

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ

імені адмірала Макарова

Машинобудівний навчально-науковий інститут

Кафедра інженерної механіки та технології машинобудування

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри ІМ та ТМ

д-р техн. наук, професор М.Р. Ткач

 «12» 12 2024 р.

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи магістра

на тему: «Удосконалення технології виготовлення
валу форсажного редуктора ($\varnothing 279$ мм; $L = 445$ мм)»

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»

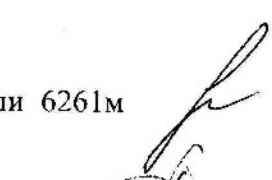
Спеціальність 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма «Технології машинобудування»

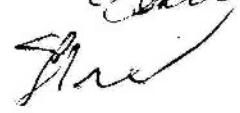
Студент групи 6261м

Керівник

Рецензент


Урусов А.М.
(прізвище та ініціали)


Шумілов О.П.
(прізвище та ініціали)


Поліщук В.А.
(прізвище та ініціали)

Національний університет кораблебудування

імені адмірала Макарова

Інститут Машинобудівний навчально-науковий
Кафедра Інженерної механіки та технології машинобудування
Освітній рівень Магістр
Спеціальність 131 «Прикладна механіка»
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма «Технології машинобудування»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІМ та ТМ
д.т.н., професор М.Р.ТКАЧ



“ 11 ” 10 2024 р.

З А В Д А Н Н Я НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТА

Урусова Андрія Миколайовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи „Удосконалення технології виготовлення валу форсажного редуктора (Ø279 мм; L = 445 мм)”

керівник роботи к.т.н., доцент Шумілов О.П.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ 1 ” 10 2024 р. № 1032-у/2

2. Строк подання студентом роботи 2.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Робоче креслення деталі; нормативна література; держстандарт; довідники

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Загальний розділ: Призначення та аналіз технологічності деталі.

2) Науковий розділ – Аналіз та дослідження з наукової теми роботи.

3) Технологічний розділ: Аналіз заводського техпроцесу. Вибір заготовки. Розробка маршрутної та операційної технології. Розрахунок припусків та режимів різання на одну з поверхонь деталі. Технічне нормування. Вибір обладнання, ріжучого та вимірювального інструменту.

4) Конструкторський розділ: Розрахунок і проектування спеціальних конструкцій пристроїв для верстатів та спеціального металорізального інструменту.

5)

Проектування ділянки цеху – згідно методичних вказівок кафедри.

6) Організаційно-економічна частина – згідно методичних вказівок кафедри.

7,8) Охорона праці та навколишнього середовища – Розробка заходів з охорони праці та навколишнього середовища на ділянці.

9) Цивільний захист – згідно методичних вказівок кафедри.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення деталі, заготовки, спеціального пристрою до металорізального верстату, спеціального металорізального або вимірювального інструменту, налагодження до однієї з технологічних операцій, планування ділянки цеху, плакати до наукової частини

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
7,8			
Нормоконтроль	ст. викл. Божук С. О.	<i>[Підпис]</i>	

7. Дата видачі завдання 11.10.24р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Оформлення та затвердження технологічного процесу. Оформлення креслення деталі (роздруковка у форматі А3)	25.10.2024	
2	Оформлення загального та технологічного розділів (1, 3)	6.11.2024	
3	Оформлення конструкторського розділу (4)	11.11.2024	
4	Оформлення наукового розділу (2)	22.11.2024	
5	Оформлення розділу з охорони праці та навколишнього середовища (7,8)	25.11.2024	
6	Оформлення розділу з цивільного захисту (9)	29.11.2024	
7	Оформлення креслень	до 2.12.2024	
8	Нормоконтроль (креслення у форматі А3)	2-9.12.2024	
9	Затвердження МР на кафедральному перегляді (ПЗ, креслення у форматі А1)	6-14.12.2024	
10	Оформлення та передача електронного варіанту роботи (текстові та графічні матеріали у форматі PDF)	11-16.12.2024	
11	Затвердження МР зав.кафедрою (подання, анотація)	11-16.12.2024	
12	Рецензування	16-21.12.2024	

Студент
(підпис)

Зусов А. М.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи
(підпис)

Шаріпов О.
(прізвище та ініціали)

« 11 » 10 2024р.

АНОТАЦІЯ

В магістерській роботі на тему «Удосконалення технології виготовлення валу форсажного редуктора ($\varnothing 279$ мм; $L = 445$ мм)» надано опис призначення деталі та характеристика матеріалу, з якого вона виготовлена, зроблено аналіз її технологічності, вибір та обґрунтування типу виробництва, розроблено технологічний процес виготовлення, а також розглянуті питання з можливості застосування вібрацій при механічній обробці.

В магістерській роботі наведені розрахунки спеціальних пристосувань та ріжучого і вимірювального інструментів, спроектована дільниця з виготовлення деталі, розраховані техніко-економічні показники дільниці і доцільність її проектування, розроблені заходи з охорони праці та навколишнього середовища на дільниці, додані дослідження стійкості дільниці механічного цеху у надзвичайний стан.

Ключові слова: вал форсажного редуктора, заготовка, припуски, оправка, довб'як чашковий, фреза Т-подібна, конус Морзе, відрізний різець.

ABSTRACT

In the master's thesis on the topic «Improvement of the production technology of the afterburner gearbox shaft ($\varnothing 279$ mm; $L = 445$ mm)» a description of the purpose of the part and the characteristics of the material from which it is made, an analysis of its manufacturability, the choice and justification of the type of production, a technological manufacturing process were developed, and the issues of the possibility of using vibrations during mechanical processing, such as the modernization of an auto-oscillating cutting cutter, were considered.

In the master's work, the calculations of special devices and cutting and measuring tools are given, the section for the manufacture of the part is designed, the technical and economic indicators of the section are calculated and the feasibility of its design, the measures for labor and environmental protection at the section are developed, and studies of the stability of the mechanical shop section in an emergency state are added.

Key words: afterburner shaft, workpiece, allowances, mandrel, cup dovetail, T-shaped cutter, Morse taper, cutting cutter.

Зміст

Вступ.....	6
1. Загальна частина....	7
1.1. Призначення деталі.....	8
1.2. Аналіз технологічності деталі.....	9
1.3. Характеристика матеріалу.....	14
1.4. Вибір типу виробництва.....	15
2. Наукова частина.....	17
2.1. Вібраційне різання металів-загальне положення.....	18
2.2. Використання автоколивальних, обумовлених процесом різання, для дрібнення стружки	23
2.3. Автоколивальний інструмент, працюючий з радіальними вібраціями ...	24
2.4. Розрахунок на міцність змінної ріжучої частини змінної конструкції відрізного різця.....	28
3. Технологічна частина	35
3.1. Аналіз заводського технологічного процесу.....	36
3.2. Вибір заготовки.....	36
3.3. Табличний вибір припусків	38
3.4. Розрахунок вартості основних матеріалів	39
3.5. Розробка маршрутної та операційної технології	40
3.6. Аналітичний розрахунок припусків.....	43
3.7. Аналітичний розрахунок режимів різання	46
3.8. Технічне нормування операцій.....	52
3.9. Вибір та обґрунтування технологічних баз.....	55
3.10. Обґрунтування та вибір обладнання	58
3.11. Обґрунтування та вибір ріжучого та вимірювального інструмента.....	61
3.12. Розробка керуючої програми.....	65
4. Конструкторська частина.....	69
4.1. Проектування спеціального пристрою для зубодовбальної	

						Арк.
						3
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

операції.....	70
4.2. Проектування спеціального пристрою для круглошліфувальної операції.....	73
4.3. Проектування ріжучого інструмента – довб'яка	75
4.4. Розрахунок Т-подібної фрези	78
4.5. Проектування вимірювального інструмента.....	81
5. Проектування дільниці механічного цеху	83
5.1. Визначення і розрахунок партії запуску деталей	84
5.2. Розрахунок штучно-калькуляційного часу по операціям.....	85
5.3. Визначення фондів часу роботи обладнання	86
5.4. Розрахунок потрібної кількості обладнання на дільниці.....	87
5.5. Складання графіка завантаження обладнання.....	90
5.6. Складання звітної відомості обладнання дільниці.....	91
5.7. Розрахунок численності робочих на дільниці	91
5.8. Розрахунок основних площ дільниці за нормативами.....	96
5.9. Розрахунок допоміжних площ дільниці	97
5.10. Розрахунок висоти будівлі.....	101
5.11. Організація виробництва на дільниці.....	102
5.12. Визначення капітальних вкладень дільниці	104
6. Організаційно-економічна частина	106
6.1. Розрахунок річного фонду заробітної платні працюючих дільниці....	107
6.2. Визначення фонду заробітної плати основних робочих	108
6.3. Визначення фонду заробітної плати допоміжних робочих	109
6.4. Визначення фонду заробітної плати основних категорій працюючих на дільниці	111
6.5. Визначення середньомісячної заробітної плати працюючих на дільниці	112
6.6. Розрахунок розходів по утриманню та експлуатації обладнання	112

						Арк.
						4
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.7. Калькуляція повної фактичної собівартості виготовлення деталі – вал...	118
6.8.Розрахунок обсягу капітальних вкладень та термінів окупності проекту.....	120
6.9.Техніко-економічні показники дільниці.....	123
7.Охорона праці.....	127
Вступ	128
7.1.Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які впливають на виробничий персонал дільниці.....	128
7.2.Запобігання впливу вібрацій на виробничий персонал дільниці.....	132
7.3.Розрахунок освітлення дільниці.....	134
8.Охорона навколишнього середовища.....	137
Вступ	138
8.1.Аналіз впливу виробництва та технологічного процесу виготовлення деталі типу вал на довкілля.....	139
8.2.Очистка промислових стічних вод.....	140
9. Дослідження стійкості дільниці механічного цеху у надзвичайний стан.....	142
9.1.Обґрунтування необхідності дослідження стійкості.....	143
9.2.Оцінка стійкості дільниці механічного цеху по обробці деталі – вал.....	146
9.3.Заходи по підвищенню стійкості механічного цеху від ударної хвилі.....	150
Література	
Специфікації	

						Адк.
Ізм.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Вступ

Ступінь прогресу технології машинобудування визначала інтенсивність вивчення виробничих процесів, а відповідно, і наукове їх узагальнення з встановленням закономірностей у технології механічної обробки та зборки.

Головна задача технології машинобудування полягає у забезпеченні подальшого зросту добробуту людей на основі стійкого розвитку народного господарства, більш раціонального використання, поліпшення продуктивності праці та якості продукції.

У зв'язку з цим найбільша увага приділяється розробці, впровадженню нових високоефективних технологічних процесів, нових матеріалів, зниження металоємності виробів, економії паливно-енергетичних ресурсів, механізації та автоматизації виробничих процесів, підвищенню надійності та довговічності виробів відповідних (або переважаючих) по своєму технологічному рівню та якості кращім вітчизняним або зарубіжним аналогам.

Фахівець у галузі машинобудування повинен володіти комплексом знань, методів аналізу та розрахунку, необхідним для рішення технологічних проблем, виникаючих на всіх етапах створення машин, засобів автоматизації та систем керування для забезпечення показників якості при низькій собівартості виробництва.

						Арк.
						6
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Загальна частина

1.1. Призначення деталі

Деталь вал входить до складу складального вузла форсажного редуктора М15 в сполученні з зубчастим колесом складає шестерню. Вал сприймає крутний момент виникаючий при прикладенні зусилля та передає його через зубчасте колесо.

Вал відноситься до деталей тіла обертання, по конструкції вал являється багатоступінчастим, фасонним, тобто вал має на окремих ділянках різні діаметри, галтелі, шліці, різьбу, лиски, пази та канавки. Така конструкція необхідна для посадки інших деталей на свої місця без ушкодження сусідніх ділянок і для утворення упорів та закріплення інших деталей.

На поверхню валу $\varnothing 280h14$ напресовується зубчасте колесо. Поверхні валу $\varnothing 110,1m6$ та $\varnothing 130,1m6$ призначені для установки кулькопідложників. Допуск по шостому квалітету дозволяє збільшити точність центрування при складанні валу з шарикопідшипником та зубчастим колесом.

Шліцева поверхня $\varnothing 80,5$ з числом зубців $Z=82$ та модулем $m=1$ служить для посадки ресори. На різьбовий кінець $M110 \times 1,5$ та $M130 \times 1,5$ встановлюють шайбу та нагвинчують гайку та контргайку, якими кріпляться інші деталі. Поле допуску різьби $d9$ відповідає класу точності групи при нормальній довжині згвинчування. Навпаки, на поверхнях $\varnothing 110,1m6$ та $\varnothing 130,1m6$ служать для виходу різця при нарізанні різьби. Лиски призначені для можливості легкого знімання підшипників.

Два паза $12M12$ служать для закріплення інших деталей усередині валу. Отвір $\varnothing 105M14$ розточується з метою економії металу і зменшення маси деталі. Розміри фасок і радіусів відповідають рекомендаціям ГОСТ 10948-2004. Таким чином, конструкція деталі забезпечує виконання її функцій у вузлу.

Шорсткість поверхонь валу задана параметром $Ra=1,25; 2,5; 5; 10$ мкм і відповідає преференційному ряду використання. Шорсткість поверхонь під підшипник $Ra=1,25$ мкм регламентується ГОСТ 3325-85. Шорсткість поверхонь на яких вона не визначена однакова і дорівнює $Ra=2,5$ мкм. Базою для контролю відхилень розміщення являється вісь деталі.

					6261м. 17.МР.09.01.ПЗ	Арк.
						8
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2. Аналіз технологічності деталі

Аналіз технологічності деталі включає обробку її конструкції з метою максимальної уніфікації елементів (діаметральних розмірів, різьб, фасок і та ін.), правильний вибір та проставлення розмірів, оптимальних допусків та шорсткості поверхні, дотримання всіх вимог, які пред'являються до заготовок і т. ін.

При оцінці технологічності конструкції деталі необхідно звертати увагу на ступінь використання уніфікованих (нормалізованих) конструктивних елементів, можливість застосування стандартного ріжучого, вимірювального та допоміжного інструменту і приладів, можливість використання типових технологічних процесів.

Таблиця 1.1

Аналіз конструкції деталі по точності і шорсткості

№	Найменування поверхні	Квалітет точності	Клас та параметр шорсткості
1	2	3	4
1.	Зовнішній діаметр Ø130h9	9	6Ra=2,5
2.	Зовнішній діаметр Ø145h14	14	6Ra=2,5
3.	Зовнішній діаметр Ø279h14	14	6Ra=2,5
4.	Зовнішній діаметр Ø133h14	14	6Ra=2,5
5.	Зовнішній діаметр Ø130,1m6	6	7Ra=1,25
6.	Зовнішній діаметр Ø126h14	14	6Ra=2,5
7.	Зовнішній діаметр Ø280h14	14	6Ra=2,5
8.	Зовнішній діаметр Ø110d9	9	6Ra=2,5
9.	Зовнішній діаметр Ø108h14	14	6Ra=2,5
10.	Зовнішній діаметр Ø110,1m6	6	7Ra=1,25
11.	Зовнішній діаметр Ø125h14	14	6Ra=2,5
12.	Внутрішній діаметр Ø105H14	14	5Ra=5,0
	Внутрішній діаметр Ø250H14	14	6Ra=2,5

					6261м. 17.MP.09.01.ПЗ	Арк.
						9
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

№	Найменування поверхні	Квалітет точності	Клас та параметр шорсткості
1	2	3	4
11.	Зовнішній діаметр Ø130h9	9	6Ra=2,5
12.	Зовнішній діаметр Ø145h14	14	6Ra=2,5
13.	Зовнішній діаметр Ø279h14	14	6Ra=2,5
14.	Зовнішній діаметр Ø133h14	14	6Ra=2,5
15.	Зовнішній діаметр Ø130,1m6	6	7Ra=1,25
16.	Зовнішній діаметр Ø126h14	14	6Ra=2,5
17.	Зовнішній діаметр Ø280h14	14	6Ra=2,5
18.	Зовнішній діаметр Ø110d9	9	6Ra=2,5
19.	Зовнішній діаметр Ø108h14	14	6Ra=2,5
20.	Зовнішній діаметр Ø110,1m6	6	7Ra=1,25
21.	Зовнішній діаметр Ø125h14	14	6Ra=2,5
21.	Внутрішній діаметр Ø105H14	14	5Ra=5,0
22.	Внутрішній діаметр Ø250H14	14	6Ra=2,5
23.	Внутрішній діаметр Ø117H14	14	6Ra=2,5
24.	Внутрішній діаметр Ø85H14	14	5Ra=5,0
25.	Внутрішній діаметр (шлиці) Ø85H7	7	6Ra=2,5
26.	Внутрішній діаметр Ø92,5H7	7	6Ra=2,5
27.	Внутрішній діаметр Ø87H7	7	6Ra=2,5
28.	Внутрішній діаметр M95×1,5-6H	9	6Ra=2,5
29.	Торець L=22h14	14	6Ra=2,5
30.	Торець L=6h14	14	6Ra=2,5
31.	Торець L=12h14	14	6Ra=2,5
32.	Торець L=92h14	14	6Ra=2,5
33.	Торець L=26h14	14	6Ra=2,5
34.	Торець L=18h14	14	6Ra=2,5
35.	Торець L=184h14	14	6Ra=2,5

					6261м. 17.MP.09.01.ПЗ	Арк.
						10
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовж.табл.1.1			
26, 27	Торець L=35h14	14	6Ra=2,5
28.	Торець L=245h14	14	6Ra=2,5
29.	Торець L=40h14	14	6Ra=2,5
30.	Торець L=140h14	14	6Ra=2,5
31.	Торець L=6h14	14	6Ra=2,5
32.	Торець L=12h14	14	6Ra=2,5
33.	Торець L=448h14	14	6Ra=2,5
34.	Торець L=255H14	14	6Ra=2,5
35.	Торець L=55H14	14	6Ra=2,5
36.	Торець L=45H14	14	6Ra=2,5
37.	Торець (виборки) L=15H14	14	6Ra=2,5
38.	Торець (виборки) L=5H14	14	6Ra=2,5
39.	Торець L=22H14	14	6Ra=2,5
40.	Торець (канавка) L=5H14	14	4Ra=10
41.	Торець (канавка) L=30H14	14	4Ra=10
42.	Торець L=36H14	14	6Ra=2,5
43.	Торець L=61,5h12	12	4Ra=10
44.	Торець (лиски)L=139h14	14	4Ra=10
45.	ТорецьL=51,5h12	12	4Ra=10
46.	Торець(лиски)L=120h14	14	4Ra=10
47.	ТорецьL=49,5H12	12	4Ra=10
48, 49	Пази L=14H12	12	4Ra=10
50, 51	ПазиL=12H12	12	4Ra=10
52, 53	ПазиL=14H12	12	4Ra=10
54.	ТорецьL=2,9h14	14	6Ra=2,5
55.	ТорецьL=2,9h14	14	6Ra=2,5
56.	ТорецьL=3,2h14	14	5Ra=5,0
57.	ТорецьL=5,2	14	5Ra=5,0

