$	$Z_7 = 4^{+2,544}_{-2,200}$
16	$Z_9 = S_2 + B_2 + B_5 + B_6 - S_8 - S_7 - S_3 - S_1$	B_6	$B_6 = 100^{+1,511}_{-0,111}$	$Z_9 = 4,5^{+4,146}_{-2,700}$
17	$Z_8 = S_2 + B_2 + B_5 + B_7 - S_9 - S_7 - S_3 - S_1$	B_7	$B_7 = 70^{+0,254}_{-1,454}$	$Z_8 = 6^{+2,316}_{-4,200}$
18	$A_9 = S_{11}$	S_{11}	$S_{11} = 22,3^{+0,050}_{-0,050}$	-
19	$Z_{11} = S_{10} - S_{11}$	S_{10}	$S_{10} = 22,75^{+0,230}$	$Z_{11} = 0,45^{+0,380}_{-0,050}$
20	$Z_{10} = B_9 - S_{10}$	B_9	$B_9 = 25^{+0,380}_{-0,220}$	$Z_{10} = 2,25^{+0,380}_{-0,450}$
21	$A_{10} = S_{14}$	S_{14}	$S_{14} = 27,5$	-

1	2	3	4	5
22	$Z_{14} = S_{13} - S_{14}$	S_{13}	$S_{13} = 27,605$	$Z_{14} = 0,15_{-0,050}^{-0,013}$
23	$Z_{13} = S_{12} - S_{13}$	S_{12}	$S_{12} = 28,132$	$Z_{13} = 0,35_{-0,150}^{-0,470}$
24	$Z_{12} = B_{10} - S_{12}$	B_{10}	$B_{10} = 30,162$	$Z_{12} = 2_{-0,200}^{+0,630}$
25	$A_{11} = S_{15}$	S_{15}	$S_{15} = 31$	-
26	$Z_{15} = B_{11} - S_{15}$	B_{11}	$B_{11} = 32,75$	$Z_{15} = 2_{-0,200}^{+0,500}$
27	$A_{12} = S_{18}$	S_{18}	$S_{18} = 35$	-
28	$Z_{18} = S_{17} - S_{18}$	S_{17}	$S_{17} = 35,105$	$Z_{18} = 0,15_{-0,050}^{-0,003}$
29	$Z_{17} = S_{16} - S_{17}$	S_{16}	$S_{16} = 35,642$	$Z_{17} = 0,6_{-0,100}^{+0,167}$
30	$Z_{16} = B_{12} - S_{16}$	B_{12}	$B_{12} = 37,672$	$Z_{16} = 2,25_{-0,450}^{+0,380}$
31	$A_{13} = S_{19}$	S_{19}	$S_{19} = 15,2$	-
32	$Z_{19} = B_{13} - S_{19}$	B_{13}	$B_{13} = 17,155$	$Z_{19} = 1,8_{-0,100}^{+0,810}$
33	$A_{14} = S_{22}$	S_{22}	$S_{22} = 27,5$	-
34	$Z_{22} = S_{21} - S_{22}$	S_{21}	$S_{21} = 27,594$	$Z_{22} = 0,1_{-0,050}^{+0,047}$
35	$Z_{21} = S_{20} - S_{21}$	S_{20}	$S_{20} = 28,131$	$Z_{21} = 0,4_{-0,100}^{+0,287}$
36	$Z_{20} = B_{14} - S_{20}$	B_{14}	$B_{14} = 30,081$	$Z_{20} = 2_{-0,200}^{+0,812}$
37	$A_{15} = S_{23}$	S_{23}	$S_{23} = 31$	-
38	$Z_{23} = B_{15} - S_{23}$	B_{15}	$B_{15} = 32,75$	$Z_{23} = 2_{-0,200}^{+0,500}$
39	$A_{16} = S_{24}$	S_{24}	$S_{24} = 40$	-
40	$Z_{24} = B_{16} - S_{24}$	B_{16}	$B_{16} = 41,8$	$Z_{24} = 2_{-0,200}^{+0,600}$

Мінімальний припуск при послідовній обробці протилежних поверхонь

$$Z_{i \min} = R_{Zi-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_{yi}, \quad (2.14)$$

де R_{Zi-1} , T_{i-1} , ρ_{i-1} – відповідно, висота мікронерівностей, глибина дефектного шару і сумарне значення просторових відхилень на попередньому переході;

ε_{yi} – похибка встановлення заготовки на виконуваному переході.

Таблиця 2.5 – Розрахунок мінімального припуску на обробку поверхні
 $\varnothing 55 \pm 0,01$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 55 \pm 0,01$	Елементи припуску			$2Z_{\min}$ мкм	Розраху- нковий розмір d , мм	Доп уск σ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні значення, мм	
	Rz	T	ρ				$d_{\min}$ мм	$d_{\max}$ мм	$2Z_{\min}$ мкм	$2Z_{\max}$ мкм
Заготовка	150	250	1820		60,08	3000	60,08	63,08		
Токарна чорнова	50	50	109	4400	55,68	400	55,68	56,08	4400	7000
Токарна чистова	30	30	73	418	55,26	120	55,26	55,38	420	700
Шліфування чистове	5	15	-	266	54,99	20	54,99	55,01	270	370

Просторові відхилення:

$$\rho_1 = \sqrt{1,5 + 0,25^2} = 1,52 \text{ мм};$$

$$\rho_2 = \sqrt{1,0^2 + 0,14^2 + 1,52^2} = 1,82 \text{ мм}.$$

Остаточна величина просторового відхилення:

- після попереднього обточування $\rho_1 = 0,06 \times 1820 = 109$ мкм;
- після чистового обточування $\rho_1 = 0,04 \times 1820 = 73$ мкм.

Розрахунок мінімальних значень припусків проводимо, використовуючи формулу

$$2Z_{i \min} = 2(RZ_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}), \quad (2.15)$$

Мінімальний припуск:

- під чорнове обточування : $2Z_{i \min} = 2(150 + 250 + 1820) = 4400$;
- під чистове обточування : $2Z_{i \min} = 2(50 + 50 + 109) = 418$;

- під чистове шліфування : $2Z_{i \min} = 2(30 + 30 + 73) = 266$.

Аналогічно проводимо подальший розрахунок.