					6261м. 17.МР.09.01.ПЗ	Арк.
						11
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовж.табл.1.1			
58.	Радіус 5Н14	14	6Ra=2,5
59.	Зовнішній діаметр Ø107,7h14	14	5Ra=5,0
60, 61	Радіус R0,75h14	14	5Ra=5,0
62.	Торець L=5,6h14	14	5Ra=5,0
63.	Торець L=3,8h14	14	5Ra=5,0
64.	Діаметр Ø95,5h14	14	5Ra=5,0
65, 66	Радіус R0,75	14	5Ra=5,0
67.	Торець L=5,2h14	14	5Ra=5,0
68.	Торець L=3,2h14	14	5Ra=5,0
69.	Зовнішній діаметр Ø127,7h14	14	5Ra=5,0
70, 71	Радіус R0,75	14	5Ra=5,0
72.	Торець L=4Н14	14	4Ra=10
73.	Радіус R25Н14	14	4Ra=10
74, 75	Радіус R0,2h14	14	4Ra=10
76, 77	Радіус R0,2h14	14	4Ra=10
78.	Радіус R10h14	14	4Ra=10
79, 80	Радіус R7h14	14	6Ra=2,5
81, 82, 83	Радіус R1	14	6Ra=2,5
84, 85, 86	Радіус R2	14	6Ra=2,5
87.	Фаска 5×30°	14	6Ra=2,5
88.	Фаска 5×45°	14	6Ra=2,5
89, 90, 91, 92, 93	Фаска 0,5×45°	14	6Ra=2,5
94, 95, 96, 97	Фаска 1×45°	14	6Ra=2,5
98, 99	Конус ∠30°	14	6Ra=2,5
100, 101, 102	Конус ∠10°	14	6Ra=2,5

					6261м. 17.МР.09.01.ПЗ	Арк.
						12
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількісна оцінка технологічності деталі відбувається по визначенню трьох показників:

1. Коефіцієнт уніфікації

$$K_{y.э} = \frac{Q_{y.э}}{Q_э},$$

де $Q_{y.э}$ – число уніфікованих типорозмірів конструктивних елементів;

$Q_э$ – число конструктивних елементів у деталі.

$$K_{y.э} = \frac{74}{102} = 0,73$$

Так як $K_{y.э} > 0,6$, відповідно деталь по коефіцієнту уніфікації є технологічною.

2. Коефіцієнт точності

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_{cp}}$$

$$A_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i n_i}{n},$$

де: A_i – квалітет точності;

n_i – число елементів відповідних квалітетів точності;

n – загальне число елементів

$$A_{cp} = \frac{9 \cdot 3 + 14 \cdot 86 + 6 \cdot 2 + 7 \cdot 2 + 12 \cdot 9}{102} = 13,4$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{13,4} = 0,93$$

Так як $K_T > 0,8$, відповідно конструкція деталі по точності технологічна.

3. Коефіцієнт шорсткості

$$K_{ж} = \frac{1}{B_{cp}}$$

$$B_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n B_i n_i}{n},$$

де: B_i – клас шорсткості;

n_i – число елементів відповідного класу шорсткості.

$$B_{cp} = \frac{6 \cdot 61 + 5 \cdot 17 + 4 \cdot 22 + 7 \cdot 2}{102} = 5,4$$

					6261м. 17.МР.09.01.ПЗ	Арк.
						13
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{\text{ж}} = \frac{1}{5,4} = 0,19$$

Так як $K_{\text{ж}} > 0,16$, відповідно конструкція деталі по шорсткості технологічна.

4. Коефіцієнт використання матеріалу

$$K_{\text{ВМ}} = \frac{M_{\text{д}}}{M_{\text{з}}},$$

де: $M_{\text{д}}$ – вага деталі, кг;

$M_{\text{з}}$ – вага заготовки, кг.

$$K_{\text{ВМ}} = \frac{32,2}{72,8} = 0,44$$

Так як $K_{\text{ВМ}} > 0,4$, відповідно конструкція деталі по використанню матеріалу є технологічною.

Кількісна оцінка технологічності полягає в аналізі конструкції деталі по точності та шорсткості, а також присутності термічної обробки і її місці в технологічному процесі.

Деталь вал відноситься до класу валів та складається з поверхонь обертання та лінійних поверхонь (торцевих), які не потребують складної форми заготовки. Деталь вал відноситься до деталей наскрізної форми і для її обробки не виникає необхідності у проектуванні спеціальних пристроїв та спеціальних ріжучих та вимірювальних інструментів. Деталь достатньо міцна та жорстка, так як відношення $L/D < 5$. Всі поверхні доступні для обробки. Найвищий квалітет точності 6, а найвищий клас шорсткості 7, відповідно при обробці не потребується спеціальних складних доводочних операцій.

Отже, на підставі якісної оцінки конструкція деталі технологічна.

Висновок. По якісній та кількісній оцінці конструкція деталі технологічна.

1.3. Характеристика матеріалу

Для виготовлення деталі – вал застосовується легована, конструкційна високоякісна сталь 40ХН2МА ДСТУ 7806:2015.

Сталь 40ХН2МА має властивості, які зведені у таблицях 1.2 і 1.3.

					6261м. 17.МР.09.01.ПЗ	Арк.
						14
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2

Хімічний склад в %

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	P	S	Cu	Основа
						не більше			
0,37- 0,44	0,50- 0,80	0,17- 0,37	0,60- 0,90	1,25- 1,65	0,15- 0,25	0,025	0,025	0,30	Fe

Таблиця 1.3

Фізико-механічні властивості

КП	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ_5	ψ	КCV Дж/см ²	НВ не більше
	МПа		%			
685	685	835	12	38	49	262-311

1.4. Вибір типу виробництва

Віднесення виробництва до того чи іншого типу відбувається за допомогою коефіцієнта закріплення операцій, який представляє собою відхилення числа $n_{т.о.}$ всіх технологічних операцій, виконаних або потребуючих виконання на протязі місяця, до числа робочих місць $n_{р.м.}$.

$$K_{з.о.} = \frac{n_{т.о.}}{n_{р.м.}}$$

$$K_{з.о.} = \frac{\sum c_{pi} m_{gi} m_{ogi}}{\sum c_{pi}},$$

де: c_{pi} – число робочих місць (верстатів) одного найменування;

m_{gi} – кількість найменувань (типорозмірів) оброблених деталей в місяць;

m_{ogi} – кількість операцій, закріплених за одним робочим місцем (верстатом) при обробці деталей одного найменування (типорозміру).

Умовно приймаємо $m_{gi}=3$.

Згідно ГОСТ 3.1108-74, типи виробництва характеризують наступними коефіцієнтами закріплення операцій:

– масове – 1,0,

					6261м.17.МР.09.01.ПЗ	Арк.
						15
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- багатосерійне – 1,0-10,
- серійне – 10-20,
- дрібносерійне – 20-40,
- одиничне більше 40.

В зв'язку з тим ,що на даний час невідома кількість робочих місць на ділянці та не розроблений технологічний процес виготовлення валу, прорахований тип виготовлення по коефіцієнту закріплення операцій не є можливим. Тому для вибору типу виробництва використовується дані по масі деталі та річної програми випуску виробів: N=10000 шт., маса деталі – 32,2 кг [13] . Тому тип виробництва приймаєм серійний.

Серійне виробництво характеризується обмеженою номенклатурою виробів, які виготовляються партіями, що періодично повторюються, та переважно великим об'ємом випуску.

У такому виробництві застосовують високовиробниче обладнання, причому поряд з універсальним, застосовують спеціалізоване і спеціальне обладнання. Широко використовують швидкодіючі прилади, що переналагоджуються, універсальний та спеціальний ріжучий та вимірювальний інструмент, збільшуючи виробництво.

					6261м.17.МР.09.01.ПЗ	Арк.
						16
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Наукова частина

2.1.Вібраційне різання металів-загальні положення

Основними напрямками розвитку сучасних методів обробки матеріалів є висока інтенсифікація процесів різання за рахунок використання швидкісного і силового різання, багато інструментальних налагоджень і автоматизації прийомів управління і дій формоутворення. Широкий розвиток цих напрямків в машинобудуванні висунуло на перший план обробку різанням в поєднанні з вібраціями; при цьому можна відзначити дві основні групи питань, що виникли при дослідженні вібрацій.

Перша група питань пов'язана з появою негативних вібрацій при механічній обробці, що ведуть до зниження якості поверхні, точності обробки та стійкості інструменту. У цьому випадку застосування засобів гасіння вібрацій є одним з резервів підвищення продуктивності механічної обробки крихкими твердосплавними і керамічними інструментами. Особливе значення цей напрямок має при обробці нержавіючих і жароміцних сталей і сплавів.

Друга група питань пов'язана з освоєнням методу вібраційного різання - позитивного використання вібрацій. Застосування вібраційного різання забезпечує ефективне дрібнення стружки (останнє є одним з умов успішного здійснення високопродуктивних методів обробки на універсальному обладнанні, а також автоматизації операцій механічної обробки), а також значне поліпшення оброблюваності різанням різноманітних матеріалів і перш за все нержавіючих і жароміцних сталей.

Розробка питань вібраційного різання, доведена до теперішнього часу та освоєння у виробничих умовах, що не суперечить пошуків коштів гасіння вібрацій і зниження їх інтенсивності. Це свідчить тільки про те, що, як нерідко буває в техніці, пізнання фізичної сутності шкідливого явища, його правильне використання призводять до корисних практичних результатів і впровадження у виробництво.

					6261м.17.МР.09.02.ПЗ	Арк.
						18
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Процес вібраційного різання полягає в тому, що на звичайно прийняту кінематичну схему обробки на даній операції накладається додатковий вібраційний рух інструмента щодо оброблюваної заготовки.

Ефективність впровадження вібраційного різання визначається такими позитивними факторами вібрацій зумовленими як кінематичними, так і фізичними особливостями протікання цього процесу.

Кінематичними особливостями вібраційного різання є:

1. Надійне та ефективне дрібнення стружки, яке забезпечує не тільки зручність в обслуговуванні обладнання, але і є засобом підвищення продуктивності механічної обробки на операціях з утрудненим стружковидаленням. До них відносяться, перш за все, операції звичайного і глибокого свердління, розточування і зенкерування.

2. Полегшення процесу різання за рахунок оптимального зсуву фаз між слідом попереднього і подальшого проходу інструмента. Це дозволяє підібрати такі режими різання і вібрації, при яких зняття всього шару, що зрізається або більшої його частини відбувається при оптимальних кутах різання. Крім цього, поліпшення оброблюваності можна отримати також за рахунок руху ріжучої кромки на більшій шляху в не наклепаному, або менш наклепаному матеріалі.

Фізичними особливостями вібраційного різання є:

1. Короткочасне періодичне збільшення швидкостей різання.

2. Змінна циклічна навантаження на деформований в процесі різання матеріал, обумовлена, перш за все, змінними швидкостями і кутами різання.

3. Зниження сил тертя на поверхнях контакту інструменту зі стружкою і оброблюваної заготовкою.

4. Підвищена ефективність застосування змащувально-охолоджуючих рідин.

Ці нові кінематичні і фізичні особливості різання приводять до покращення умов роботи ріжучого інструменту в результаті:

а) зниження діючих на них сил різання і температур;

					6261м.17.МР.09.02.ПЗ	Арк.
						19
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

б) періодичного відпочинку ріжучої кромки інструменту, внаслідок короткочасного зменшення або повного зняття навантаження на ріжучий клин інструмента (як , наприклад, при фрезеруванні)

в) відсутність у ріжучої кромки відступів і лунок для стружкодріблення, заточка останніх, як відомо, приводить до утворення додаткових внутрішніх напруг і мікрощілин та послаблює ріжучу кромку.

Вплив цих позитивних факторів вібрації при оптимальних умовах обробки може превалювати над негативними факторами вібрації, що полягають в змінній загрузки на ріжучу кромку інструмента, погіршення чистоти поверхні і зниження довговічності окремих вузлів і станків у цілому. Підтвердженням цього є найпоширеніше застосування в промисловості вібраційних методів обробки: вібраційна штамповка, клепка плевмомолотками, використання вібрацій при зварюванні та литті, вібропили, віброножиці, використання вібрацій для дрібнення стружки і покращення обробки різанням.

Основними технологічними умовами раціонального використання вібраційного різання при механічній обробці є:

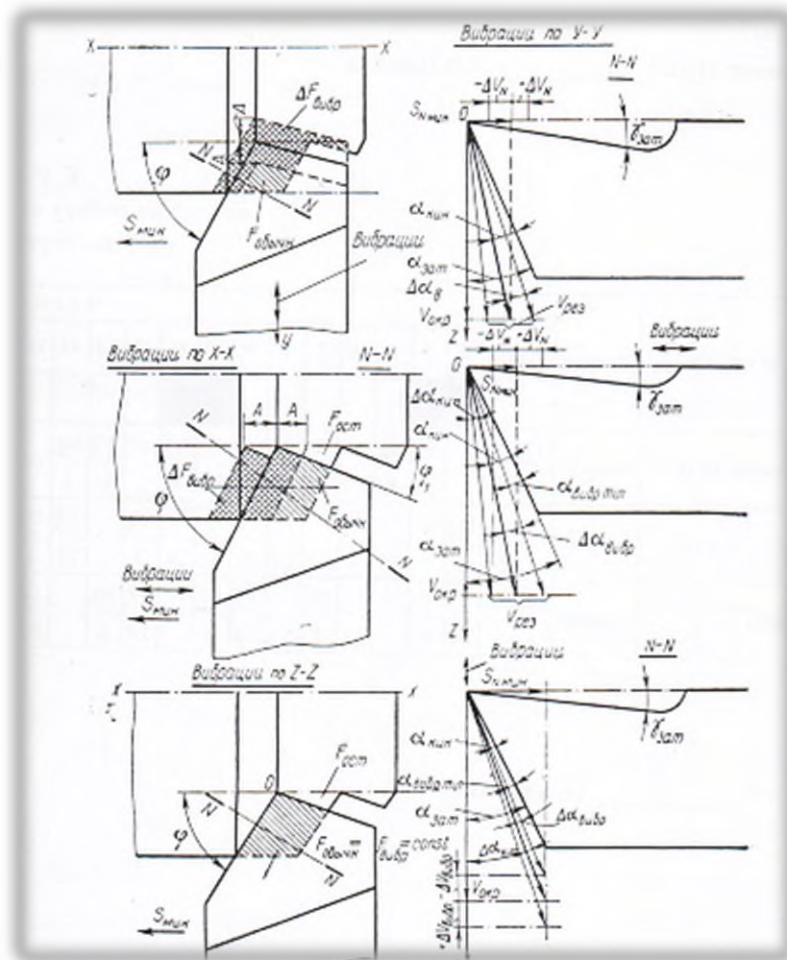
1. Правильний вибір напрямлення вібрації.
2. Визначення параметрів вібрацій, які забезпечують найбільшу ефективність процесу для даних умов обробки.

Класифікація принципових кінематичних схем обробки металу різанням і практично доцільних напрямлень накладення вібрацій представлена на рис.4.1. Із малюнка видно, що на звичайну прийняту схему механічної обробки можуть бути накладені вібрації, радіальні по осі у-у, осьові по осі х-х, тангенціальні по осі z-z, а також в напрямленні не співпадаючому ні з однією з цих осей, наприклад в напрямленні вектору швидкості при звичайному різанні.

Як показали багаточисельні дослідження , наявність радіальних вібрацій значних амплітуд по осі у-у негативно позначається на процесі різання – дуже погіршується чистота обробки, оскільки переміщення ріжучої кромки при вібраціях безпосередньо фіксується на обробленій поверхні. Незадовільні в цьому випадку умови роботи ріжучої кромки, оскільки велике навантаження при додатковому

					626м.17.МР.09.02.ПЗ	Арк
						20
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Враховуючи викладене, найбільшої уваги приділяють розробці методів різання з вібраціями в осьовому напрямленні - напрямлення подачі(по осі-х-х) і в тангенціальні по осі z-z.



Змінна взаємодія інструмента і ріжучого слою матеріал, значні зміни кутів

різання, а також покращення умов тертя на передній поверхні, приводять до зниженню сили різання і температур. Із розглянутих даних МВТУ ім. Баумана [29] представлених на рис. 2.2,б видно, що середнє значення зусиль різання при вібра-

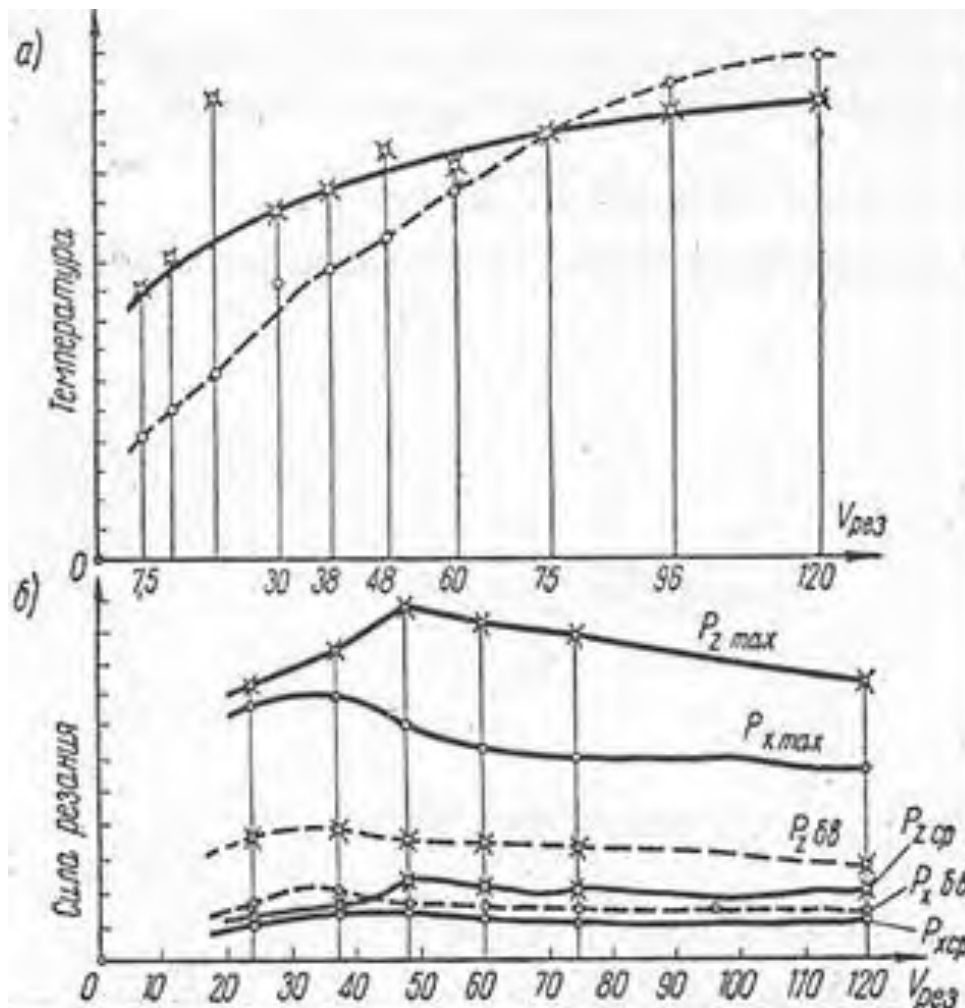


Рис.2.2. Температура (а) і зусилля різання(б) при звичайному вібраційному різанні

ціях ($f=40\text{гц}$, $A=0,3\text{мм}$), $P_{z\text{ср}}$ і $P_{x\text{ср}}$ менше їх значень при звичайному різанні в тих же умовах $P_{z\text{б.в}}$, $P_{x\text{б.в}}$ (заготовка із сталі 45, $v = 110\text{м}\backslash\text{хв}$, $s_0=0,3\text{ мм}\backslash\text{об}$, $t= 1\text{мм}$; різець Т15К6, $\phi 45^\circ$, $\alpha = 8^\circ$, $\gamma = 10^\circ$, $\lambda = 0^\circ$). Максимальні значення цих величин $P_{z\max}$, $P_{x\max}$ при знятті збільшених товщин зрізу набагато більше $P_{z\text{б.в}}$, $P_{x\text{б.в}}$. Дані про температури при звичайному і вібраційному точенні, отримані методом природної термопар, наведені на рис. 2.2,а. З нього видно, що зменшення температури при вібраційному точінні осьовими вібраціями спостерігається, починаючи з певної швидкості різання, і становить до 10-15%.

Основними технологічними параметрами, які визначають процес вібраційного точіння, є надійність стружкодрібнення, вплив вібрацій на точність обробки, якість поверхні і стійкість інструменту.

2.2. Використання автоколивань обумовлених процесом різання, для дрібнення стружки

Більшість відомих у даний час пристроїв - для обробки з вібраціями має власне джерело енергії для завдання необхідних коливань. Це дозволяє регулювати режими вібрацій у досить широкому діапазоні, задавати колювання в незалежності від виду оброблюваного матеріалу, режимів різання, зміни знімаючи припусків і так далі. Разом з тим, усі ці пристрої відносно складні. Більш простим у багатьох випадках є доцільним використання для управління процесом утворення стружки, її дроблення, автоколювання, обумовлених безпосередньо процесом різання.

У цьому випадку немає необхідності в спеціальному енергетичному джерелі колювань - масло насосній станції, електродвигуні, ультразвуковому генераторі. Автоколювальний процес може бути отриманий двома шляхами:

1) правильним підбором режимів різання, геометрії інструменту при даній пружній системі верстат - деталь - інструмент без установки спеціальних облаштувань, які забезпечують автоколювальний процес необхідною інтенсивністю і спрямуванням;

2) раціональною змінною системи станок-деталь-інструмент за рахунок постановки спеціальних пристроїв, що забезпечують збудження потрібних автоколювань .

Управління формою стружки за допомогою автоколювань, що виникають деталь-інструмент. Вона складається з великого числа парціальних систем, відповідних числу її ступенів свободи.

Однак кожна конкретна операція має, як правило, одну, рідше - дві найбільш «слабких» парціальних системи, що визначають напрямок і інтенсивність автоколювань системи в цілому.

					6261м.17.МР.09.02.ПЗ	Арк.
						23
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо ці параметри системи відповідають умовам позитивного використання вібрацій, тобто суттєво не знижують технологічних показників операцій (стійкість інструменту, точність обробки, якість поверхні, продуктивність обробки), і разом з тим дають стружку необхідної форми, то можливе застосування першого шляху позитивного використання автоколивань.

Прикладом другого напрямлення використання автоколивань для управління формою стружки, яка утворилася, є створення спеціальних вібросупортів, що забезпечують раціональну зміну динамічних властивостей системи СПД, прийнятої для даної операції. Автоколивальний механічний вібросупорт МВТУ ім. Баумана побудований на зниженні жорсткості системи різця - різцедержавка - верстат в одному напрямку - по осі Х. Він має наступні основні деталі (рис.2.3): коливаючу різцедержавку 1, яка служить для закріплення в ній різця, вісь коливання 2, пластинчасту пружину 3 і рухомий упор 4.

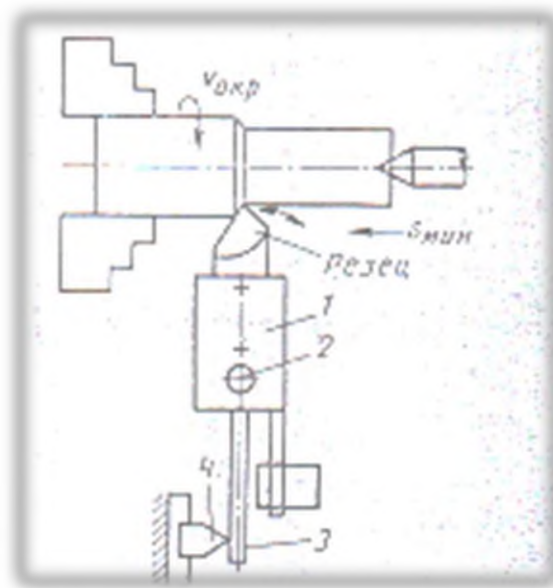


Рис. 2.3. Принципова схема автоколивального вібросупорту

					6261м.17.МР.09.02.ПЗ	Арк.
						24
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3.Автоколивальний інструмент, працюючий з радіальними вібраціями

Разом з тим, одним із підвидів токарної обробки є різання з переміщенням інструменту тільки в радіальному напрямленні(по осі у-у див. рис.2.1.). При такій схемі здійснюється різання або відрізка заготовок, точіння різноманітних канавок, пазів і так далі, з використанням карнавочних , відрізних різців. Відомо також, що цей інструмент працює в несприятливих умовах, має обмежену по розмірам січення державку і дуже часто виходить із ладу. Особливо це відбувається при точінні високоміцних металів, а також високолегованих, жароміцних сплавів, які відрізняються низькою оброблюваністю. Тому в даній роботі є спроба вдосконалити відрізний різець, працюючий в режимі автоколивань. У якості базової конструкції автоколивального відрізного інструменту взято різець відповідно АС №1821292 [43] .

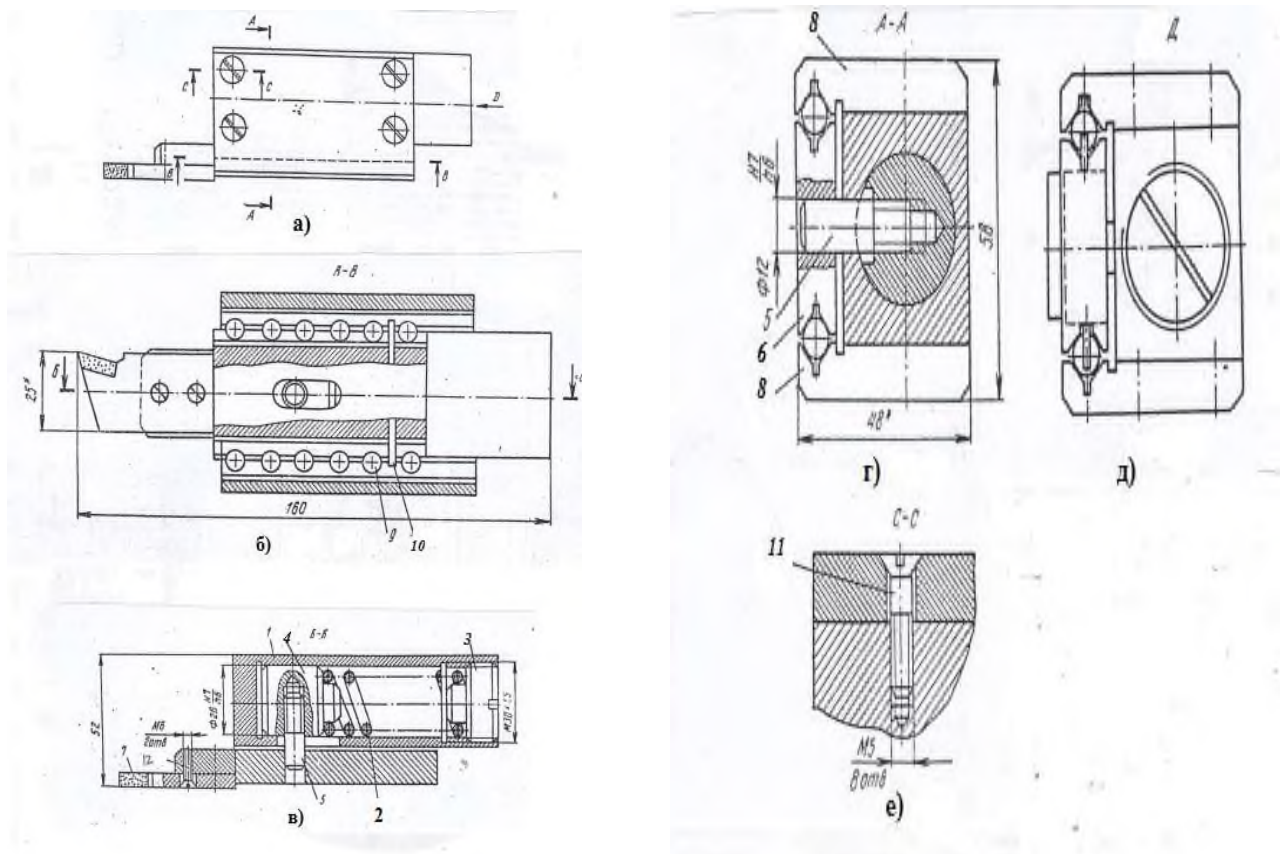


Рис. 2.4. Загальний вигляд автоколивального різця

1 – корпус різця; 2-пружина; 3-упор; 4- шток; 5- штіфт; 6-повзун; 7- ріжуча частина; 8-нижня і верхні кришки; 9- кульки ; 10- вісь; 11- гвинт кришки; 12 – гвинт ріжучої частини

					6261м.17.МР.09.02.ПЗ	Арк.
						25
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рис.2.4, б - розріз відрізного різця по перетну В-В (вид збоку); на рис.2.4, в - розріз відрізного різця по перетину Б-Б (вид зверху); на рис.2.4, г – розріз відрізного різця по перетину А-А; на рис.2.4, д - вид різця в напрямку Д; на рис.2.4, е - елемент кріплення кришки з V-подібними напрямними до корпусу автоколивального різця.

У корпусі 1 відрізного різця знаходиться циліндрична пружина 2. Натяг пружини 2 утворюється упором 3. Шток 4, який опирається на пружину, з'єднаний штифтом 5 з повзуном 6, на якому закріплена ріжуча частина 7. Повзун має V-подібні напрямні аналогічні яким є в нижній і верхній кришках 8.

Поміж цими направляючими знаходяться кульки 9, фіксуючі положення вздовж корпусу по осям 10 (рис 2.4, б). кріплення кришок 8 до корпусу 1 поповнено за допомоги гвинтів 11 (рис 2.4, е), а ріжуча частина 7 до піврізця 6 за допомогою гвинтів 12 (рис.2.4, в). Пристрій за авторським свідоцтвом 1821292 працює наступним чином. При відрізку на ріжучу частину діють сила, що стискає пружину 2, при цьому відбувається переміщення різця вздовж осі V, перетин зрізаного шару матеріалу зменшується, пружина повертає різець в початкове положення. Відбувається періодична зміна величини поперечної подачі і, внаслідок цього, дроблення стружки. При цьому в вертикальному напрямленні зберігається висока жорсткість різця. Частота автоколивань визначається жорсткістю пружини. При цьому в разі необхідності її можна міняти, домагаючись стійкого стружкодрібнення в необхіднім діапазоні поперечних подач.

Ефективність даного автоколивального відрізного різця полягає в досягненні ефекту стружкодрібнення при будь-яких змінах режимів різання за рахунок регулювання частоти автоколивань повзуна. Отримання подрібненої стружки підвищує ефективність використання, особливо з ЧПК, інших автоматичних верстатів.

					6261м.17.МР.09.02.ПЗ	Арк.
						26
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

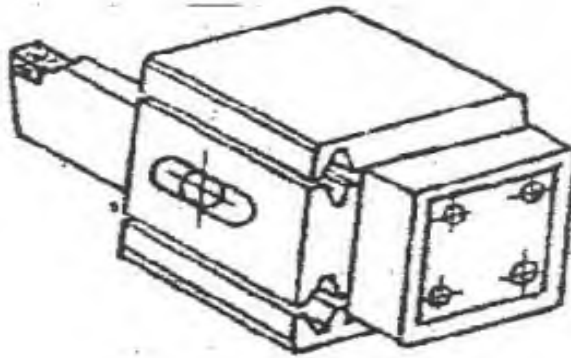


Рис. 2.5. Модернізований автоколивальний різець (загальний вигляд)

Модернізація автоколивального відрізного різця виконана по АС №18211292 з метою спрощення його в обслуговуванні при зміні ріжучої частини (7), яка кріпиться двома гвинтами (12) на повзуні (6). Досягнення вказаної мети реалізується шляхом виміру конструкції ріжучої частини (7) і частково конструкції повзуна.

На повзуні запропоновано виконати шляхом фрезерування спеціальний установочний «зуб» (рис.2.5, а). Ця частина повзуна має три робочі поверхні: одну плоску, друга і третя розташовані під кутом α . Обидві «кутові» поверхні паралельні поміж собою. Введення в конструкцію площ повзуна розташованих під кутом має необхідним виключити можливість здвигу ріжучої частини (7) в осьовому напрямленні від дії зусиль обумовлених автоколиваннями інструменту.

У вертикальній площині обидві установчі поверхні «зуба» також розташовані під кутом β (див. рис.2.6, а) утворюючи своєрідний «клин», що дозволяє надійно і без проміжків закріплювати ріжучу частину на корпус повзуна. Більш того сила різання P_z , діюча у вертикальній площині, сприяє додатковому притисненню ріжучої частини до «зуба».

Ріжуча частина, з припаяним інструментальним матеріалом, має спеціальний вираз по формі, яка нагадує профіль «зуба» повзуна. При її установці на інструмент «зуб» повзуна заходить в зазначений вище виріз.

					6261м.17.МР.09.02.ПЗ	Арк.
						27
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

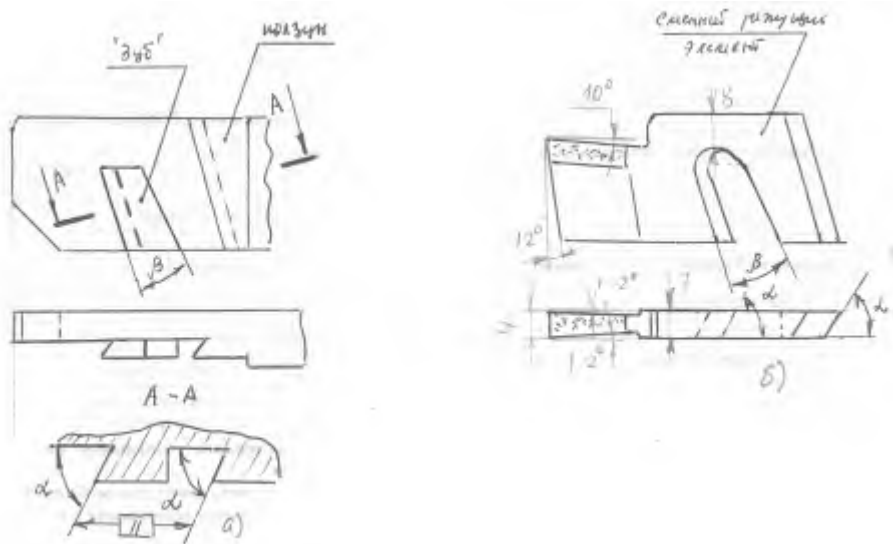


Рис.2.6.Зміна конструкції повзуна (а) і зміна ріжучого елементу (б)

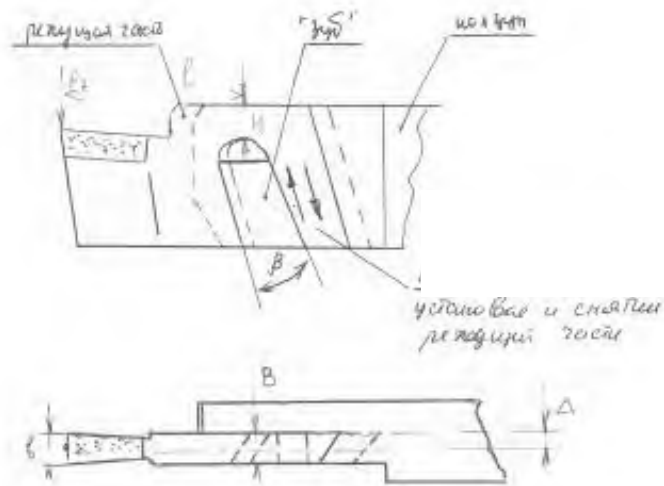


Рис.2.7 Схема установки змінної ріжучої частини на повзун відрізного різця, який працює в режимі автоколивань.

Опорні поверхні вирізу під тим же кутом α , що і на повзуні (рис.2.6, б). Зняття змінної ріжучої частини легко здійснюється її рухом «уверх» відносно повзуна, а установка-рухом у зворотному напрямі (див. рис.2.6).