Таблиця 2.6 – Припуски на механічну обробку

№ операції	Назва і зміст операції	Припуск на сторону, мкм
015	Токарно-копіювальна	
	1. Чорнова обточка поверхні $\varnothing 44,6_{-0,016}^{-0,075}$	2,2
	2. Чистова обточка поверхні $\varnothing 44,6_{-0,016}^{-0,075}$	0,35
	3. Чорнова обточка $\varnothing 62$	2,3
	4. Чистова обточка $\varnothing 62$	0,3
	5. Чистова обточка поверхні $\varnothing 70 \pm 0,01$	0,3
	6. Чорнова обточка поверхні $\varnothing 70 \pm 0,01$	2,3
	7. Чорнова обточка поверхні $\varnothing 80_{-0,2}$	2,3
	8. Чистова обточка поверхні $\varnothing 80_{-0,2}$	0,3
	9. Чорнова обточка поверхні $\varnothing 30$	1,7
	10. Чистова обточка поверхні $\varnothing 30$	0,25
020	Агрегатна	
	1. Свердлити отвір $\varnothing 22$ 2. Свердлити отвір $\varnothing 18$	11 9
025	Шліцефрезерна Нарізання шліців	2
030	Шліцефрезерна Нарізання шліців	2
035	Фрезерна Фрезерування паза	4
040	Вертикально-свердлильна Свердлити	3
050	Різешліфувальна Шліфувати різь	0,5
055	Різешліфувальна Шліфувати різь	0,5
060	Шліцешліфувальна Шліфувати шліці	0,05
065	Шліцешліфувальна Шліфувати шліці	0,05
070	Круглошліфувальна Шліфувати $\varnothing 44,6_{-0,016}^{-0,075}$ і $\varnothing 55 \pm 0,01$	0,05
075	Круглошліфувальна Шліфувати $\varnothing 70^{+0,01}$ і $\varnothing 55_{-0,032}^{-0,012}$	0,05

2.7 Розрахунок режимів різання, вибір обладнання та оснащення

Операція 005 Фрезерно-центрувальна.

Перехід 1. Одночасно фрезерувати торці. $t = 3,5$ мм.

Подача при чистовому фрезеруванні площини торцевими фрезами з твердого сплаву $s = 0,24$ мм/об.

Швидкість різання розраховуємо по формулі

$$V = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S_z^{y_v} \cdot B^{u_v} \cdot Z^{p_v}} \cdot K_v, \quad (2.16)$$

де $D = 60$ мм; $B = 50$ мм;

$C_v = 108$ – поправочний коефіцієнт;

$q_v = 0,2$; $x_v = 0,06$; $y_v = 0,3$; $u_v = 0,2$; $p_v = 0$; $m = 0,32$; $Z = 10$;

$T = 180$ – період стійкості;

K_v – загальний поправочний коефіцієнт;

K_{nv} – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки, $K_{nv} = 0,8$;

K_{uv} – коефіцієнт, який враховує інструментальний матеріал, $K_{uv} = 1,0$;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} = 0,765 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,612;$$

де K_{mv} – коефіцієнт, який впливає на якість оброблюваного матеріалу;

$$K_{mv} = \frac{75}{\sigma_B} = \frac{75}{98} = 0,75;$$

Для сталі 40X $\sigma_B = 98 = 9,8$ МПа.

$$V = \frac{108 \cdot 60^{0,2}}{180^{0,32} \cdot 3,5^{0,06} \cdot 0,24^{0,3} \cdot 50^{0,2} \cdot 10^0} \cdot 0,612 = 18,52 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 18,52}{\pi \cdot 60} = 98,26 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n = 100$ об/хв.

Перераховуємо

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 60 \cdot 100}{1000} = 18,85 \text{ м/хв.}$$

Величина окружної сили різання при фрезеруванні

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot B^{u_p} \cdot Z}{D^{q_p} \cdot n^{w_p}} \cdot K_p = \frac{218 \cdot 3,5^{0,02} \cdot 0,24^{0,78} \cdot 50^{1,0} \cdot 10}{60^{1,15} \cdot 50^0} \cdot 1,22 = 1247,44 \text{ кг},$$

де $C_p = 218$; $x_p = 0,92$; $w_p = 0$; $y_p = 0,78$; $q_p = 1,15$; $u_p = 1$;

K_p – загальний поправочний коефіцієнт на силу різання

$$K_p = \left(\frac{\sigma_8}{75} \right)^{np} = \left(\frac{98}{75} \right)^{0,75} = 1,22.$$

Потужність різання

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{102 \cdot 60} = \frac{1247,44 \cdot 18,85}{102 \cdot 60} = 3,84 \text{ кВт.}$$

Потужність двигуна

$$N_d = \frac{N_p}{\eta} = \frac{3,84}{0,8} = 4,8 \text{ кВт.}$$

Перехід 2. Центрування отворів.

$t = 0,5 \underline{D} = 6 \text{ мм}$; $s = 0,25 \text{ мм/об.}$

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

де $C_v = 9,8$; $q = 0,4$; $m = 0,2$; $x = 0$; $y = 0,5$; $D = 12 \text{ мм}$; $T = 15 \text{ хв.}$

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} = 0,629 \cdot 0,3 \cdot 1 = 0,189,$$

де K_{mv} – коефіцієнт, який впливає на якість оброблюваного матеріалу;

K_{nv} – коефіцієнт, який впливає на інструмент і матеріал, $K_{nv} = 0,3$;

K_{uv} – коефіцієнт, який враховує глибину отвору, $K_{uv} = 1$.

$$K_{mv} = C_m \cdot \left(\frac{75}{\sigma_8} \right)^n = 0,8 \cdot \left(\frac{75}{98} \right)^{0,9} = 0,629,$$

де $C_m = 0,8$; $n = 0,9$; $\sigma_8 = 98 \text{ кгс/мм}^2$.

$$V = \frac{9,8 \cdot 12^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 6^0 \cdot 0,25^{0,5}} \cdot 0,189 = 5,823 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 5,823}{\pi \cdot 12} = 154,468 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n = 150$ об/хв.

Перераховуємо

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 12 \cdot 150}{1000} = 5,655 \text{ м/хв.}$$

Крутий момент

$$M = C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 0,041 \cdot 12^2 \cdot 0,25 \cdot 1,22 = 2,38 \text{ кг м;}$$

$$K_p = \left(\frac{\sigma_B}{75} \right)^{np} = \left(\frac{98}{75} \right)^{0,75} = 1,22;$$

$$P_o = C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 6,8 \cdot 12^1 \cdot 0,25^{0,8} \cdot 1,22 = 328,4 \text{ кг.}$$

Потужність різання

$$N_p = \frac{M \cdot n}{975} = \frac{2,38 \cdot 150}{975} = 0,366 \text{ кВт.}$$

Потужність двигуна

$$N_d = \frac{N_p}{\eta} = \frac{0,366}{0,8} = 0,46 \text{ кВт.}$$

Вибираємо фрезерно-центрувальний напівавтомат КЛ – 171 з потужністю 13,2 кВт.