Швидкість, зручність зміни ріжучої частини, надійність і сталість її місцезнаходження – основа стабільної та стійкої роботи відрізного інструменту. Разом з тим відомо, що відрізні різці часто виходять з ладу по причині поломки ріжучої пластини з-за зміни ширини, глибини і форми різця, при зміні деталі або

					6261м.17.МР.09.02.ПЗ	Арк.
						28
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оброблюваного матеріалу.

Запропонована конструкція вузла кріплення змінного елемента інструмента дозволяє успішно задовольнити перераховані вище вимоги, виключити кріпленні гвинти з конструкції пристрою. Більш того, зменшиться на центрисітет поміж вертикальною віссю ріжучої кромки різця і вертикальною віссю повзуна (див. рис. 4.7), що у свою чергу, знижує згинаючий момент від дії сили різання P_z , у діючій вертикальній площині.

2.4.Розрахунок на міцність змінної ріжучої частини зміненої конструкції відрізного різця [6]

Для виконання розрахунку на міцність відрізного різця необхідно розрахувати вихідні дані, які відносяться до матеріалу оброблюваної деталі, змінної ріжучої частини і припаяної до неї інструментальної пластини.

Матеріал деталі – хромонікельмолібденова сталь марки 40 ХН2МА ДСТУ 7806:2015, $\sigma_b = 82,5 \text{ кг/мм}^2$ (825 МПа) твердість в стані поставки 262...311 НВ. Матеріалом змінної ріжучої частини вибрана конструкційна легована сталь Ст. 45 ДСТУ 7809:2015 з $\sigma_T = 36 \text{ кг/мм}^2$ (360 МПа). Оскільки розсічення різця в розробленому технологічному процесі- відрізка від заготовки кільця, який йде на виготовлення відрізків для механічних випробувань матеріалу деталі, то в якості матеріалу інструментальної пластини вибраний твердий сплав ВК- 8. Цей матеріал добре працює по «кірці», витримує ударні навантаження. Геометричні розміри змінної ріжучої частини, які необхідні для виконання розрахунків вказані на рис.4.6.б. Вони вибрані із загальних рекомендацій геометрії токарних відрізних різців, які працюють при обробці сталей і сплавів.

Для виконання розрахунків на міцність необхідно з'ясувати складові сили різання, дію чий відрізний різець. Таких сил буде дві: P_z і P_y . Розрахунок на міцність будемо вести по найбільшій з них - силі P_z .

Її величина з'ясовується з формули.

$$P_z = 10 \cdot C_{pz}^{+x} \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_{pz}$$

Де C_{pz} - постійна [табл.. 22,4]; $C_{pz} = 408$.

					6261м. 17.МР.09.02.ПЗ	Арк.
						29
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

x, y, n , - показники ступеня при глибині різання t , подачі S_n швидкості різання V ; [табл.. 22,4]; для прийнятих умов $x=0,72$; $y=0,8$; $n=0$ при відрізку t рівна довжина леза відрізного різця: $t=4\text{мм}$.

S подача різця в мм/об табл..15 [4], для прийнятих умов і діаметрі різаної заготовки, в межах 100...150мм

$S=0,18\div0,26\text{ мм}\backslash\text{об}$; прийнято $S=0,2\text{ мм}\backslash\text{об}$.

При наближенні різця до осі заготовки до $0,5R$ табличного значення допускається зменшувати на 40...50%.

Поправочний коефіцієнт K_{pz} являє собою добуток ряду коефіцієнтів, з'ясованих по табл.. 9,23 [4].

$$K_{pz} = K_{mpz} \cdot K_{\varphi pz} \cdot K_{\gamma pz} \cdot K_{\lambda pz} \cdot K_{r pz}, \text{ де}$$

K_{mpz} – поправочний коефіцієнт на якість матеріалу, який оброблюється

$$K_{mpz} = \left(\frac{Qb}{750}\right)^n \text{табл..9 [4].}$$

$n=0,75$ для твердих сплавів і $T_b > 600\text{ МПа}$, у матеріала, який обробляється $T_b = 825\text{ МПа}$.

$K_{\varphi pz}; K_{\gamma pz}; K_{\lambda pz}; K_{r pz}$ - поправочний коефіцієнт на геометрію інструмента табл..23 [4].

Для прийнятих умов і діючих пропозицій:

$K_{\varphi pz}=0,89$ для визначення сили P_z , твердосплавного інструменту і головного кута в плані $\varphi=90^\circ$;

$K_{\gamma pz} = 1,0$ для сили P_z , твердосплавного інструменту і переднього кута $\gamma=10^\circ$;

$K_{\lambda pz}=1,0$ для визначення P_z , при куту нахилі головного ріжучого леза $\lambda=0^\circ$ і твердосплавного інструменту;

$K_{r pz}$ - не нормується для твердосплавного ріжучого інструменту

$$K_{pz} = \left(\frac{825}{750}\right)^{0,75} \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,955$$

Швидкість різання при відрізанні або прорізанні з'ясовується за формулою:

					6261м. 17.МР.09.02.ПЗ	Арк.
						30
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V = \frac{C_v}{T^{m \cdot S_y}} \cdot K_v, [4], \text{ де}$$

T – період стійкості відрізного різця, мін. середнє значення стійкості при одноінструментальній обробці T=30...60 хв, прийнято T=45 хв.

$C_{v;m;y}$ – постійна і показник степені при T і S [табл..17.4]

$$C_v = 47; m = 0,2; y = 0,8;$$

K_v – поправочний коефіцієнт, який являє собою добуток ряду коефіцієнтів;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_\varphi \cdot K_r, [4], \text{ де}$$

K_{mv} – коефіцієнт, який враховує якість матеріалу, що обробляється [табл..1-4,4] ;

$$K_{mv} = K_r = \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \text{ де}$$

$K_r = 0,8$ при обробці хромонікельмолібденових сталей з $\sigma_B > 550 \text{ МПа}$ твердосплавним інструментом;

$n_v = 1,0$ при роботі твердосплавним інструментом;

$\sigma_B = 825 \text{ МПа}$ - межа міцності матеріалу, який обробляється

$$K_{mv} = 0,8 \left(\frac{750}{825} \right)^{1,0} = 0,73$$

K_{nv} – коефіцієнт, який відображає стан поверхні заготовок, табл..5 [4] , для ...

$$K_{nv} = 0,8;$$

K_{uv} – коефіцієнт, який враховує матеріал ріжучого інструмента,

табл..6 [4]; для твердосплавного інструмента $K_{uv} = 1,4$;

K_φ і K_r – коефіцієнт, який враховує вплив геометрії різця на швидкість різання, табл..18 [4];

$K_\varphi = 0,7$; при головному куті в плині $\varphi = 90^\circ$,

K_r – коефіцієнт, який враховує радіус при вершині різця; при $\varphi = 90^\circ$

K_r не враховують.

Таким чином:

$$K_v = 0,73 \cdot 0,8 \cdot 1,4 \cdot 0,7 = 0,57$$

$$V = \frac{47}{45^{0,2} \cdot 0,2^{0,8}} \cdot 0,57 = 45,4 \text{ м/хв}$$

$$P_z = 10 \cdot 108 \cdot 4^{0,72} \cdot 0,2^{0,8} \cdot 45,4^0 \cdot 0,995 = 290,2 \text{ кг/с}$$

					6261м.17.МР.09.02.ПЗ	Арк.
						31
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Далі розрахунок ведеться при використанні рекомендацій і формул з [6] по двом схемам : уточненій та спрощеній (див.рис.2.8)

А. Уточнений розрахунок міцності змінної ріжучої частини (рис.2.8, а)

Згинаючий момент M від дії сили різання P_z відносно опорної площини змінної ріжучої частини(крапка А, рис.2.8, а) дорівнює

$$M = P_z \cdot d \cdot \sin \mu$$

Напруга в небезпечному січенні

$$\sigma = \frac{M}{C' \cdot F_0},$$

де F_0 - площа небезпечного січення , $F_0 = l \cdot h = 8 \cdot 7 = 56 \text{ мм}^2$

C' - висота змінної ріжучої частини, в мм $C' = C + \frac{B}{2}$; розрахунок C' з'ясовується конструктивно. $C' = 25 \text{ мм}$.

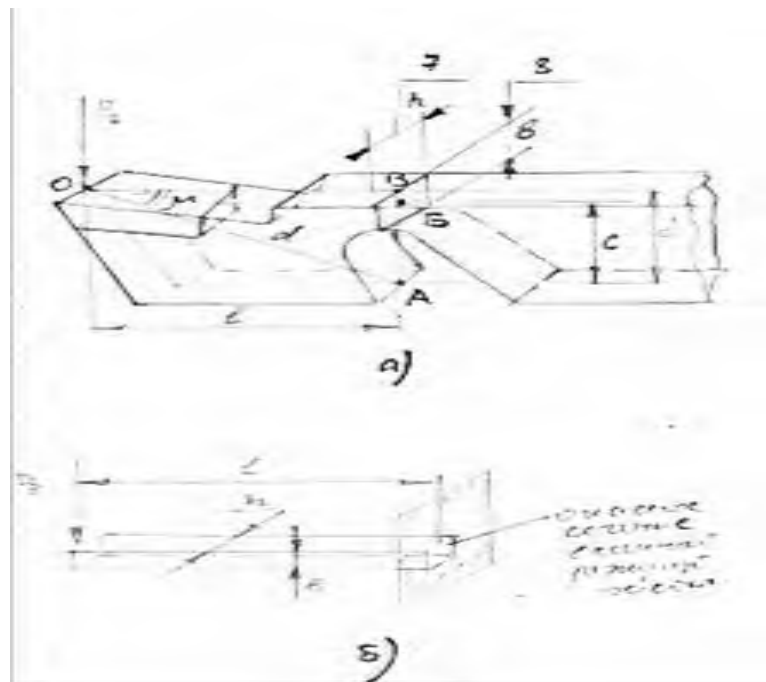


Рис. 2.8. Розрахунок на міцність змінної ріжучої частини:

а) схема до уточненого розрахунку

б) схема до спрощеного розрахунку

h, b – розміри небезпечного січення ріжучої частини;

l - відстань від точки прикладеної сили P_z до небезпечного перетину, мм

d – плече сили P_z при створенні згинаючого моменту M .

Кут μ визначається із $\triangle OBA$ (рис.2.8,а), де $l=34 \text{ мм}$ знайдено конструктивно:

					6261м.17.МР.09.02.ПЗ	Арк.
						32
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\operatorname{tg} \mu = \frac{c'}{l} = \frac{25}{34} = 0,7059; \quad \mu = 35^{\circ} 5'$$

$$\text{Звідси} \quad d = c' / \cos \mu = 24 / 0,8115 = 29,6 \text{ мм}$$

$$\text{Тоді } \sigma = \frac{P_z \cdot d \cdot \sin \mu}{c' \cdot F_0} = \frac{290 \cdot 29,6 \cdot 0,5672}{25 \cdot 56} = 3,62 \text{ кг/хв} = 36,2 \text{ МПа}$$

Допустима напруга в небезпечному перетині

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{K_3}, \text{ де}$$

σ_T - межа плинності матеріалу змінної ріжучої частини для сталі Ст.45

$$\sigma_T = 360 \text{ МПа [5];}$$

K_3 – коефіцієнт запасу; $K_3 = 1,2 \div 1,4$: прийнято $K_3 = 1,4$, тоді

$$[\sigma] = \frac{360}{1,4} = 257,1 \text{ МПа}$$

$$36,2 \leq 257,1 \text{ тобто,}$$

умови міцності $\sigma \leq [\sigma]$ змінної ріжучої частини, при прийнятих вихідних даних, виконуються.

Б. спрощений розрахунок міцності змінної ріжучої частини (рис.2.8, б)

Згинаючий момент M від дії сили P_z відносно небезпечного січення з'ясовуються за формулою

$$M = P_z \cdot l, \text{ де}$$

l – плече сили P_z .

Напруга в небезпечному січенні дорівнює:

$$\sigma = \frac{M}{I} \cdot \frac{b}{z}, \text{ де}$$

I – момент інерції небезпечного січення:

$$I = \frac{b^3 \cdot h}{12}$$

Таким чином,

$$\sigma = \frac{P_z \cdot l \cdot 12}{b^3 \cdot h} \cdot \frac{b}{z} = \frac{6 P_z \cdot l}{b^2 \cdot h} = \frac{290 \cdot 34 \cdot 6}{64 \cdot 7} = 121,5 \text{ МПа}$$

$$121,5 \leq 257,1 \text{ МПа}$$

Умови міцності $\sigma \leq [\sigma]$ також виконані, хоча згідно спрощеного

					6261м.17.МР.09.02.ПЗ	Арк.
						33
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розрахунку, не враховуючого конструктивних особливостей кріплення інструменту, напруги в небезпечному перетині значно більше.

					6261м.17.МР.09.02.ПЗ	Арк.
						34
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Технологічна частина

3.1. Аналіз заводського технологічного процесу

Заводський технологічний процес є типовим технологічним процесом і використовується при розробці одиничного (робочого) технологічного процесу.

Заводський технологічний процес розроблений в умовах одиничного виробництва. Тип виробництва пред'являє відповідні вимоги до технологічного обладнання. У одиничному виробництві технологічне обладнання не спеціалізовано та завантажується різними роботами. В завданні на дипломне проектування поставлена задача виготовлення деталей в умовах серійного виробництва, а в серійному виробництві доречно використовувати технологічне обладнання, яке характеризується робочими машинами, які є універсальними та мобільними. Універсальність характеризує здібність обладнання до переналадки на можливо більш широкий діапазон заготовок, що обробляються. Мобільність – показник швидкості переходу випуску одних виробів на інші.

Заводський технологічний процес включає в себе безліч розміточних та слюсарних операцій, у серійному виробництві існує можливість об'єднати ці дві операції в одну. Припуски на механічну обробку у типовому технологічному процесі підвищені, що значно збільшує технологічний час на виготовлення деталей.

У заводському технологічному процесі заготовка отримується поковкою, форма заготовки відрізняється від форми деталі, таким чином, коефіцієнт використання матеріалу дуже малий ($K_{BM}=0,17$) та необхідно зняти досить великий припуск.

Внаслідок вищевказаного можна зробити висновок, що заводський процес може бути використаний у якості типового технологічного процесу при розробці технологічного процесу для виготовлення деталі – вал в умовах серійного виробництва.

3.2. Вибір заготовки

Заготовка – штампована поковка, яка отримується на горизонтально-кувальній машині. Перед надходженням у механічний цех для обробки валу,

					6261м.17.МР.09.03.ПЗ	Лист
						36
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проходить попередню обробку – обдирку. Після чого має розміри і форму близькі до деталі, внаслідок чого збільшується коефіцієнт використання матеріалу.

У типовому технологічному процесі форма і розміри заготовки різко відрізняються від форми та розмірів деталі, що значно знижує коефіцієнт використання матеріалу ($K_{BM}=0,17$), а відповідно і собівартість виготовлення деталі буде збільшена.

Для встановлення величини допусків та припусків на розміри штампованої поковки необхідно встановити наступні параметри.

Точність виготовлення – характеризується класом точності. При штамповці на ГKM клас точності Т4-Т5. Приймаємо клас точності Т4.

Група сталі – М2. До групи сталі М2 відносяться сталі, які містять вуглецю від 0,35 до 0,65% або легуючих елементів від 2 до 5%. В нашому випадку сталь 40ХН2МА містить 0,37-0,44% вуглецю, відповідно група сталі М2.

Вага поковки – орієнтована величина розрахункової ваги поковки обчислюється по формулі:

$$G_{п.р} = G_d \cdot K_p,$$

де: G_d – вага деталі, кг;

$$G_d = 32,2 \text{ кг};$$

K_p – розрахунковий коефіцієнт, який установлюється відповідно з характером деталі;

$$K_p = 1,6.$$

$$\text{Тоді: } G_{п.р} = 32,2 \cdot 1,6 = 51 \text{ кг}$$

Ступінь складності поковки визначається відношенням ваги (об'єму) поковки до ваги (об'єму) фігури, у яку вписується поковка.

$$C = \frac{G_{\text{поковки}}}{G_{\text{фігури}}}$$

$$V_{\text{фігури}} = \pi r^2 h = 3,14 \cdot 14,85^2 \cdot 44,8 = 31021,3 \text{ см}^3 = 31,0213 \text{ мм}^3$$

$$G_{\text{фігури}} = V \cdot 7,83 = 31,021 \cdot 7,83 = 242,9 \text{ кг}$$

$$C = \frac{51}{242,9} = 0,210$$

					6261м.17.МР.09.03.ПЗ	Лист
						37
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результуюча величина ступені складності СЗ.

Конфігурацію роз'єму штампа приймемо «плоскою» для спрощення його конструкції.

В залежності від розрахункової ваги поковки, групи сталі, ступеню складності, класу точності поковки, встановлюємо початковий індекс [25] – 17.

Основні припуски на номінальні розміри деталі визначаємо на підставі початкового індексу.

3.3. Табличний вибір припусків

Основні припуски на номінальні розміри деталі визначаємо на підставі вихідного індексу та шорсткості поверхонь деталі по [5]. Додаткові припуски, які враховують зміщення по поверхні роз'єма штампа – 0,4; відхилення від прямолінійності – 0,8 [5].

$$d_{з 80,5}=d-2\P_{общ}d=80,5-2(2,2+0,4+0,8)=80,5-6,8=73,3 \text{ мм, приймаємо } 74 \text{ мм;}$$

$$d_{з 125}=d+2\P_{общ}d=125+2(2,4+0,4+0,8)=132,2 \text{ мм, приймаємо } 132 \text{ мм;}$$

$$d_{з 126}=d+2\P_{общ}d=126+2(2,4+0,4+0,8)=133,2 \text{ мм, приймаємо } 133 \text{ мм;}$$

$$d_{з 145}=d+2\P_{общ}d=145+2(2,4+0,4+0,8)=152,2 \text{ мм, приймаємо } 152 \text{ мм;}$$

$$d_{з 280}=d+2\P_{общ}d=280+2(2,8+0,4+0,8)=288 \text{ мм;}$$

$$L_{з 35}=L+2\P_{общ}L_1=35+2(2+0,4+0,8)=41,4 \text{ мм, приймаємо } 41 \text{ мм;}$$

$$L_{з 448}=L+2\P_{общ}L_2=448+2(3+0,4+0,8)=456,4 \text{ мм, приймаємо } 456 \text{ мм;}$$

$$L_{з 184}=L+\P_{общ}L_3=184+2,6+0,4+0,8=187,8 \text{ мм, приймаємо } 188 \text{ мм.}$$

Згідно з ескізом заготовки

$$V=V_1+V_2+V_3+V_4+V_5, \text{ м}^3$$

$$V_n = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \cdot hn$$

$$G = V \cdot j \cdot 10^3 = \text{м}^3 \cdot \frac{m}{\text{м}^3} \cdot 10^3 = \text{кг}$$

$$V_n = \frac{3,14(0,132^2 - 0,074^2)}{4} \cdot 0,188 + \left[2 \left(\frac{3,14(0,288^2 - 0,074^2)}{4} \right) \cdot 0,041 \right] + \frac{3,14(0,133^2 - 0,074^2)}{4} \cdot$$

$$0,064 + \frac{3,14(0,152^2 - 0,074^2)}{4} \cdot 0,122 = 9,23 \text{ м}^3$$

$$G_3 = V \cdot j = 9,23 \cdot 7,83 \cdot 10^3 = 70,8 \text{ кг}$$

					6261м.17.МР.09.03.ПЗ	Арк.
Ізм.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$$M=(D-S) \times S \times 0.02466=2,16 \text{ кг.}$$

$$M_3=70,8+2,16=72,98 \text{ кг.}$$

Норма витрат матеріалу

$$G_{3п} = G_3(100+П)/100=72,98(100+10)/100=80,08 \text{ кг.}$$

Для отримання зразків на механічні дослідження при перевірці якості матеріалу вала, в конструкції заготовки передбачено кільце у правого торця вала. Після отримання заготовки на заготівковій ділянці відбувається відрізка цього кільця, виготовлення з нього зразків та перевірка якості матеріалу деталі вала. Розміри кільця: висота – 20 мм, зовнішній діаметр -152 мм, внутрішній діаметр -74 мм.

$$K_{BM} = \frac{32,2}{72,8} = 0,44$$

3.4. Розрахунок вартості основних матеріалів

Витрати на основні матеріали визначаються виходячи з величини заданого річного випуску продукції, прогресивних норм розходу матеріалів на одиницю продукції, норм відходів та договірних цін на матеріали і відходи.

Витрати на основні матеріали по одному виробу:

$$M = K_{ТЗ} \cdot m \cdot Ц_{м} - q \cdot Ц_{отх} ,$$

де $K_{ТЗ}$ – коефіцієнт, який враховує транспортно-заготовчі витрати,

$$K_{ТЗ}=1,06 \div 1,09;$$

m – вага заготовки, кг;

$Ц_{м}$ – ціна матеріалу заготовки, грн./кг;

$$Ц_{м}=2,53 \text{ грн.};$$

q – вага відходів при виготовленні деталі із заготовки;

$$q=56,6-30=26,6 \text{ кг};$$

$Ц_{отх}$ – ціна відходів, що реалізуються, грн./кг;

$$Ц_{отх}=0,7 \text{ грн.}$$

$$M = 1,06 \cdot 72,8 \cdot 2,53 - 26,6 \cdot 0,7 = 175,8 \text{ грн.}$$

					6261м.17.МР.09.03.ПЗ	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Розрахунок витрат на основні матеріали зводимо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Розрахунок витрат на основні матеріали

Найменування деталей по програмі	Річна програма, шт.	Марка матеріалу за ДСТУ 7806:2015	Норма витрат на одиницю, кг	Розхід на програму, кг	Ціна 1 т., грн.	Сума, грн.	Вага відходів на одну деталь, кг	Вага відходів на програму, кг	Ціна реалізації 1 т. відходів, грн.	Сума від реалізації відходів (у розрахунку на річну програму), грн.	Підсумок затрат на матеріали за винятком реалізованих відходів, грн.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Вал	10 000	40XH2MA	80,08	599 900	42 120	25 267 788	26,6	266 000	2 568	683 088	24 584 700

3.5. Розробка маршрутної та операційної технології

Технологічний процес обробки характеризується наступними умовами:

1. розміром виробничої програми,
2. розмірами та технологічністю програми,
3. матеріалом та його властивостями,
4. формою, розмірами та точністю виготовлення заготовки,
5. типом обладнання та технологічної оснастки,
6. вимогами найбільшої економічності та продуктивності праці.

При розробці маршрутної технології використовують деякі загальні положення:

- насамперед необхідно обробляти ті поверхні заготовки, які при наступних

					6261м.17.МР.09.03.ПЗ	Арк.
Ізм.	Аок.	№ докум.	Підпис	Дата		40

операціях будуть використані в якості базових;

- потім з метою найскорішого виявлення внутрішніх дефектів заготовки оброблюють поверхні, які мають найбільші припуски;
- далі, послідовність операцій залежить від потрібної точності поверхні, чим точніше повинна бути поверхня, тим пізніше вона підлягає обробці, тобто найбільш точні поверхні оброблюються останніми;
- необхідно прямувати до скорочення числа переустановок деталі на верстаті та з верстата на верстат, до скорочення транспортного шляху заготовок.

Враховуючи всі необхідні вимоги, розроблений поопераційний план обробки, призначимо технологічні установочні бази.

Для виготовлення деталі вал розроблений наступний маршрут обробки.

Таблиця 3.2

Маршрут обробки валу

№ і найменування операції	Обладнання, яке застосовується	Пристрої
1	2	3
005 Контрольна	Стіл контролера	
010 Токарна	Верстат токарно-гвинторізний 16K20	Патрон 3-х кулачковий ГОСТ 24351-80, центр обертальний ГОСТ 8742-75
015 УЗК	Ультразвуковий дефектоскоп ДУК-66	
025 Токарна	Верстат токарно-гвинторізний 16K20Ф3С32	Патрон 3-х кулачковий ГОСТ 24351-80, центр обертальний ГОСТ 8742-75, люнет рухомий
030 Контрольна	Стіл контролера	
035 Розміточна	Верстат слюсарний Р-4-68-107-001	Розміточна плита ГОСТ 10905-86

					6261м.17.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						41
Ізм.	Аок.	№ докум.	Підпис	Дата		

040 Фрезерувальна	Верстат вертикально-фрезерний 6Н13П	Оправка спеціальна
045 Шліфувальна	Верстат круглошліфувальний 3У142	Оправка спеціальна
050 Зубодовбальна	Верстат зубодовбальний 5140	Планшайба спеціальна
055 Слюсарна	Верстат слюсарний Р-4-68-107-001	Лещата слюсарні ГОСТ 4045-75
060 Контрольна	Стіл контролера	
065 Лудіння		
070 Термічна		
075 Контрольна	Стіл контролера	Прилад ПМТ-3
080 Токарна	Верстат токарно-гвинторізний 16К20Ф3С32	Патрон 3-х кулачковий ГОСТ 24351-80, центр обертальний ГОСТ 8742-75, люнет рухомий
085 Розміточна	Верстат слюсарний Р-4-68-107-001	Розміточна плита ГОСТ 10905-86
090 Фрезерувальна	Верстат вертикально-фрезерувальний 6Н13П	Призми ГОСТ 12195-66
095 Розточувальна	Верстат горизонтально-розточувальний 2М615	Призми ГОСТ 12195-66
100 Довбальна	Верстат довбальний 7Д430	Планшайба спеціальна
105 Слюсарна	Верстат слюсарний Р-4-68-107-001	Лещата слюсарні ГОСТ 4045-75
110 Шліфувальна	Верстат круглошліфувальний	Оправка спеціальна

	ЗУ142	
Продовження табл.3.2		
115 Магнітний контроль	Магнітний дефектоскоп УМДЕ-2500	
120Протирочна		
125 Контрольна	Стіл контролера	
130 Латунювання		
135 Фосфотація		

3.6. Аналітичний розрахунок припусків

Аналітичний розрахунок припусків зробимо на зовнішній діаметр Ø125h14 та внутрішній діаметр Ø80,5H7.

Розрахунок припуску на зовнішній діаметр Ø125h14.

Знаходимо складові елементи припуску. Допуск на розмір заготовки $T_{D3}=5500$ мкм. Технологічний допуск при чорновому точінні (14 квалітет) $T_{D1}=1000$ мкм.

Припуск на чорнове точіння:

$$2Z_{min} = 2 \left(R_{z0} + h_0 + \sqrt{\rho_0^2 + \varepsilon_{b1}^2} \right),$$

де: R_{z0} – висота нерівностей профілю на попередньому переході – заготовці;

$R_{z0}=320$ мкм;

h_0 – глибина дефектного шару на попередньому переході – заготовці;

$h_0=350$ мкм;

ρ_0 – сумарне значення просторових відхилень на попередньому переході – заготовці.

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{екс}^2 + \rho_{сзміщ}^2}$$

$\rho_{екс}=3200$ мкм;

$\rho_{зміщ}=750$ мкм;

$$\rho_0 = \sqrt{3200^2 + 750^2} = \sqrt{10240000 + 562500} = 3286,7 \text{ мкм}$$

					6261м.17.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						43
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ε_{B1} – погрішність установки та закріплення на даному переході;

$\varepsilon_{B1}=0$ мкм.

$$2Z_{1\min} = 2 \left(320 + 350 + \sqrt{3287^2} \right) = 2(670 + 3287) = 7914 \text{ мкм} = 7,9 \text{ мм}$$

$$2Z_{1\max} = 2Z_{1\min} + TD_3 - TD_i = 7917 + 5500 - 1000 = 12917 \text{ мкм} = 12,4 \text{ мм}$$

Таблиця 3.3

Міжопераційні розміри

Назва розрахункового розміру	Позначення	Числове значення, мм
1	2	3
Діаметр по кресленню	$D_{кр}$	$\varnothing 125h14$
Припуск на чорнове точіння	$2Z_{1\max}$	12,4
	$2Z_{1\min}$	7,9
Розрахунковий діаметр заготовки	$D_0 \text{ розр.}$	
$D_0 \text{ розр. max} = 125 + 12,4 = 137,4$	$D_0 \text{ розр. max}$	137,4
$D_0 \text{ розр. min} = 125 + 7,9 = 132,9$	$D_0 \text{ розр. min}$	132,9
Прийнятий діаметр заготовки	D_0	133

Розрахунок припуску на внутрішній діаметр $\varnothing 80,5H7$.

Знаходимо складові елементи припуску. Допуск на розмір заготовки $TD_3=5000$ мкм. Технологічний допуск при чорновому точінні $TD_1=350$ мкм. Технологічний допуск при чистовому точінні $TD_2=87$ мкм.

Припуск на чорнове точіння:

$$2Z_{1\min} = 2 \left(R_{z0} + h_0 + \sqrt{\rho_0^2 + \varepsilon_{B1}^2} \right),$$

де: R_{z0} – висота нерівностей профілю на попередньому переході – заготовці;

$R_{z0}=320$ мкм;

h_0 – глибина дефектного шару на попередньому переході – заготовці;

$h_0=350$ мкм;

ρ_0 – сумарне значення просторових відхилень на попередньому переході – заготовці;

					6261м.17.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						44
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{\text{екс}}^2 + \rho_{\text{зміщ}}^2}$$

$\rho_{\text{екс}}=2000$ мкм;

$\rho_{\text{зміщ}}=750$ мкм;

$$\rho_0 = \sqrt{2000^2 + 750^2} = \sqrt{4000000 + 562500} = 2136 \text{ мкм}$$

$$2Z_{1 \min} = 2 \left(320 + 350 + \sqrt{2136^2} \right) = 2(670 + 2136) = 5612 \text{ мкм} = 5,6 \text{ мм}$$

$$2Z_{1 \max} = 2Z_{1 \min} + TD_0 - TD_1 = 5612 + 5000 - 350 = 10262 \text{ мкм} = 10,3 \text{ мм}$$

Припуск на чистове точіння:

$$2Z_{2 \min} = 2 \left(R_{Z1} + h_1 + \sqrt{\rho_1^2 + \varepsilon_{B2}^2} \right),$$

де: R_{Z1} – висота нерівностей профілю на попередньому переході – після чорнового точіння;

$R_{Z1}=125$ мкм;

h_1 – глибина дефектного шару на попередньому переході;

$h_1=120$ мкм;

$$\rho_1 = 0,06 \cdot \rho_0 = 0,06 \cdot 2136 = 128,16 \text{ мкм}$$

$\varepsilon_{B2}=0$;

$$2Z_{2 \min} = 2 \left(125 + 120 + \sqrt{128,16^2} \right) = 746,3 \text{ мкм} = 0,7 \text{ мм}$$

$$2Z_{2 \max} = 2Z_{2 \min} + TD_1 - TD_2 = 746,3 + 350 - 87 = 1009,3 \text{ мкм} = 1 \text{ мм}$$

Таблиця 3.4

Міжопераційні розміри

Назва розрахункового розміру	Позначення	Числове значення, мм
1	2	3
Діаметр по кресленню	$D_{\text{кр}}$	$\varnothing 80,5h9$
Припуск на чистове точіння	$2Z_{2 \max}$	1
Діаметр після чистового точіння	$2Z_{2 \min}$	0,7
$D_{1 \max} = D - 2Z_{2 \max} = 80,5 - 1 = 79,5$	$D_{1 \max}$	79,5
$D_{1 \min} = D - 2Z_{2 \min} = 80,5 - 0,7 = 79,8$	$D_{1 \min}$	$79,8^{-0,087}$

					6261м.17.МР.09.03.ПЗ	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Припуск на чорнове точіння	$2Z_{1 \max}$	10,3
	$2Z_{1 \min}$	5,6
Продовження табл.3.4		
Розрахунковий діаметр заготовки	$D_0 \text{ розр.}$	
$D_0 \text{ розр. max} = D_{1 \max} - 2Z_{1 \max} = 95,5 - 10,3 = 69,2 \text{ мм}$	$D_0 \text{ розр. max}$	69,2
$D_0 \text{ розр. min} = D_{1 \min} - 2Z_{1 \min} = 79,8 - 5,6 = 74,2 \text{ мм}$	$D_0 \text{ розр. min}$	74,2
Прийнятий діаметр заготовки	D_0	74

3.7. Аналітичний розрахунок режимів різання

Аналітичний розрахунок режимів різання проводимо на дві різнохарактерні операції: фрезерну та токарну.

3.7.1. Розрахунок режимів різання на фрезерну операцію

На вертикально-фрезерному верстаті моделі 6Н13П фрезеруються три лиски, розташовані під кутом 120° , шириною 12 мм. Припуск на обробку $h=7,5$ мм. Шорсткість поверхні $Ra=10$ мкм. Гнучкістю технологічної системи (верстат – пристрій – інструмент – заготовка) нехтуємо.

Вибір ріжучого інструмента. Встановлюємо значення геометричних параметрів кінцевої фрези по ГОСТ 17026-71. Матеріал фрези – твердий сплав Т15К6 по ГОСТ 3882-74.

Діаметр фрези $D = 1,5 \cdot b = 1,5 \cdot 12 = 18$ мм. Приймаємо стандартну фрезу діаметром $D = 18$ мм з числом зубців $Z=3$. Значення геометричних параметрів фрези: $\varphi=60^\circ$; $\varphi_0=30^\circ$; $\varphi_1=5^\circ$; $\alpha=15^\circ$; $\gamma=-5^\circ$; $\lambda=12^\circ$.

Назначаємо режими різання:

1. Встановлюємо глибину різання. Припуск знімаємо за два проходи, відповідно $t = h/2 = 7,5/2 = 3,75$ мм
2. Назначаємо подачу. Вихідною величиною подачі при фрезеруванні є величина її на один зуб S_z . Для досягнення шорсткості поверхні $Ra=10$ мкм рекомендується подача $S_z=0,03-0,05$ мм/зуб.

					6261м.17.МР.09.03.ПЗ	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Для жорсткої технологічної системи приймаємо верхню границю подачі
 $S_z=0,05$ мм/зуб.

3. Для фрези з $D=18$ мм назначаємо період стійкості $T=80$ хв.

4. Визначаємо швидкість різання v м/хв., яка допускається ріжучими властивостями фрези.

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

де:

$$C_v=145;$$

$$u=0,1;$$

$$q=0,44;$$

$$p=0,13;$$

$$x=0,24;$$

$$m=0,37.$$

$$y=0,26;$$

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, який обраховує фактичні умови різання:

$$K_v = K_{mV} \cdot K_{nV} \cdot K_{uV} ,$$

де: K_{mV} – коефіцієнт, який обраховує якість матеріалу, що обробляється

$$K_{mV} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$$

$$K_r=1,0;$$

$$n_v=1,0;$$

$$K_{mV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{835} \right)^1$$

K_{nV} – коефіцієнт, який обраховує стан поверхні заготовки;

$$K_{nV}=1,0;$$

K_{uV} – коефіцієнт, який обраховує матеріал інструмента;

$$K_{uV}=1,0;$$

$$K_v = 0,8982 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,8982$$

$$V = \frac{145 \cdot 18^{0,44}}{80^{0,37} \cdot 3,75^{0,24} \cdot 0,05^{0,26} \cdot 12^{0,1} \cdot 3^{0,13}} \cdot 0,8982$$

$$= \frac{145 \cdot 3,568}{5,06 \cdot 1,373 \cdot 0,459 \cdot 1,282 \cdot 1,153} \cdot 0,8982 = 98,59 \text{ м/хв.}$$

					6261м.17.МР.09.03.ПЗ	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

5. Визначаємо частоту обертання шпинделя верстата

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 98,59}{3,14 \cdot 18} = 1744,3 \text{ об/хв}$$

Корегуємо частоту обертання шпинделя за паспортними даними верстата $n_g=1500$ об/хв.

6. Знаходимо дійсну швидкість різання

$$V_g = \frac{\pi \cdot D \cdot n_g}{1000} = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 1500}{1000} = 94,2 \text{ м/хв}$$

7. Обчислюємо хвилинну подачу

$$S_x = S_z \cdot Z \cdot n_g = 0,05 \cdot 3 \cdot 1500 = 225 \text{ мм/хв}$$

Коректуємо хвилинну подачу за паспортними даними верстата $S_{xg}=190$ мм/хв.