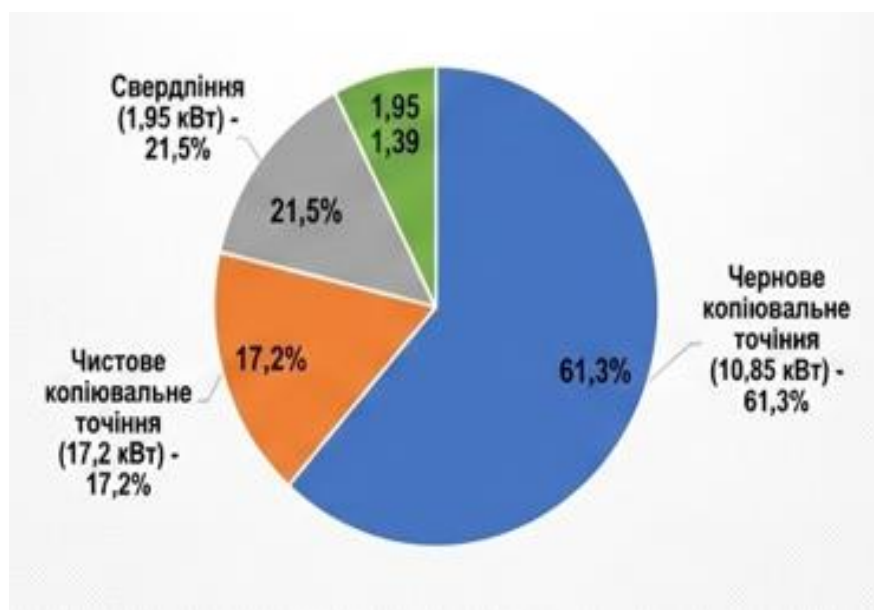


Рисунок 2.4 – Структура потужності за операціями

Таблиця 2.7 – Розрахунок режимів різання

№ операції	Назва оп., тип верстату	№ переходу	Глибина різання t, мм	Подача		Швидкість різання v, м/хв	Частота обертання n, об/хв	Мах потужність різання N, кВт
				So, мм/об	Sz, мм/об			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
005	Фрезерно-центрувальна. Фрезерно-центрувальний н/а КЛ – 171	1	3,5	-	0,24	18,85	100	3,84
		2	6	-	0,25	5,655	150	0,366
015	Токарно-копіювальна.	1	3	-	0,5	92,25	950	3,25
		2	3	-	0,5	92,6	530	3,58
		3	3	-	1	69,93	355	4,35
		4	3	-	1	70,95	280	4,4
		5	3	-	1	69,96	315	4,35
		6	3	-	0,5	89,66	630	3,19
	Токарно-копіювальний багаторіздцевий н/а 1708	1	0,35	-	0,35	141,37	1500	0,4
		2	0,35	-	0,35	138,16	800	0,4
		3	0,35	-	0,35	144	710	0,4
		4	0,35	-	0,35	140,7	560	0,4
		5	0,35	-	0,35	138,47	630	0,4
		6	0,35	-	0,35	140	1000	0,4
020	Агрегатно-сверд. Агрегатно-сверд. 11А102	1		0,25	-	25,92	375	1,95
		2		0,22	-	24,03	425	1,39
025	Шліцефрезерна. Шл-й н/а 5350А	1		-	0,08	35,19	200	9,8
030	Фрезерна	1		-	0,02	21,36	850	8,6
040	Вертик.-св. 2Н112П	1		0,1	-	17,9	950	0,18
050 055	Різешліфувальна. Різешліф. універсальний 5820	1	0,01	-	1	30	75	2,1
060 065	Шліце-шліфувальна Шл-й МШ-397	1	0,005	-	1,2	22,6	80	7,3
070 075	Круглошліф-а Кр-й з ЧПУ 3М151Ф2	1	0,005	-	1,1	30	80,5	15,2

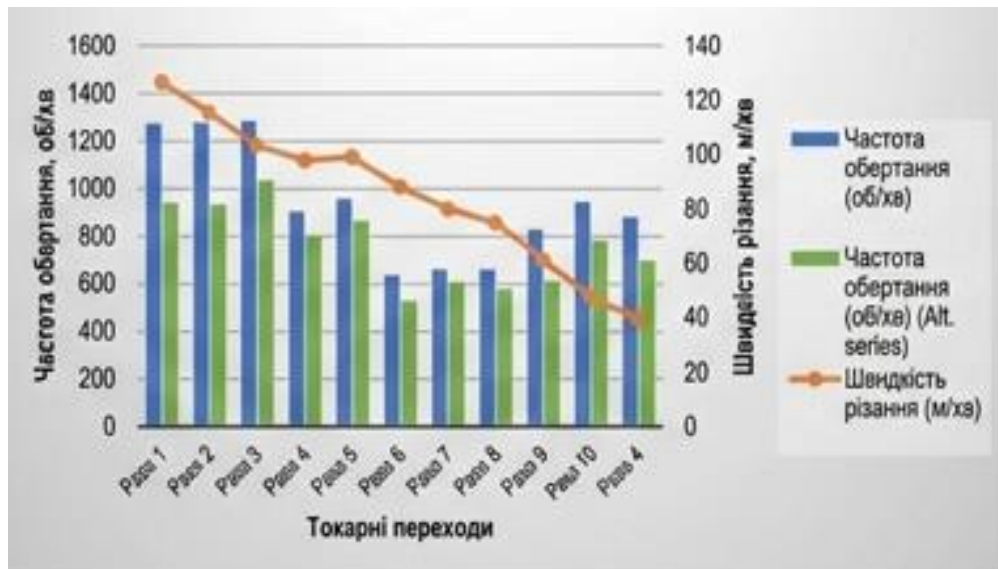


Рисунок 2.5 – Співвідношення частоти обертання та швидкості різання

Контроль якості виготовлених деталей різних механізмів здійснюється статистично.

Статистичний метод контролю розмірів деталей має перевагу в тому, що він дає змогу практично виключити брак деталей.

На практиці його проводять вибірково через визначені проміжки певного періоду часу.

Контроль проводиться на робочому місці виконавцем через кожну годину, кількість одиниць у вибірці – 5.

Контроль розмірів проводиться універсальним інструментом – штангенциркуль ШЦ I-125-0,1-1 і повздовжніми калібрами:

- скобами 8113-0159 f9;
- пробками 8133-0932 H10, 8133-0950 H9;
- лінійними калібрами 8151-6201 $18 \pm 0,5$; 8151-6202 $143 \pm 0,3$.

Для контролю різи застосовується різцевий калібр 8221-303664.