8. Визначаємо силу різання

$$P_z = \frac{10 C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp},$$

де: Z – число зубців фрези;

n – частота обертання фрези, об/хв.;

$C_p=12,5$;

$x=0,85$;

$y=0,75$;

$u=1,0$;

$q=0,73$;

$w=-0,13$;

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n$$

$n=0,75$;

$$K_{mp} = \left(\frac{835}{750} \right)^{0,75} = 1,084$$

$$\begin{aligned} P_z &= \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 3,75^{0,85} \cdot 0,05^{0,75} \cdot 12^1 \cdot 3}{18^{0,73} \cdot 1500^{-0,13}} \cdot 1,084 \\ &= \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 3,076 \cdot 0,106 \cdot 12 \cdot 3}{8,248 \cdot 0,3865} \cdot 1,084 = 460,3 \text{ Н} \\ &(\approx 46 \text{ кгс}) \end{aligned}$$

					6261м.17.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						48
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Визначаємо потужність, яка втрачається на різання

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{46 \cdot 94,2}{1020 \cdot 60} = 0,071 \text{ кВт}$$

10. Визначаємо потужність привода верстата

У верстата моделі 6Н13П потужність $N=10$ кВт. При ККД $\eta=0,75$ маємо $N_{\text{шп}}=N \cdot \eta=10 \cdot 0,75$ кВт, відповідно обробка можлива, оскільки $N_{\text{шп}} > N_{\text{різ}}$.

11. Визначення основного часу обраховується по формулі:

$$T_0 = \frac{L}{Sx}$$

де: $L=l+y+\Delta$; $l=50$ мм; $y=D=18$ мм; $\Delta=4$ мм – величина збігу,

$$T_0 = \frac{72}{190} = 0,38 \text{ хв}$$

$$T_0 = 0,38 \cdot 3 = 1,14 \text{ хв}$$

3.7.2. Розрахунок режимів різання на токарну операцію

На токарному верстаті 16К20ФЗС32 проводиться чистове точіння з $\varnothing 127,5$ мм до $\varnothing 125$ мм. Спосіб закріплення деталі у 3-х кулачковому патроні з пневмоприводом з упором у торець, з підтисканням центром, що обертається. Параметр шорсткості $Ra=2,5$ мкм.

Обираємо різець та встановлюємо його геометричні елементи. Приймаємо токарний проходний різець. Матеріал робочої частини пластини – твердий сплав Т15К6. Матеріал корпуса різця – сталь 45. Геометричні елементи різця $\varphi=60^\circ$; $\varphi_1=10^\circ$; $\alpha=8^\circ$; $\gamma=10^\circ$; $r=1$ мм. Форма передньої поверхні різця плоска.

Назначаємо режим різання.

1. Встановлюємо глибину різання. Припуск на обробку видаляємо за два проходи

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{127,5 - 125}{2} = 1,25 \text{ мм}$$

2. Назначаємо подачу.

Подачу при чистовому точінні вибирають у залежності від потрібних параметрів шорсткості поверхні, що обробляється

					6261м.17.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						49
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S = 0,32 \text{ мм/об}$$

3. Назначаємо період стійкості різця $T=60$ хв.

4. Визначаємо швидкість головного руху різання.

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

де: $C_v=420$;

$x=0,15$;

$y=0,20$;

$m=0,20$;

K_v – добуток ряду коефіцієнтів;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi} \cdot K_r,$$

де: K_{mv} – коефіцієнт, який обраховує якість матеріалу, що обробляється;

$$K_{mv} = K_r = \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$$

K_r – коефіцієнт, який характеризує групу сталі по оброблюваності;

$K_r=0,8$;

$$K_{mv} = 0,8 \left(\frac{750}{835} \right)^1 = 0,8 \cdot 0,898 = 0,718$$

K_{nv} – коефіцієнт, який відображає стан поверхні заготовки;

$K_{nv}=0,8$;

K_{uv} – коефіцієнт, який обраховує якість матеріалу інструмента;

$K_{uv}=1,0$;

K_{φ} – коефіцієнт кута у плані різця;

$K_{\varphi}=0,9$;

K_r – коефіцієнт радіуса при вершині різця;

$K_r=1,0$;

$$K_v = 0,718 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,52$$

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,63^{0,15} \cdot 0,3^{0,20}} \cdot 0,52 = \frac{420}{2,268 \cdot 0,937 \cdot 0,786} \cdot 0,52 = 130,7 \text{ м/хв}$$

5. Визначаємо частоту обертання шпинделя.

					6261м.17.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						50
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 130,7}{3,14 \cdot 127,5} = 326,5 \text{ об/хв}$$

Коректуємо отриману частоту обертання шпинделя за паспортними даними верстата $n_g=315$ об/хв.

6. Визначаємо дійсну швидкість різання

$$V_g = \frac{\pi \cdot D \cdot n_g}{1000} = \frac{3,14 \cdot 127,5 \cdot 315}{1000} = 126,1 \text{ м/хв}$$

7. Визначаємо потужність, яка втрачається на різання

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot V_g}{60 \cdot 1020}, \text{ кВт}$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_{pz},$$

де: $C_p=300$;

$x=1,0$;

$y=0,75$;

$n=-0,15$;

K_{pz} —загальний поправочний коефіцієнт, який обраховує змінні по порівнянню з табличними умовами різання, представляє собою добуток з ряду коефіцієнтів

$$K_{pz} = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{rp}$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{835}{750} \right)^{0,75} = 1,113^{0,75} = 1,084$$

$K_{\varphi p}=0,94$;

$K_{\lambda p}=1,0$;

$K_{\gamma p}=1,0$;

$K_{rp}=1,0$;

$$K_{pz} = 1,084 \cdot 0,94 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,019$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,63^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 126,1^{-0,15} \cdot 1,019 =$$

$$= 10 \cdot 300 \cdot 0,63 \cdot 0,405 \cdot 0,48 \cdot 1,019 = 374,4 \text{ Н } (\approx 37,4 \text{ кгс})$$

$$N_{\text{різ}} = \frac{37,4 \cdot 126,1}{60 \cdot 1020} = 0,77 \text{ кВт}$$

$$8. N_{\text{шп}} = N_g \cdot \eta = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт}$$

					6261м.17.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						51
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$N_{\text{різ}} < N_{\text{шп}}$ —обробка можлива.

9. Розраховуємо основний час

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i = \frac{10}{315 \cdot 0,3} \cdot 2 = 0,198 \text{ хв.}$$

3.8. Технічне нормування операцій

3.8.1. Розрахунок норм часу на фрезерувальну операцію

$$T_{\text{шт}} = T_0 + T_{\text{в}} + T_{\text{обсл}} + T_{\text{отл}}, \text{ хв.},$$

де: T_0 – основний час, який витрачається на досягнення мети даної технологічної операції або переходу по якісній або кількісній зміні предмету праці

$$\sum T_0 = 1,14 + 1,29 = 2,43 \text{ хв.}$$

$T_{\text{в}}$ – допоміжний час, частина штучного часу на здійснення дій, які створюють можливість виконання основної праці, хв.

$$T_{\text{в}} = T_{\text{в уст}} + T_{\text{в оп}} + T_{\text{в ізм}}, \text{ хв.},$$

де: $T_{\text{в уст}}$ – допоміжний час на установку та знімання деталі, хв.

Деталь кріпиться у призмах

$$T_{\text{в уст}} = 0,29 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{в оп}} = 0,47 + 0,47 = 0,94 \text{ хв.}$$

$T_{\text{в ізм}}$ – допоміжний час зв'язаний з вимірюванням, хв.;

$$T_{\text{в ізм}} = 0,27 \cdot 2 = 0,54 \text{ хв.}$$

(вимірювальний інструмент – мікрометр).

$$T_{\text{в}} = 0,29 + 0,94 + 0,54 = 1,77 \text{ хв.}$$

$T_{\text{обсл}}$ – час технічного та організаційного обслуговування – частина штучного часу, який витрачається на підтримання технічних засобів у робочому стані та догляд за робочим місцем у процесі виконання операції. Цей час встановлюється у відсотках від $T_{\text{опер}}$ та залежить від типа обладнання на якому виконується операція.

$$T_{\text{опер}} = T_0 + T_{\text{в}} = 2,43 + 1,77 = 4,2 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{обсл}} = 4,2 \cdot 3\% = 0,126 \text{ хв.}$$

$T_{\text{отл}}$ – частина штучного часу, яка витрачається робочим на додатковий

					6261м.17.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						52
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відпочинок при утомливих роботах та особисті потреби. Це час, який обраховується у відсотках та залежить від виду подачі та оперативного часу.

$$T_{отл} = 4,2 \cdot 4\% = 0,168 \text{ хв.}$$

$$T_{шт} = 2,43 + 1,77 + 0,126 + 0,168 = 4,49 \text{ хв.}$$

$$T_{п.з} = T_{п.з 1} + T_{п.з 2} + T_{п.з 3}$$

$T_{п.з}$ – час, який втрачається на підготовку виконавця або виконавців та засобів технічного оснащення до виконання технологічної операції та приведення їх у порядок після закінчення зміни і (або) виконання цієї операції для партії предметів праці.

$T_{п.з 1}$ – табличний час на налагодження верстата, інструмента та пристроїв, хв.;

$$T_{п.з 1} = 19 \text{ хв.};$$

$T_{п.з 2}$ – табличний час на додаткові прийоми, хв.;

$$T_{п.з 2} = 4 \text{ хв.};$$

$T_{п.з 3}$ – табличний час на отримання інструмента та пристроїв до початку і здачу їх після завершення обробки, хв.;

$$T_{п.з 3} = 7 \text{ хв.};$$

$$T_{п.з} = 19 + 4 + 7 = 30 \text{ хв.}$$

3.8.2. Розрахунок норм часу на токарну операцію з ЧПК

$$T_{шт} = (T_{ц.а} + T_{в} + K_{тв}) \left(1 + \frac{a_{тех} + a_{отл} + a_{орг}}{100} \right), \text{ хв. },$$

де: $T_{ц.а}$ – час циклу автоматичної праці верстата по програмі, хв.;

$$T_{ц.а} = T_0 + T_{м.в}, \text{ хв.}$$

$T_{м.в}$ – машино-допоміжний час по програмі на підвід деталі або інструмента від початкових точок у зони обробки та відвід, установка інструменту, зміни величини та напрямку подачі, час технологічних перерв, зупинок, хв.;

$$\sum T_0 = 41,75 \text{ хв.}$$

$$T_{м.в} = 0,3 \cdot T_0 = 0,3 \cdot 41,75 = 12,53 \text{ хв.}$$

$$T_{ц.а} = 41,75 + 12,53 = 54,28 \text{ хв.}$$

$$T_{в} = T_{в уст} + T_{в оп} + T_{в ізм}, \text{ хв.}$$

					6261м.17.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						53
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Деталь кріпиться у 3-х кулачковому патроні з пневматичним затисканням з підтисканням центром задньої бабки, тоді $T_{в.у}=0,44$ хв.

$$T_{в.переуст} = 0,44 \cdot 0,8 = 0,35 \text{ хв.}$$

По закінченні обробки зовнішніх поверхонь, деталь переустановлюється на люнет, тоді $T_{в.уст} = 1,25$ хв.; $T_{в.переуст} = 1,25 \cdot 0,8$ хв.

Обираємо допоміжний час на операцію:

- встановити задане взаємне положення деталі та інструмента по координатам і у випадку необхідності провести підналадку – 0,32 хв.;
- перевірити прихід деталі й інструменту у задану точку після обробки – 0,15 хв.;
- встановити і зняти щиток від забризкування емульсією – 0,03 хв.

$$T_{в.оп} = 0,32 + 0,15 + 0,03 = 0,5 \text{ хв.}$$

Після токарної обробки робочий контролює розміри деталі наступними вимірювальними інструментами:

- штангенглубіномір 0÷200 ГОСТ 162-80 – 0,88 хв.;
- мікромір МК-300 ГОСТ 6507-78 – 1,14 хв.;
- радіусомір ГОСТ 4126-88 – 0,55 хв.;
- кільце різьбове ГОСТ 17765-72 – 1,08 хв.;
- штангенциркуль ГОСТ 166-88 – 0,78 хв.;
- кутомір ГОСТ 5578-88 – 0,6 хв.;
- нутромір мікрометричний ГОСТ 10-88 – 0,57 хв.

$$T_{в.ізм} = 0,88 + 1,14 + 0,55 + 1,08 + 0,78 + 0,8 + 0,57 = 5,8 \text{ хв.}$$

$$T_{в} = 0,44 + 0,35 + 1,25 + 1 + 0,5 + 5,8 = 9,34 \text{ хв.}$$

$K_{тв}$ – поправочний коефіцієнт на час виконання ручної допоміжної праці у залежності від партії деталей, що обробляються;

$$K_{тв}=1;$$

$a_{тех}$, $a_{орг}$, $a_{отл}$ – час на технічне та організаційне обслуговування робочого місця, на відпочинок та особисті потреби при одноверстатному обслуговуванні, у відсотках від оперативного часу;

					6261м.17.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						54
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{отл}} = 8\%$$

$$T_{\text{шт}} = (54,28 + 9,34 + 1) \left(1 + \frac{8}{100}\right) = 63,6 \cdot 1,08 = 68,7 \text{ хв.}$$

$T_{\text{п.з 1}}$ – отримати наряд, креслення, технологічну документацію, ріжучий та допоміжний інструмент, пристосування, заготовки виконавцем до початку та здати їх після закінчення обробки партії деталей – 4 хв.;

– ознайомитись з працею, кресленням, технологічною документацією, оглянути заготовки – 2,0 хв.;

– інструктаж майстра – 2,0 хв.;

Підсумок $T_{\text{п.з 1}} = 4 + 2 + 2 = 8 \text{ хв.}$

$T_{\text{п.з 2}}$ – встановити та зняти центр – 1,2 хв.;

– встановити та зняти люнет – 4,0 хв.;

– встановити початкові режими праці верстата – 0,2 хв.;

– встановити програмоносій у пристрій для зчитування та зняти – 1,0 хв.;

– ввести програму у пам'ять системи у ЧПК з програмоносія – 1,2 хв.;

– набрати програму кнопками (перемикачами) на пульті управління пристрою ЧПК та перевірити її – 0,4 хв.;

– встановити початкові координати X, Z (настроїти нульове положення) – 2,5 хв.;

– настроїти пристрій для подавання ЗОР – 0,3 хв.

Підсумок: $T_{\text{п.з 2}} = 4 + 0,2 + 1,0 + 1,2 + 0,4 + 2,5 + 0,3 = 9,6 \text{ хв.}$

$$T_{\text{п.з 2}} = 8 + 9,6 = 17,6 \text{ хв.}$$

3.9. Вибір та обґрунтування технологічних баз

Для забезпечення високої ефективності та точності механічної обробки суттєвий вплив виявляє правильність вибору технологічних баз. При виборі баз керуються наступними правилами:

– у якості чорнових баз використовувати ті поверхні, які не обробляються або мають мінімальний припуск;

– база для першої операції повинна обиратися на підставі забезпечення кращих умов обробки поверхонь, які приймаються у подальшому в якості технологічних

					6261м.17.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						55
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

баз;

- чорнова база використовується тільки один раз;
- в якості установочної бази приймають такі поверхні, які дозволяють вести обробку великої кількості поверхонь з одною установкою та забезпечують простоту конструкції установочних елементів пристосування;
- обрані технологічні бази повинні спільно з затискними пристроями забезпечити надійне, міцне кріплення деталі та незмінність її положення під час обробки;
- при виборі баз необхідно дотримувати принцип постійності та сполучення баз.

На рис.3.1, а) вказана схема базування деталі при токарній операції; б) схема закріплення деталі при токарній операції.

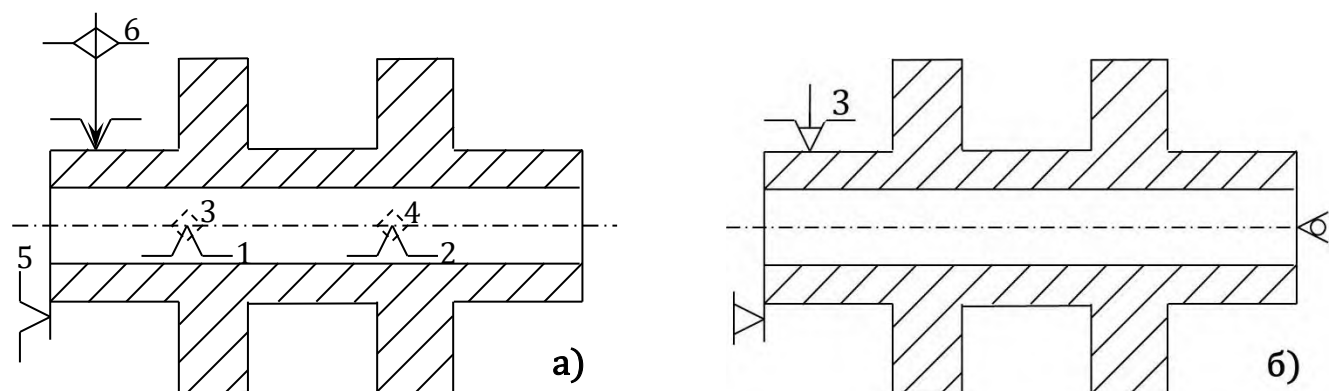


Рис.3.1. Схема установки деталі: а) схема базування деталі при токарній операції; б) схема закріплення деталі при токарній операції.