Деталі зберігаються, транспортуються в контейнерах розміром 800×700×600 мм.

Встановлені такі транспортні операції: доставка заготовок – поковок на цеховий склад металу і заготовок, транспортування заготовок на робочі місця, транспортування готових виробів, на склад готової продукції.

2.8 Нормування техпроцесу, уточнення типу виробництва

Технічні норми часу в умовах багатосерійного виробництва встановлюється розрахунково-аналітичним методом.

При багатосерійному виробництві визначається норма штучного часу

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{об} + T_{від}, \quad (2.18)$$

де T_o – основний час, який розраховується на основі визначених режимів різання;

$$T_o = \frac{L}{S} \cdot i \text{ – для операцій з } S \text{ мм/хв};$$

$$T_o = \frac{L}{S_n} \text{ – для операцій з } S \text{ мм/об},$$

де i – кількість переходів інструменту;

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (2.19)$$

де l – величина врізання;

l_1 – величина перебігу;

l_2 – довжина оброблюваної поверхні.

Значення l_1 і l_2 визначаємо згідно довідникових даних [6].

Результати розрахунку T_o приведені в табл. 2.7.



Рисунок 2.3 – Розподіл загального часу за операціями

Таблиця 2.7 – Розрахунок основного часу

№ п/п	Операція, перехід	$S,$ $\frac{мм}{об}$	$n,$ $\frac{об}{хв}$	$l,$ мм	$l1,$ мм	$l2,$ мм	$L,$ мм	i	$T_o,$ хв.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	010 Фрезерно-центрувальна 1. Фрезерування торців 2. Центрування отворів 015 Токарно-копіювальна 1. Чорнова обточка поверхні Ø 30 2. Чорнова обточка поверхні Ø 55,7 3. Чорнова обточка поверхні Ø 62,7 4. Чорнова обточка поверхні Ø 80,7 5. Чорнова обточка поверхні Ø 70,7 6. Чорнова обточка поверхні Ø 45,3 7. Чистова обточка поверхні Ø 30 ^{+0,1} 8. Чистова обточка поверхні Ø 55 ^{+0,1}	0,24 0,25 0,5 0,5 1 1 1 0,5 0,35 0,35	100 150 950 530 355 280 315 630 1500 800	60 10 40 170 175 20 40 30 40 170	5 2 1,5 - - - - 0,5 -	3 5 2 15 6 - - 2 2 15	68 17 43,5 185 181 20 40 33,5 42,5 185	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1,55 0,052 0,29 1,9 0,5 0,188 0,51 0,1 0,08 1,37
2	9. Чистова обточка поверхні Ø 62 ^{+0,1} 10. Чистова обточка поверхні Ø 80 ^{+0,1} 11. Чистова обточка поверхні Ø 70 ^{+0,1} 12. Чистова обточка поверхні 44,6 ^{+0,1} 020 Агрегатно-свердлильна 1. Одночасне свердління отворів Ø 22 2. Одночасне свердління отворів Ø 18	0,35 0,35 0,35 0,35 0,25 0,22 1	710 560 630 1000 375 425 200	175 20 40 30 240 205 98	- - - 0,5 12 8 4	6 - - 2 10 10 -	181 20 40 - 32,5 262 223	1 1 1 1 1 1 1	0,72 0,28 0,48 0,141 2,79 4,5 5,1
3	025 Шліцефрезерна								

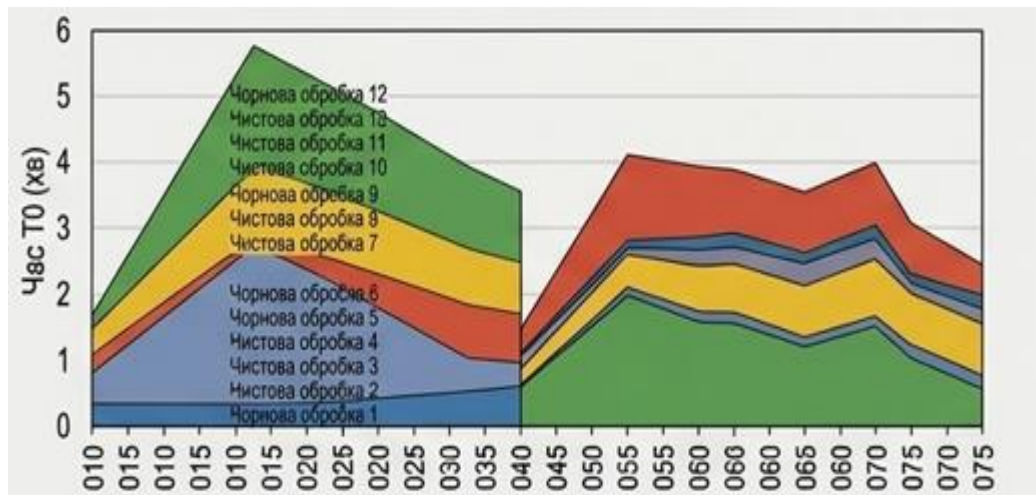


Рисунок 2.5 – Вклад переходів у час операцій

Рівномірність: спостерігається значний розрив між тривалістю механічної обробки (точіння/свердління) та фінішними операціями (шліфування).

Це особливо варто врахувати при плануванні багатостатного обслуговування.

$T_{доп}$ – допоміжний час:

$$T_{доп} = T_{у.з.} + T_{з.в.} + T_{кер.} + T_{вим.}, \quad (2.20)$$

де $T_{у.з.}$ – час на встановлення і зняття деталі;

$T_{з.в.}$ – час на закріплення і відкріплення деталі;

$T_{кер.}$ – час на прийоми керування;

$T_{вим.}$ – час на вимірювання деталі;

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

$T_{від.}$ – час на відпочинок.

Час на прийоми керування в загальному вигляді складається:

- з часу на підвід інструменту до деталі;

- часу на заміну інструменту.

Сумарний час перерви на відпочинок і обслуговування робочого місця $T_{обсл.} + T_{відп.}$ визначаємо у відсотках від оперативного часу згідно з наведеної залежності

$$T_{оп.} = T_{о.} + T_{д.} \quad (2.21)$$

Таблиця 2.8 – Розрахунок допоміжного часу

Операція	<i>T_{у.з.}</i> , хв.	<i>T_{з.в.}</i> , хв.	Час на вкл. та викл.	Час на підвід ін-та.	<i>T_{кер.}</i> , хв.	<i>T_{вим.}</i> , хв.	<i>T_{д.}</i> , хв.
010 Фрезерно- центрувальна	0,095	0,024	20,01	0,04	0,07	0,12	0,369
015 Токарно- копіювальна	0,261	0,024	20,01	0,07	0,08	0,67	1,125
020 Агрегатно- свердлильна	0,095	0,024	20,01	0,035	0,03	0,12	0,324
025 Шліцефрезерна	0,095	0,024	20,01	0,035	0,03	0,12	0,324
030 Шліцефрезерна	0,095	0,024	20,01	0,035	0,03	0,12	0,324
035 Фрезерна	0,095	0,024	20,01	0,035	0,03	0,12	0,324
040 Вертикально- свердлильна	0,113	0,024	20,01	0,03	0,09	0,12	0,397
050 Різешліфувальна	0,095	0,024	20,01	0,035	0,03	0,12	0,324
055 Різешліфувальна	0,095	0,024	20,01	0,035	0,03	0,12	0,324
060 Шліцешліфувальна	0,095	0,024	20,01	0,035	0,03	0,24	0,444
065 Шліцешліфувальна	0,095	0,024	20,01	0,035	0,03	0,24	0,444
070 Круглошліфувальна	0,095	0,024	20,01	0,035	0,03	0,42	0,624
075 Круглошліфувальна	0,095	0,024	20,01	0,035	0,03	0,42	0,624

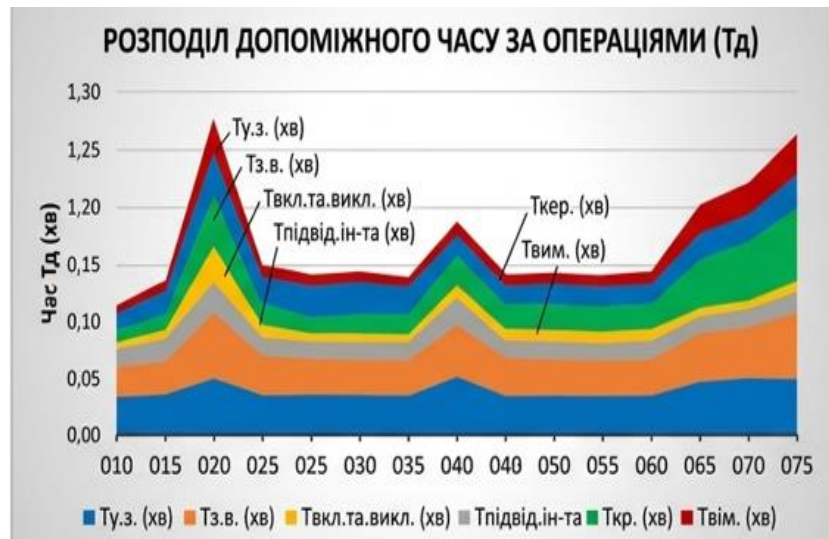


Рисунок 2.6 – Розподіл допоміжного часу по операціях



Рисунок 2.7 – Складові загального допоміжного часу всіх операцій



Рисунок 2.8 – Порівняння часу за операціями

Таблиця 2.9 – Розрахунок штучного часу

Операція	<i>T_{о.}</i> , хв.	<i>T_{д.}</i> , хв.	<i>T_{оп.}</i> , хв.	<i>T_{об}</i> + <i>T_{відп}</i>		<i>T_{шт.}</i> , хв.
				%	хв.	
1	2	3	4	5	6	7
010 Фрезерно-центрувальна	1,6	0,369	1,969	6	0,12	2,089
015 Токарно-копіювальна	6,6	1,125	7,725	6	0,46	8,185
020 Агрегатно-свердлильна	4,5	0,324	4,824	6	0,289	5,1
025 Шліцефрезерна	5,1	0,324	5,424	6	0,33	5,754
030 Шліцефрезерна	3,2	0,324	3,524	6	0,2	3,724
035 Вертикально-фрезерна	0,126	0,324	0,45	6	0,27	0,477
040 Вертикально-свердлильна	0,8	0,397	1,197	6	0,07	1,267
050 Різешліфувальна	2,31	0,324	2,634	6	0,16	2,794
055 Різешліфувальна	3,6	0,324	3,924	6	0,24	4,164
060 Шліцешліфувальна	3,57	0,444	4,014	6	0,25	4,264
065 Шліцешліфувальна	2,2	0,444	2,644	6	0,159	2,8
070 Круглошліфувальна	0,94	0,624	1,564	6	0,094	1,658
075 Круглошліфувальна	1,93	0,624	2,554	6	0,15	2,7

Штучно-калькуляційний час в загальному випадку складається:

- з часу на наладку верстата;
- з часу на встановлення пристроїв;
- з часу на встановлення інструмента;
- з часу на одержання інструмента;
- з часу на одержання пристроїв;
- здачу їх після закінчення обробки.



Рисунок 2.9 – Структура повного штучного часу

На токарних операціях та шліцефрезерних основний час (T_0) складає значну частину графіка, що вказує на інтенсивну роботу обладнання.

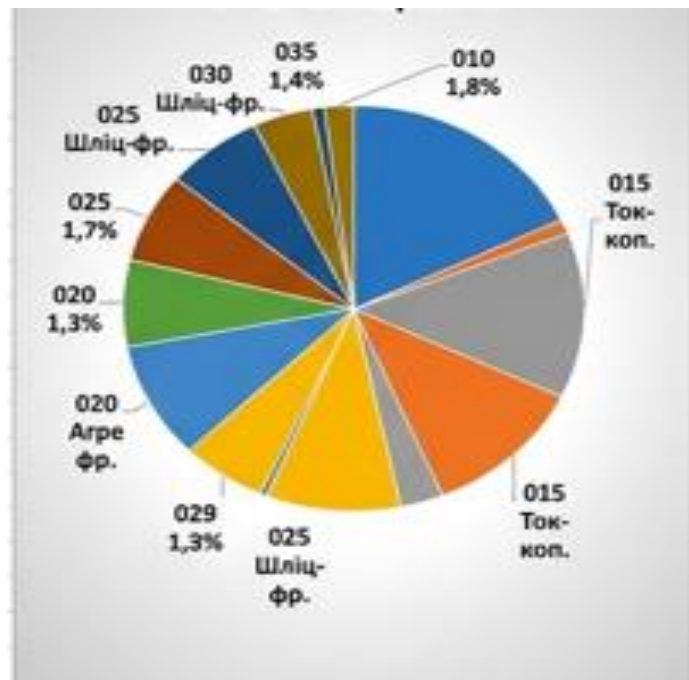


Рисунок 2.10 – Розподіл сумарного часу T_0 за операціями

Ця діаграма показує, як загальний фонд часу корисної обробки (T_0) розподілений між різними видами робіт.

Це дозволяє зрозуміти, куди саме витрачаються основні потужності обладнання.