Бази для обробки валу

Таблиця 3.5

№ та назва операції	Технологічні бази	
1	2	
010 Токарна	Установ 1,2	
	Установ 1. Схема закріплення – у 3-х кулачковому патроні з	

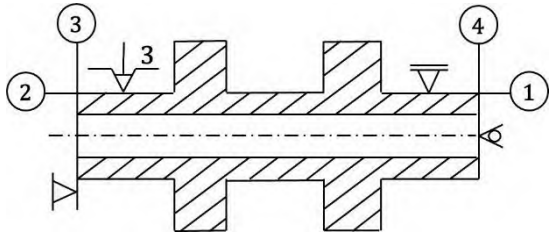
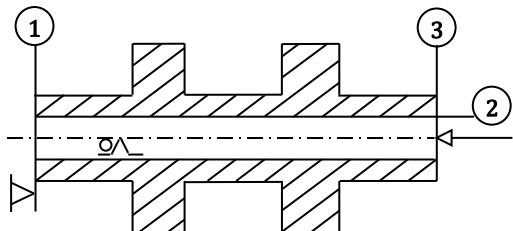
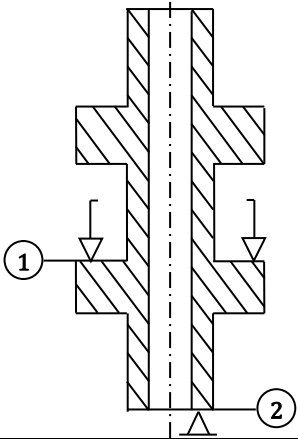
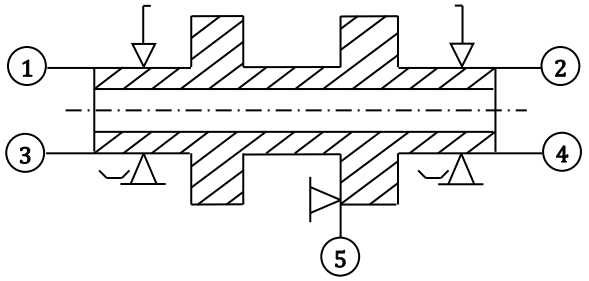
					притисненням заднім центром. Установочною базою служить поверхня ②, опорна база – торець ③. Задній центр виступає у ролі додаткової бази. Установ 2. Схема закріплення деталі така ж. Установочною базою служить поверхня ④. Опорна база – торець ①. Додаткова база – задній центр.	
					Продовження табл.3.5	
1					2	
025 Токарна					Установ 1 та установ 2 такі ж як в операції 010. Установ 3, 4 	
					Схема закріплення – у 3-х кулачковому патроні та люнеті. Установ 3. Установочною базою служить поверхня ②. Опорна база – торець ③. Додаткова база – поверхня ①. Установ 4. Установочною базою служить поверхня ①. Опорна база – торець ④. Додаткова база – поверхня ②.	
040 Фрезерувальна 045 Шліфувальна 110 Шліфувальна					Установ 1.  Опорною базою служить торець ①. Поверхня ② – установочна база. Додаткова база – це торець ③.	
050 Зубодовбальна 100 Довбальна					Установ 1.	
					6261м.17.МР.09.03.ПЗ	
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
					Арк.	57

	Схема закріплення деталі – планшайба спеціальна. Установочною базою служить торець ②. Торець ① служить опорою базою. 
080 Токарна	Установ 1, 2 – такі ж як в операції 010. Установ 3, 4 – такі ж як в операції 025.
	Продовження табл.3.5
1	2
090 Фрезерувальна 095 Розточувальна	Установ 1 
	Схема закріплення деталі – у призмах. Установочною базою служить поверхня ③ та ④. Опорною базою служать поверхні ① та ②. Додаткова база – торець ⑤.

3.10. Обґрунтування та вибір обладнання

Технологічне обладнання – засоби виробництва, у яких для виконання визначної частини технологічного процесу розташовуються матеріали або заготовки, засоби взаємодії на них, а також технологічна оснастка та при необхідності джерело енергії.

При виборі обладнання для кожної технологічної операції необхідно враховувати наступні основні фактори: обсяг випуску деталей, тип виробництва, розміри деталі, розміри та розташування поверхонь, що обробляються, вимоги до точності, шорсткості поверхні та економічності обробки, необхідність найбільш повного використання верстатів по потужності та по завантаженню, простоту їх

					6261м.17.МР.09.03.ПЗ	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

обслуговування та ступінь використання. Для зручності обладнання, що використовується при виготовлення валу занесемо у таблицю 3.6.

Технологічне обладнання для виготовлення валу

Таблиця 3.6

Назва операції	Найменування верстата	Модель верстата	Основні розміри, мм	Потужність, кВт
1	2	3	4	5
010 Токарна	Токарно-гвинторізний	16K20	Найбільший діаметр заготовки, що обробляється – 400 мм; Найбільша довжина заготовки – 710 мм; Габаритні розміри: - довжина 2505; - ширина 1190; - висота 1500; - вага верстата 2835 кг	11
025 080 Токарна	Токарно-гвинторізний	16K20Ф3С32	Найбільший діаметр деталі, що обробляється – 400; Найбільша довжина деталі, що обробляється – 1000; Габаритні розміри: - довжина – 3360; - ширина – 1710; - висота – 1750; - вага верстата – 4000 кг	10
040 і 090 Фрезерувальна	Вертикально-фрезерувальний	6Н13П	Розміри робочої площини стола: - довжина – 1600; - ширина – 400; Габаритні розміри: - довжина – 2575; - ширина – 2170; - висота – 2250; - вага верстата – 4250 кг	6

					6261м.17.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						59
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1	2	3	4	5
045 110 Шліфу- вальна	Кругло-шлі- фувальний	ЗУ142	Найбільший розмір заготовки: - діаметр – 400; - довжина – 1000. Найбільший розмір шліфувального круга 750. Габаритні розміри: - довжина – 6310; - ширина – 2580; - висота – 1982; - вага верстата – 7600 кг	7,5
050 Зубодов- бальна	Зубодовбаль- ний	5140	Найбільший діаметр заготовки – 500; Найбільший модуль зубчастого колеса, що нарізується –12; Габаритні розміри: - довжина – 1900; - ширина – 1450; - висота – 2450; - вага верстата – 4400 кг	4,5
095 Розточу- вальна	Горизонталь- но-розточу- вальний	2М615	Найбільша вага заготовки – 1500 кг; Габаритні розміри: - довжина – 4330; - ширина – 2590; - висота – 2585; - вага верстата – 8500 кг	6,7
100 Дов- бальна	Довбальний	7Д430	Довжина хода довб'яка – 120-320; Габаритні розміри: - довжина – 3030; - ширина – 2175; - висота – 3010; - вага верстата – 5700 кг	10

3.11. Обґрунтування та вибір ріжучого та вимірювального інструменту

Інструмент – технологічна оснастка, яка призначена для взаємодії на предмет труда з метою зміни його стану.

Конструкція та розміри інструменту для заданої операції залежать від виду обробки, розмірів поверхні, що обробляється, властивостей матеріалу заготовки, потрібної точності обробки та шорсткості оброблюваної поверхні. Ріжучий інструмент обираємо з джерел [28] та [3]. У якості вибору марки твердого сплаву при різних видах обробки різанням сталі 40ХН2МА обираємо твердий сплав Т15К6. На шліфувальних операціях доречно застосовувати шліфувальний круг з білого електрокорунду марки 24А. Виходячи з цих факторів для обробки валу застосовуємо ріжучий інструмент, який заносимо у таблицю 3.7.

Вимірювальні засоби – це технічні пристрої, які використовуються при вимірюваннях, які мають нормовані метрологічні властивості (наприклад, різні вимірювальні пристрої, калібри, лекальні лінійки, плити та ін.). При їх виборі враховують існуючі організаційно-технічні форми контролю (масштаб виробництва, конструктивні характеристики вимірювальних деталей, точність виготовлення деталей та інші техніко-економічні фактори). Вимірювальний інструмент застосовується для контролю деталей на кожній операції для забезпечення точності і високої продуктивності контролю. На всіх технологічних операціях застосовуються наступні вимірювальні інструменти, зводимо у табл.3.7.

Вибір ріжучого та вимірювального інструмента

Таблиця 3.7

Назва операції	Ріжучий інструмент	Вимірювальний інструмент
1	2	3
010 Токарна	Різець прохідний упорний прямий (відігнутий) Т5К10 ГОСТ 18879-73; різець прохідний підрізний відігнутий Т5К10 ГОСТ 18880-73; різець розточувальний Т5К10 ГОСТ 18882-73; різець відрізний ГОСТ 18890-73	Штангенциркуль ШЦ-ІІІ-320-0,1 ГОСТ 166-80; штангенглибиномір ШГ-160 ГОСТ 162-80

					6261м.17.МР.09.03.ПЗ	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

1	2	3
025 Токарна	Різець прохідний відігнутий з пластиною з твердого сплаву Т15К6 ГОСТ 18877-73; різець розточувальний з пластиною з твердого сплаву Т15К6 ГОСТ 18883-73; різець радіусний Т15К6 ГОСТ 20441-73; різець розточувальний Т15К6 ГОСТ 18882-73; різець відрізний Т15К6 ГОСТ 18890-73	Штангенглибиномір ШГ-160 ГОСТ 162-80; мікромір МК-300, МК-175 ГОСТ 6507-78; штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05, ШЦ-III-320-0,05 ГОСТ 166-80; міра кутова 4-0 ГОСТ 2875-75; радіусомір ГОСТ 4126-80; нутромір мікрометричний НМ-600 ГОСТ 10-88
030 Конт- рольна	—	Те ж
035 Розмі- точна	Олівець розміточний ГОСТ 24472-80	—
040 Фрезерувальна	Фреза Т15К6 Ø14 ГОСТ 17026-71	Мікромір МК 125 ГОСТ 6507-78
045 Шліфувальна	Шліфувальний круг 24А40ПСМЗ К7 ПВДК 750×72×305 ГОСТ 2424-83	Скоба СИ-200 ГОСТ 11098-75; спеціальний вимірювач для розміру 245
050 Зубодов- бальна	Довб'як спеціальний Т15К6 6268 тз.22.ДП.12.08	Калібр пробка шліцева ГОСТ 24959-81
055 Слю- сарна	Пневмотурбінка В-3441; напилок ГОСТ 1465-80	—
060 Конт- рольна	—	Індикатор ИЧ-02 ГОСТ 577-80; калібр m=1; биттямір
075 Конт- рольна	—	Прилад ПМТ-3

1	2	3
080 Токарна	Різець прохідний відігнутий Т15К6ГОСТ 18877-73; різець радіусний ГОСТ 20441-73; різець спеціальний ВКЗ; різець різьбовий Т15К6ГОСТ 18885-73; різець підрізний відігнутий Т15К6 ГОСТ 18879-73; різець розточувальний Т15К6ГОСТ 18882-73; різець відрізний Т15К6 ГОСТ 18890-73	Штангенглибиномір ШГ-160 ГОСТ 162-80; мікромір МК-300 ГОСТ 6507-78; радіусомір ГОСТ 4126-88; кільце різьбове ГОСТ 17765-72; штангенциркуль ШЦ-III-320-0,05 ГОСТ 166-80; міри кутові 4-0 ГОСТ 2875-75; нутромір мікрометричний НМ 600 ГОСТ 10-88
085Розмі- точна	Олівець розміточний ГОСТ 24472-80; керн ГОСТ 7213-54	штангенциркуль ШЦ-III-320-0,05 ГОСТ 166-80
090 Фрезерна	Фреза Т15К6 D=14,Z=4, ГОСТ 6396-78	Калібр призма В=14Н14 ГОСТ 16085-80
095Розточу- вальна	Фреза спеціальна Р9К5, D=50,Z=12	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-80
100 Довбальна	Різець довбальний Т15К6ГОСТ 10046-72	Штангенциркуль ШЦ-II-250 ГОСТ 166-80
105 Слюсарна	Круг полірувальний, напилек ГОСТ 1465-80; пневмотурбінкаВ-3441	Кільце різьбове ГОСТ 17765-72; пробка різьбова ГОСТ 17759-72
110Шліфу- вальна	Шліфувальний круг 24А40ПСМЗ К7 ПВДК 750×72×305 ГОСТ 2424-83	Скоба СИ-300 ГОСТ 11098-75

					6261м.17.МР09.03.ПЗ	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Продовження табл.3.7		
1	2	3
125Конт- рольна	—	Скоба СИ-200 ГОСТ 11098-75; скоба СИ-300 ГОСТ 11098-75; штангенрейсмус 40-500 ГОСТ 164-73; мікрометр; еталон; мікрометр МК 175 ГОСТ 6507-72; кільце різьбове ГОСТ 17765-72; пробка різьбова ГОСТ 17759-78

					6261м.17.МР09.03.ПЗ	Арк.
						64
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.12. Розробка керуючої програми

Фрагмент керуючої програми розроблений на токарну операцію, яка виконується на токарно-гвинторізному верстаті з числовим програмним керуванням, моделі 16K20Ф3С32 УЧПК типу 2Р22. Пристрій забезпечує автоматичне переміщення ріжучих інструментів по довільній траєкторії з контурною швидкістю, яка задана програмою керування. Пристрій керує приводом подач постійного струму з датчиками оборотного зв'язку.

Система ЧПК забезпечує: контурну обробку та позиціонування робочого органу у задане положення; ввід, відладку та редагування керуючих програм з пульта керування; цифрову індикацію, видачу технологічних команд.

Завдання розмірів може здійснюватися у абсолютних значеннях (X, Z) та в прирощуваннях (U, W). Пристрій виконує лінійну та кругову інтерполяцію.

Таблиця 3.8

Фрагмент програми обробки вала

Програма обробки					Зміст КП	
1					2	
N001 F0,32 S2 315 T01 ПС N002 Z0 X129 E M08 ПС N003 X88 C-3 ПС N004 X127,5 ЕПС N005 Z-1 ПС N006 L08 A0 P0,77 ПС					Обробка деталі по контуру. Виклик інструменту в першу позицію, включення обертання шпинделя – 315 об/хв., подача – 0,32 об/хв.	
					Вихід по осі Х у початкову точку на прискореній подачі, включення охолодження.	
					Виконується підрізка торця та фаска 1×45°	
					Цикл L08 – багатопрохідна обробка. Обробка деталі по контуру	
					6261м.17.МР.09.03.ПЗ	
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Арк.	
					65	

1					2	
N007 X108 C1 ПС						
N008 Z-20 ПС						
N009 X109,7 ПС						
N010 Z-48 ПС						
N011 X130 M17 ПС						
N012 X279 E ПС						
N013 L08 A0 P0,75 ПС						
N014 Z-221 ПС						
N015 X279,6 ПС						
N016 W-37,5 ПС						
N017 X280 M17 ПС						
N018 Z500 E M09 ПС						
M019 F0,32 S2 315 T02 ПС						
N020 X112 Z-44 E M08 ПС						
N021 X107,7 ПС						
N022 X112 F0,5 ПС						
N023 Z500 E M09 ПС						
N024 F0,32 S2 315 T03 ПС						
N025 X110 Z-15 E M08 ПС						
N026 L01 F1,5 W-20,4 X109,7 A0 P0,3 C0 ПС						
N027 Z500 E M09 ПС						
N028 F0,29 S2 125 T04 ПС						
N029 X282 Z-184 E M08 ПС						
N030 L05 X250 ПС						
N031 Z-288 ПС						
N032 X282 E ПС						
N033 Z-218,5 E ПС						

					6261м.17.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						66
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1	2
N034 L05 X250 ПС	
N035 Z500 E M09 ПС	
N036 F0,29 S2 125 T05 ПС	Зміна інструменту
N037 X281 ПС	
N038 Z-287 E ПС	Вихід на прискореній подачі у задану точку
N039 X250 E M08 ПС	
N040 W-7 ПС	
N041 X126 ПС	Розточування отворів
N042 Z-287 ПС	
N043 X281 ПС	
N044 Z-183 E ПС	
N045 X250 E ПС	
N046 W-16 ПС	
N047 X123 ПС	
N048 Z-182 ПС	
N050 X281 Z500 E M09 ПС	
N051 F0,29 S2 125 T06 ПС	Зміна інструменту
N052 X248 Z-182 E M08 ПС	Обробка радіусів у отворах
N053 X232 Z-199 ПС	
N054 X236 Z-199 R7 ПС	
N055 X135 ПС	
N056 X130 Z-199 R7 ПС	
N057 X128 Z-182 ПС	
N058 X282 E ПС	
N059 Z-289 ПС	
N 060 X246 Z-294 R7 ПС	
N061 X144 Z-294 ПС	

					6261м.17.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						67
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1	2
N062 X220 ПС	
N063 Z-286 F1 ПС	
N064 X128 ПС	
N065 X126 F0,3 ПС	
N066 Z-287 ПС	
N067 X144 Z-294 R7 ПС	
N068 Z282 F1 M09 ПС	
N069 X282 Е ПС	
N070 Z500 Е ПС	

4. Конструкторська частина

4.1. Проектування спеціального пристрою для зубодовбальної операції

Пристрій що проектується – планшайба для зубодовбального верстата служить для закріплення деталі при довбанні шліці.

4.1.1. Принцип дії пристрою (6261м.17.МР.12.03.СК)

Пристрій планшайба спроектовано для установлення та закріплення деталі на зубодовбальній операції. Затиск деталі відбувається за допомогою діафрагменного приводу двосторонньої дії та притискаючих планок 17, висота яких встановлюється за допомогою опор, що регулюються, 2 та притискаючих гвинтів 6. При закріпленні деталі стиснене повітря подається у верхню порожнину на діафрагму 16. Діафрагма 16 переміщується униз разом зі штоком 7 та подовженим гвинтом 6 і притискує заготовку. Для знімання деталі стиснене повітря подається в нижню порожнину приводу. Обидва діафрагмених приводи працюють синхронно від однієї рукоятки управління. Пневмокамера закріплюється на корпусі пристрою шпильками. Кришка камери відливається із сірого чавуна. Останнім часом великого поширення набувають пневмокамери, які вмонтовані в корпус переналагоджених і універсальних пристроїв. В умовах крупносерійного виробництва економічно доцільні пневмокамери вмонтовані в корпус спеціальних пристроїв. При виконанні камер у корпусі пристроїв збільшується компактність, зменшується кількість деталей. При необхідності захисту від пошкоджень або по вимогам техніки безпеки діафрагма закривається сталевією кришкою 5 з отворами для виходу атмосферного повітря.

Пристрій володіє здатністю швидко переналагоджуватися, так як комплектується набором регульованих опор 2, гвинтів 6 і притискувальних планок 17.

Пристрій призначається також при роботі на верстатах зубодовбальної, свердлувальної, довбальної груп.

4.1.2. Розрахунок діафрагменного пневмоприводу

Величину сил затиску та їх направлення визначають в залежності від сил

					6261м.17.МР.09.04.ПЗ	Арк.
						70
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

різання діючих на деталь, що обробляється.

На рисунку 4.1. показана схема сил, діючих на деталь в процесі зубодовбання.

Сила P_z – згинає ріжучий інструмент і прагне зрушити заготовку у площину головного (робочого) руху.

Сила P_x прагне вивернути ріжучий інструмент і зрушити заготовку у площину руху подачі.

Сила різання визначається по формулі:

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

де: K_p – коефіцієнт, який обраховує фактичні умови різання,

K_{yv} – коефіцієнт, який обраховує ударне навантаження,

$$K_{yv} = 0,6$$

$$K_p = K_{mp}$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{835}{750} \right)^{0,75} = 1,084$$

$$P_z = 200 \cdot 1,25^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 31,6 \cdot 1,084 \cdot 0,6 \cdot 0,87 = 1812 \text{ кг}$$

$$P_x = 67 \cdot 1,25^{1,2} \cdot 0,3^{0,65} \cdot 31,6^0 \cdot 1,084 \cdot 0,6 \cdot 0,87 = 22,7 \text{ кг}$$

З рисунка 3 видно, що складова сили різання P_z спрямована до опор, а складова P_x прагне зрушити заготовку у боковому напрямку.