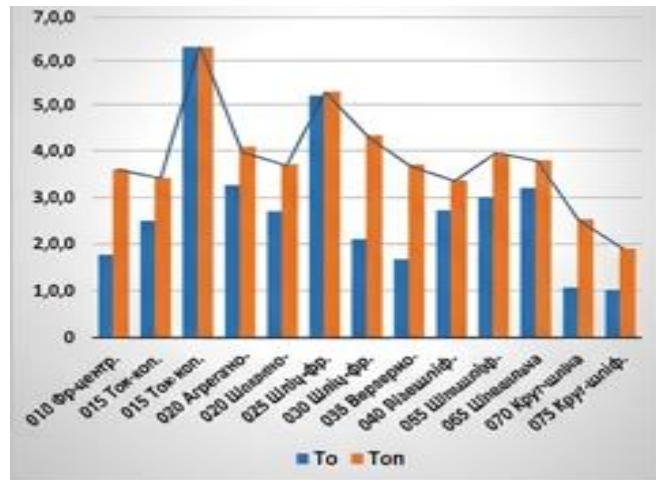


Рисунок 2.11 – Порівняння T_o та T_{on} за операціями

На операціях з високим T_o (наприклад, 010), різниця між T_o та T_{on} є значною в абсолютному вимірі. На коротких операціях (наприклад, шліфувальних 070, 075), різниця здається меншою, але в процентному відношенні допоміжний час може бути вагомим.



Рисунок 2.12 – Ефективність T_o по операціях

Можна припустити, що на початку технологічного процесу (токарні операції) ефективність T_o є високою, а ближче до кінця (фінішні шліфувальні операції) вона знижується. Це типово, оскільки на фінішних операціях частка допоміжних і підготовчих робіт (налаштування, вимірювання) часто є вищою.

Для виготовлення річної програми на розробленій ділянці обробки валів витрачається $T_{шт} = 1218000$ хв.

Кількість обладнання, потрібна для виготовлення валів на проектуєчій ділянці

$$C = \frac{1218000}{4054 \cdot 60 \cdot 0,8} = 11,2.$$

Приймаємо $C_{пр} = 12$ верстатів.

Розрахуємо кількість обладнання в проектному цеху.

Для виготовлення річної цехової програми продукції витрачається

$$T_{шт} = 14073564,48 \text{ хв.}$$

$$C = \frac{14073564,48}{4054 \cdot 60 \cdot 0,8} = 106,3 \text{ верстатів.}$$

Приймаємо $C_{пр} = 108$ верстатів.

Всього на механічну обробку в нашому цеху прийнято 108 верстатів.

Кількість робітників, потрібна для обслуговування верстатів розраховується за формулою

$$P = \frac{\Phi_d \cdot C \cdot K_{з.сер.}}{\Phi_p \cdot K_m}, \quad (2.22)$$

де C – кількість прийнятого обладнання;

Φ_d – дійсний річний фонд роботи верстату;

$K_{з.сер.}$ – середній коефіцієнт завантаження, $K_{з.сер.} = 0,8$;

K_m – коефіцієнт багатоверстатного обладнання, $K_m = 1,5$;

Φ_p – дійсний річний фонд роботи 1 робітника, $\Phi_p = 1922,8$ год.

$$P = \frac{4054 \cdot 12 \cdot 0,8}{1922,8 \cdot 1,5} = 22 \text{ робітника}$$

Для верстатів середньої величини вона становить 15 – 25 м². Приймаємо 20 м² на один верстат.

Тоді $S_{вир} = 108 \cdot 20 = 2160$ м². Для визначення виробничої площі ми скористалися площею, що припадає на один верстат.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Вибір і обґрунтування принципу дії, структурної схеми

В крупносерійному виробництві застосовують спеціальні верстатні пристрої. Вони мають одно цільове призначення для виконання визначених операцій механічної обробки конкретної деталі.

Пристрій для фрезерування шпоночного пазу деталі. Пристрій призначений для встановлення і закріплення деталі 19.1701368, встановлюється на вертикально-фрезерному верстаті 6М13П.

Річна програма випуску становить 40 000 шт. Робоча поверхня верстату, на який встановлюється пристрій, має розміри 320×1250 мм.

Пристрій повинен забезпечувати певну точність і надійність в роботі. При встановленні деталі на пристрій, вона одним торцем встановлюється на наружний корпус і прижимається рухомим корпусом з другого кінця за допомогою пневмоциліндра.

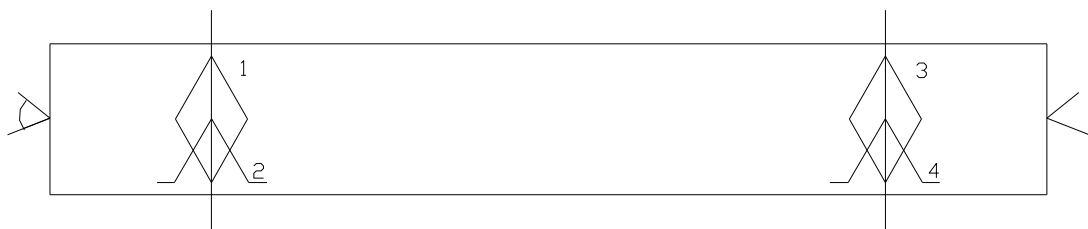


Рисунок 3.1 – Схема базування деталі

3.2 Силевий розрахунок параметрів приводу

Нехтуючи тертям на опорах і вагою заготовки, можна записати умову рівноваги, як суму моментів відносно точки O :

$$\frac{1}{K}(Qh + fQl) - Pzh - Pyl = 0 \quad (3.1)$$

Приймаючи коефіцієнт тертя між заготовкою і штоком пневмоциліндра $f = 0,16$ отримаємо:

$$Q = \frac{K(P_z h + P_y l)}{h + fl} = \frac{3,24(500 \cdot 27,5 + 200 \cdot 45)}{27,5 + 0,16 \cdot 45} = 2124 \text{ кг},$$

де K – коефіцієнт запасу.

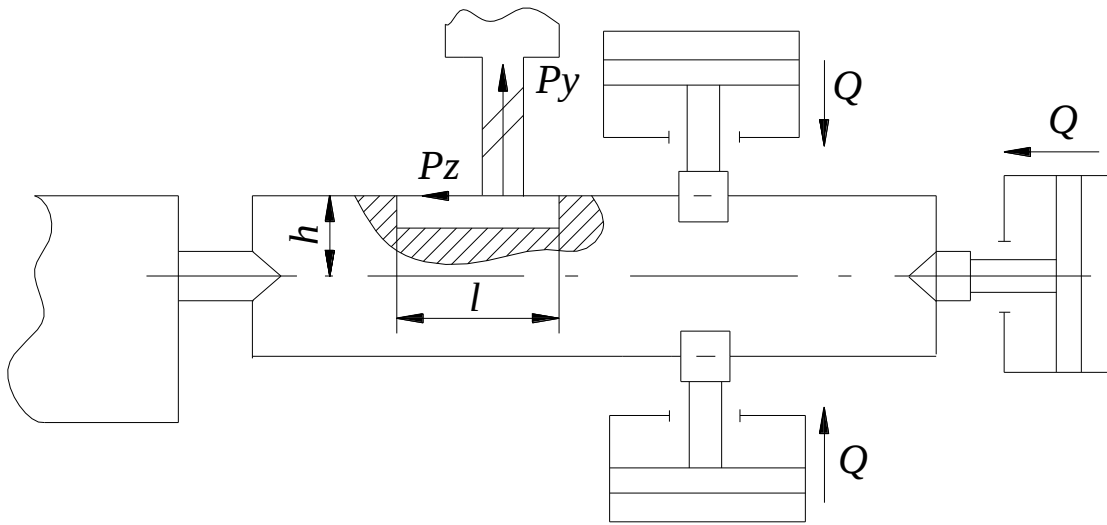


Рисунок 3.2 – Схема розрахунку сил затиску

Коефіцієнт запасу K визначаємо за формулою

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,5 = 3,24,$$

де $K_0 = 0,15$ – гарантований коефіцієнт запасу;

$$K_1 = 1;$$

$K_2 = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує притуплення інструменту;

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

$$K_4 = 1,0;$$

$K_5 = 1,5$ – коефіцієнт, який враховує поверхню контакту.

Прийнявши тиск стиснутого повітря $P = 0,6$ МПа отримуємо діаметр пневмоциліндра при його ККД $\eta = 0,9$

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot P \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2124}{3,14 \cdot 0,6 \cdot 10^3 \cdot 0,9}} = 22,3 \text{ см.}$$

Після заокруглення до найближчого нормального розміру отримуємо $D = 220$ мм.

3.3 Розрахунок на точність

Для забезпечення необхідної точності оброблюваної деталі потрібно дотримуватись умови

$$\varepsilon \Sigma < T, \quad (3.2)$$

Тобто сумарна похибка $\varepsilon \Sigma$ обробки повинна бути на 10 – 15 % менше допуску, витриманого найбільш точно на даній операції.

Сумарна похибка рівна

$$\varepsilon \Sigma = K \sqrt{\varepsilon c^2 + \varepsilon p.n.^2 + \varepsilon p.y.^2 + \varepsilon b.^2 + \varepsilon z^2 + \varepsilon p.n.e.^2 + \varepsilon u^2 + \varepsilon p.i.^2 + \varepsilon i.z.^2 + \varepsilon m^2 + \varepsilon n.d.^2}, \quad (3.3)$$

де εc – похибка фрезерного верстату в не навантаженому стані;

$\varepsilon p.n.$ – похибка розташування пристрою на верстаті;

$\varepsilon p.y.$ – похибка розташування установчих елементів відносно поверхні.

Шляхом старанної вивірки пристрою на верстаті дані похибки зводяться до нуля.

$\varepsilon b = 30$ мкм – похибка базування;

$\varepsilon z = 48$ мкм – похибка закріплення;

$\varepsilon p.n. = 45$ мкм – похибка розташування направляючих елементів;

$\varepsilon i = 0$ – похибка інструменту;

$\varepsilon p.i. = 42$ мкм – похибка розташування інструменту на верстаті;

$\varepsilon z.n.$ – похибка викликана зносом ріжучого інструменту, $\varepsilon z = 17$;

$\varepsilon n = 8$ мкм - похибка розташування інструменту відносно направляючих елементів;

$\varepsilon n.d. = 0$ – похибка викликана пружними деформаціями;

K – коефіцієнт, який враховує запаси розподілу похибок, $K = 1,1$;

Остаточна формула матиме вигляд

$$\varepsilon \Sigma = 1,1 \sqrt{\varepsilon b^2 + \varepsilon p.n.^2 + \varepsilon z^2 + \varepsilon p.n.e.^2 + \varepsilon u^2 + \varepsilon z.n.^2} = 1,1 \sqrt{30^2 + 45^2 + 48^2 + 8^2 + 17^2} = 85$$

Враховуючи, що $T = 100$ мкм, можна зробити висновок, що необхідна точність обробки на пристрої витримується: $\varepsilon \Sigma < T$ на 15 %.

3.4 Загальний опис контрольно-вимірювального пристрою

По конструкції контрольно-вимірювальний пристрій складається з основи 1, на яку встановлюється палець 12, стійка 4, повзун 22 і ричаг.

Крім того, існує ще ряд деталей, які служать для зберігання від пошкоджень і надійного кріплення індикаторів, швидкості і точності вимірів.

Контрольний пристрій призначений для перевірки взаємного розташування поверхонь деталі. Він служить для перевірки биття і перпендикулярності зовнішньої поверхні відносно установчої і паралельності бокових торців.

Порядок виміру на контрольному пристрої такий:

1. Встановити пристрій на стіл так, щоб зберегти від кочення і вібрації.
2. Очистити базові і вимірні поверхні від пилу та грязі.
3. Перевірити плавність і точність переміщення індикатора, ричага, повзуна і штифта.
4. Очистити базову і опорну поверхні деталі.
5. Перевірити контрольні поверхні в такій послідовності:
 - встановити деталь на основу пальця, слідкуючи, щоб вага точно сіла на основу, не вдаривши штифт 18;
 - встановити щуп індикатора на деталь;
 - встановити індикатори I, II, III на коль;
 - повернути деталь на 360^0 ; покази індикаторів при цьому не повинні перевищувати такі величини:
 - індикатор I – перпендикулярність торців до поверхні 1 – 0,036;
 - індикатор II – паралельність торців – 0,046;
 - індикатор III – биття поверхні відносно поверхні 1 – 0,025;
 - повернути корпус 15 на 90^0 і зняти деталь з пристрою.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Встановлення небезпечних та шкідливих виробничих факторів

При обробці деталей на металорізальних верстатах завжди виникає велика кількість шкідливих та небезпечних виробничих факторів. Їх вплив на здоров'я працівників цеху, в якому встановлений і спроектований в даному дипломному проекті металорізальний верстат загальновідомий, але оскільки потрібно зменшити їх кількість уже на етапі проектування верстата, то зупинимося більш детально на основних з них.

Звичайно, до найбільш важливих відноситься вібрація, з якою боротися на діючих виробництвах вкрай важко. Вібрація є процесом розповсюдження механічних коливань в твердому тілі.

Коливання механічних тіл з частотою нижче 20 Гц сприймаються організмом як вібрація, а коливання з частотою вище 20 Гц – одночасно і як вібрація, і як звук. Коливання, розповсюджуючись по елементах конструкції, прискорюють її руйнування, а також згубно впливають на робітника.

Оскільки при експлуатації металорізального обладнання, що використовується згідно розробленого в даному дипломному проекті технологічного процесу механічної обробки заданої деталі без сумніву виникатимуть вібрації, то потрібно обов'язково продумати методи захисту від них.

До шкідливих факторів в даному випадку належить і шум. Шумом прийнято називати всякий небажаний для людини звук, який заважає сприйняттю важливих сигналів. Шум буває механічного походження, аеродинамічного походження, гідродинамічного походження, а також повітряного і електромагнітного походження.

Детальний аналіз конструкцій верстатів, що застосовуються для обробки заданої деталі, свідчить, що в даному випадку існує декілька видів шумів, і актуальною є задача приведення їх до нормативних величин.

Окрім перерахованих, важливим шкідливим виробничим фактором при впровадженні об'єкта проектування у виробництво є електричний струм. Тому потрібно забезпечити високий рівень електробезпеки.

Електробезпека – система організаційних і технічних заходів і засобів, забезпечуючих захист працівників спроектованого цеху, від шкідливої і небезпечної дії електричного струму.

Оскільки при обробці металів різанням обов'язково виникають вібрації, то одним з найактуальніших питань є захист від них. З цією метою металорізальні верстати встановлюємо на віброопори типу ОВ, з допомогою яких досягаємо часткового погашення коливань.

Для захисту від враження електричним струмом застосовуємо контурний заземлюючий пристрій, який має певні переваги порівняно з виносними (це приводить до зменшення коефіцієнтів дотику і кроку до значень, при яких напруга дотику і крокова напруга не будуть перевищувати допустимі значення).

При обробці металів різанням в повітря робочої зони виділяється пил та газ. Для захисту від них працівників використовуємо засоби місцевої вентиляції та передбачаємо встановлення в цеху загальнообмінної вентиляції. Крім того, вибір оптимального виду змащувально-охолоджувальних матеріалів також зменшує рівень забруднення навколишнього середовища.

Для забезпечення безпечної роботи режими різання 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 Захист від механічного травмування при експлуатації вертикально-фрезерного верстата

Джерелами травмування в механічних цехах є: рухомі машини і механізми, незахищені рухомі елементи виробничого середовища, рухомі вироби, заготовки, матеріали, гострі кромки, заусенці і шорсткості на поверхні заготовок, інструментів і обладнання, а також падіння предметів з висоти.

Для захисту верстатника від стружки при обробці на верстаті, що підлягає дослідженню, назначаємо захисний екран.

Захисні екрани виконують у вигляді паралелепіпедів, кожна грань якого є пластиною з жорстким кріпленням з допомогою болтових з'єднань або методом зварювання. Вибір матеріалу і товщини захисного екрану залежить від величини динамічних навантажень, що діють на екран. Розрахунки захисних екранів виконують згідно методики, запропонованої в [4].

Захисний екран верстата, що підлягає дослідженню, повинен захищати працівника від стружки і МОР, мати масу не більше 6-и кг і кріплення, що не потребує застосування ключів і викруток; бути жорстким. Його можна виготовити з листової сталі (товщиною 0,8 мм), листового алюмінію (2 мм) або міцної пластмаси (4 мм).

Вікна на захисних екранах виготовляємо з без осколочного трьохшарового полірованого скла товщиною не менше 4-х мм.

Для гарантування безпечної роботи на металорізальному верстаті, що підлягає дослідженню, захисні екрани розраховуємо по наступній методиці.

Із умови міцності повинна виконуватись нерівність:

$$\sigma_1 \leq [\sigma], \quad (4.1)$$

де σ_1 – напруження при динамічному навантаженні;

$$\sigma_1 = \sigma_{st} \cdot k_d, \quad (4.2)$$

де σ_{st} – напруження при статичному навантаженні;

k_d – динамічний коефіцієнт, який визначається за формулою:

$$k_d = 1 + \sqrt{\frac{V^2}{q \cdot \delta_{st} \cdot (1 + k \cdot M_1 / m)}}, \quad (4.3)$$

де δ_{st} – статична деформація від сили mq ;

k – коефіцієнт приведення, $k = 1/3$

M – маса загорожі;

m – маса тіла, що вдаряється.

Значення статичної деформації з врахуванням багатоманітності способів кріплення захисного кожуха визначається експериментальним шляхом.

Для виключення “прошивання” захисного екрану повинна виконуватись умова:

$$V < V_0, \quad (4.4)$$

де V_0 – мінімальна швидкість, з якою елемент масою m “прошиває” екран. Вона визначається за формулою

$$V_0 = \xi \cdot d \left[\left(\frac{h}{m} \right)^n \right]^{0,5}, \quad (4.5)$$

де d і m – маса і розмір стружки, що відлітає;

h – товщина екрану;

n – показник степеня;

ξ – коефіцієнт, значення якого приймається рівним: для пластмаси $1,1 \cdot 10^6$, для металів - $1,23 \cdot 10^7$.

Таким чином, по даній методиці є можливість виконати необхідні розрахунки захисного екрану, встановленого на металорізальному верстаті.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У даній КРБ:

- проаналізовано діючий варіант виготовлення деталі, запропоновано модернізований ТП;
- запропоновано новий метод виготовлення заготовки деталі;
- для нового варіанту заготовки розраховані величини загальних і проміжних припусків операційних розмірів;
- проведено розмірний аналіз нового варіанту технологічного процесу;
- розраховано режими різання, норми часу та операційної механічної обробки, модернізовано існуючі і спроектовано нове технологічне оснащення.

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. Виговський Г. М. Підвищення працездатності торцевих фрез для чистової обробки плоских поверхонь : автореф. дис. ... канд. техн наук : Київ : НТУУ КПІ, 2000. 16 с.
5. Мельничук П. П. Наукові основи чистового торцевого фрезерування плоских поверхонь : дис. ... докт. техн. наук : 05.03.01. Київ : НТУУ КПІ, 2002.
6. 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.
7. 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.
8. Капаціла Ю. Б., Комар Р. В. Проектування машинобудівних виробництв : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2017. 40 с.
9. Дичковський М. Г. Спеціальна технологічна оснастка. Тернопіль : ТНТУ, 2014. 243 с.
10. 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.

11. 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.

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

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

ДОДАТКИ