Звідси залежність:

$$P_3 = [K P_x + 0,5 P_z (f_1 - f_2)] / (f_1 + f_2),$$

де: K – коефіцієнт запасу,

f_1 та f_2 – коефіцієнти тертя відповідно у місці контакту заготовки з опорами та з затискними механізмами.

Коефіцієнт запасу K уводять до формули при обчислюванні сили P_3 для забезпечення надійного закріплення заготовки.

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

де: K_0 – коефіцієнт гарантованого запасу;

$$K_0 = 1,5;$$

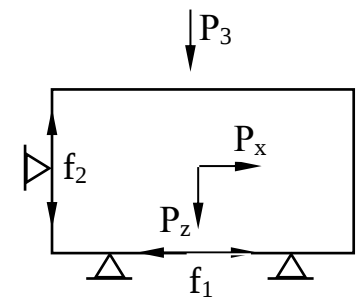


Рис.4.1. Розрахункова схема для обчислювання сили закріплення

					6261м.17.МР.09.04.ПЗ	Арк.
						71
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K_1 – коефіцієнт, який обраховує збільшення сил різання через випадкові нерівності на поверхнях, що оброблюються;

$$K_1=1;$$

K_2 – коефіцієнт, який характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення ріжучого інструменту;

$$K_2=1;$$

K_3 – коефіцієнт, який обчислює збільшення сил різання при переривчастому різанні;

$$K_3=1,2;$$

K_4 – коефіцієнт, який обчислює постійність сили закріплення в затискних механізмах;

$$K_4=1;$$

K_5 – коефіцієнт, який характеризує ергономіку ручних затискних механізмів;

$$K_5=1;$$

K_6 – коефіцієнт визначають тільки при наявності моментів, які прагнуть повернути заготовану, встановлену плоскою поверхнею на постійні опори;

$$K_6=1.$$

$$K = 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,8$$

Звичайно, якщо у результаті розрахунку значення коефіцієнта запасу K виявляється менше 2,5, приймають $K=2,5$.

$$P_3 = [1,8 \cdot 22,7 + 0,5 \cdot 1812 \cdot 0,16] / 0,16 = [40,86 + 144,96] / 0,16 = 1161,1 \text{ кг}$$

Діаметр пневмокамери двосторонньої дії, яка використовується для закріплення заготовки визначають із залежності:

$$D = 1,13 \sqrt{P_3 / P},$$

де: P – надмірний тиск стисненого повітря;

$$P=5 \text{ кг/см}^2;$$

$$D = 1,13 \sqrt{1161,4 / 5} = 17,2 \text{ мм}$$

В даному випадку діафрагменний пневмопривод, що проектується, встановлюється у пристрій. Вмонтовані пневмоциліндри використовують в

					6261м.17.МР.09.04.ПЗ	Арк.
						72
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пристроях, компонування яких дозволяє використовувати стандартні пневмокамери. Однак існує розмірний ряд діаметрів вмонтованих пневмоприводів. Приймаємо діаметр пневмокамери $D=80$ мм.

Товщина t діафрагми вибирається в залежності від її діаметра – $t=3$ мм.

Діаметр опорних шайб (дисків) рекомендується визначати від D і t діафрагм.

$$d = D - 2t - (2 \div 4) = 80 - 2 \cdot 3 - 4 = 70 \text{ мм}$$

Силу на штоку діафрагменного циліндра обчислюють по формулі:

- при положенні діафрагми близькому до початкового:

$$P_3 = 0,785 \cdot d^2 \cdot p - P_k \text{ Н},$$

де: d – зовнішній діаметр опорної шайби, мм;

P – тиск стисненого повітря, МПа;

P_k – сила від зворотної пружини, Н;

$P_k=0$;

$$P_3 = 0,785 \cdot 70^2 \cdot 0,5 = 1923 \text{ Н}$$

- при ході $0,22D$:

$$P_3 = 0,706 \cdot d^2 \cdot p - P_k = 0,706 \cdot 70^2 \cdot 0,5 = 1729,7 \text{ Н}$$

Раціональна довжина хода штока при якій не відбувається різкої зміни зусилля P_3 залежить від розрахункового діаметра D , товщини t , матеріалу та конструкції діафрагми, а також від діаметра d опорної шайби.

Довжина хода штока дорівнює $(0,25 + 0,35) \cdot D = 0,25 \cdot 80 = 20$ мм

4.2. Проектування спеціального пристрою для круглошліфувальної операції

Пристрій – оправка 6261м.17.МР.12.04 спроектовано для обробки деталі на круглошліфувальній операції. Закріплення деталі в пристрої відбувається таким чином: деталь кріпиться в пристрої з обох сторін. На вал 1 одягається наладка 2. Тоді вал з наладкою заводиться у внутрішній отвір деталі. Праворуч на вал одягається наладка 3. Потім на вал зверху одягають шайбу 5, закручують гайку 6. Попереду на вал з лівого кінця одіта втулка 4, яка закріплюється з валом за допомогою штифта 15. Торці валу входять у щільне зіткнення (вибираються

					6261м.17.МР.09.04.ПЗ	Арк.
						73
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

засори). За допомогою гвинтів 16, 17 виставляється деталь на оправці переміщуючи її у радіальному напрямку до сполучення осі валу 1 з віссю деталі. Оправка із закріпленою деталлю встановлюється на столі станка у центрах, що обертаються, після цього вкручується опора 14 з контргайкою 13. Поводок входить у зіткнення з опорою 14 та передає обертаючий рух.

4.2.1. Розрахунок на зріз елементу пристрою [5]

Розрахунок на зріз проводимо для елемента пристрою – опори 14.

Рівнодіючу силу опору різанню при шліфуванні можна розкласти на три взаємо перпендикулярні складові сили P_x , P_y , P_z . Ці сили по величині невеликі. Найбільшою із сил є радіальна сила P_y , відтискаюча заготовку від шліфувального круга та деформуюча її у горизонтальній площині. Сила $P_y = (1,5 \div 3)P_z$

$$P_z = C_p \cdot V_3^{0,7} \cdot S^{0,7} \cdot t^{0,6},$$

де: $C_p=2,1$.

$$P_z = 2,1 \cdot 15,7^{0,7} \cdot 21^{0,7} \cdot 0,005^{0,6} = 5,12 \text{ кг}$$

$$P_y = (1,5 \div 3)P_z = 2 \cdot 5,12 = 10,24 \text{ кг} = 102,4 \text{ Н}$$

Заготовка навантажена крутним моментом

$$M_{кр} = P \cdot l = 10,24 \cdot 25 = 102,4 \cdot 0,025 = 2,56 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Встановимо формули для напруг і деформацій, необхідні при розрахунку на зріз елементів конструкцій, які мають форму бруса. Відоме зовнішнє навантаження P . Використовуючи метод перерізів знаходимо, що поперечна сила $Q=P$.

Вважаючи, що дотична напруги розподіляється рівноважно, отримуємо:

$$\tau = \frac{Q}{F} = \frac{P}{\frac{\pi d^2}{4}}$$

Таким чином умови міцності опори на зріз приймають вид:

$$\frac{4P}{\pi d^2} \leq [\tau]$$

$[\tau]=100 \text{ МПа}$.

Звідси можна знайти діаметр болта:

					6261м.17.МР.09.04.ПЗ	Арк.
						74
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d = \sqrt{\frac{4P}{\pi[\tau]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 102,4}{3,14 \cdot 100 \cdot 10^4}} = 0,011 \text{ м}$$

Слід відмітити, що сили P , прикладені до болта, прагнуть також вигнути його. Однак, вигинаючий момент малий, так що нормальними напругами можна знехтувати.

Отриманий діаметр опори округлимо до стандартного $d=16$ мм.

4.3. Проектування ріжучого інструмента – довб'яка (6261м.17.МР.12.12)

Розрахунок проводиться для довб'яка прямозубого колеса зовнішнього зачеплення.

Вихідні дані: $z=82$; $m=1$; $\alpha=30^\circ$; коефіцієнт висоти зуба $f=0,95$; коефіцієнт зміщення вихідного контура $\xi_1=1$; товщина зуба $S_g = 1,57_{-0,13}^{0,07}$.

Розрахунок

1. Число зубців довб'яка Z вибираємо на підставі номінальних стандартних ділильних діаметрів $Z=50$ мм (середнє машинобудування та приладобудування).
2. Діаметр ділильного кола: $d_d = mZ_u = 1 \cdot 50 = 50$ мм.
3. Величини зміщення вихідного перетину приймаємо по ГОСТ 6033-76 $a = 1$.
Розміри зуба у вихідному перетині.

У вихідному перетині довб'яка зміщення вихідного контуру рейки, яка утворює зуб довб'яка, дорівнює нулю.

В подальших пунктах визначаються кути заточки і діаметр основного кола.

4. Перехідний кут для чистових довб'яків приймається рівним $\gamma=5^\circ$.
5. Задній кут на вершині назначається при $\alpha=30^\circ \rightarrow \alpha_v=6^\circ$.
6. Фактичний кут профілю довб'яка на підставі викривлення від наявності переднього кута γ і заднього кута α_v визначається з формули:

$$tg\alpha_N = \frac{tg\alpha}{1 - tg\alpha_v \cdot tg\gamma} = \frac{tg30^\circ}{1 - tg6^\circ \cdot tg5^\circ} = \frac{0,57735}{1 - 0,105} = 0,645$$

$$tg\alpha_N = 30^\circ 13' 47''$$

7. Боковий задній кут визначається з виразу:

					6261м.17.МР.09.04.ПЗ	Арк.
						75
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– на основному циліндрі:

$$tg\alpha_6 = tg\alpha_B \cdot \sin\alpha_N = tg6^\circ \cdot \sin30^\circ13'47''$$

$$\alpha_6 = 3^\circ01'44''$$

$$\alpha_N = 30^\circ13'47''$$

$$\alpha_6 = 3^\circ01'44''$$

$$\alpha_{6'} = 3^\circ30'17''$$

8. Діаметр основного кола на підставі викривлення від заточки визначається з точністю 0,000 001 по формулі:

$$d_{0 \text{ кор}} = d_3 \cdot \cos\alpha_N = 50 \cdot \cos30^\circ13'47'' = 43,005 \text{ мм}$$

9. Товщина зуба $S_{эи}$ по дузі ділильного кола визначається по формулі

$$S_{эи} = \pi \cdot m - \frac{\pi \cdot m}{2} - \left(\begin{smallmatrix} 0,07 \\ 0,13 \end{smallmatrix} \right) = 3,14 - 1,57 - 0,1 = 1,47 \text{ мм}$$

10. Висота головки зуба приймається:

$$hu' = h''1,2 = 0,95 \text{ мм}$$

11. Висота ніжки зуба визначається по формулі

$$h'u = h1,2 + Cu ,$$

де: Cu – величина радіального зазору, яка дорівнює:

$$Cu = (0,25 \div 0,30)m = 0,2 \text{ мм}$$

$$h''u = 0,95 + 0,2 = 1,15 \text{ мм}$$

Визначення розмірів зуба у передній площині здійснюється таким чином.

12. Товщина зуба по дузі ділильного кола підраховується з точністю до 0,0001 мм по формулі:

$$S_\partial = S_{эи} + 2 \cdot a \cdot tg\alpha_B \cdot tg\alpha_N$$

$$S_\partial = 1,47 + 2 \cdot 1 \cdot tg6^\circ \cdot tg30^\circ13'47'' = 1,47 + 2 \cdot 1 \cdot 0,105 \cdot 0,580 = 1,5925 \text{ мм}$$

13. Висота головки зуба приймається рівною:

$$h' = hu' + a \cdot tg\alpha_B = 0,95 + 1 \cdot tg6^\circ = 0,95 + 1 \cdot 0,1051 = 1,055 \text{ мм}$$

14. Висота ніжки зуба:

$$h = hu - a \cdot tg\alpha_B = 1,15 - 1 \cdot 0,1051 = 1,0449 \text{ мм}$$

15. Діаметр кола виступів:

$$D_l = d_\partial + 2h'$$

					6261м.17.МР.09.04.ПЗ	Арк.
						76
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_l = 50 + 2 \cdot 1,055 = 52,11 \text{ мм}$$

16. Діаметр кола западин:

$$D_i = d_{\partial} - 2h'' = 50 - 2 \cdot 1,0449 = 50 - 2,0898 = 47,9 \text{ мм}$$

$$\frac{\theta^\circ}{2} = \frac{S_{\partial}}{2r_x} \cdot 57,29578 = \frac{1,5925}{50} \cdot 57,29578 = 1,8248^\circ$$

$$S_x = 2 \cdot r \cdot x \cdot \sin \frac{\theta}{2} = 50 \cdot \sin 1,8248 = 1,592230 = 1,5922 \text{ мм}$$

$$h'_x = R_l - r \cdot x \cdot \cos \frac{\theta}{2} = \frac{52,11}{2} - \frac{50}{2} \cos 1,8248 = 1,067678 = 1,068 \text{ мм}$$

$$AB = R \cdot \cos \frac{\theta}{2} = 25 \cdot \cos 1,8248 = 24,9873 \text{ мм}$$

$$\delta = R - AB = 25 - 24,9873 = 0,0127 \text{ мм}$$

17. Діаметр начала робочої ділянки профілю зуба довб'яка підраховується:

$$D_p = D_i + 2 \cdot 0,95m = 47,9 - 2 \cdot 0,95 \cdot 1 = 49,8 \text{ мм}$$

18. Величина сточування довб'яка передній площині $2a = 2$.

19. Інші конструктивні розміри вибираються з таблиці [5].

При ділильному діаметрі $d_{\partial} = 50 \text{ мм}$

d=20 мм;

L=25 мм;

d₁=30 мм;

B=12 мм;

d₂=37 мм;

b=10 мм.

					6261м.17.МР.09.04.ПЗ	Арк.
						77
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

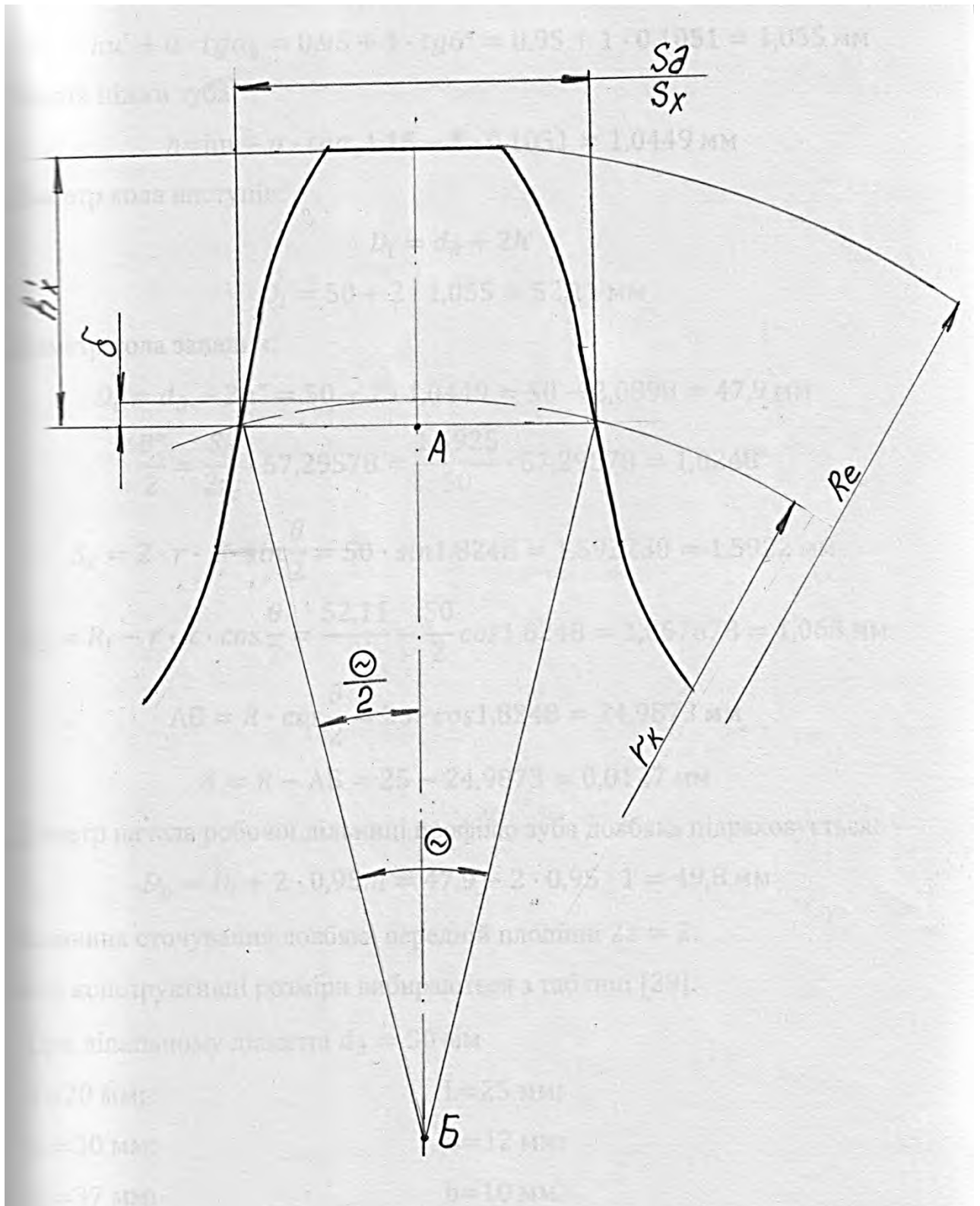


Рис.4.2. Розрахунковий ескіз

4.4. Розрахунок Т-подібної фрези (6261м.17.МР.12.06)

1. Діаметр фрези. У даному випадку фреза служить для обробки канавки, тому діаметр задається кресленням деталі. $D_{\phi}=50$ мм.

					6261м.17.МР.09.04.ПЗ	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

2. Ширина фрези також задається кресленням деталі $B=5$ мм.

3. Число зубців фрези залежить від характеру її роботи. У даному випадку $Z = m \cdot \sqrt{D}$,

де: m – коефіцієнт, який залежить від типу фрези і умов роботи. Значення коефіцієнта m вибираємо з [5].

$m=1,5$.

$$Z = 1,5 \cdot \sqrt{50} = 10,6$$

Приймаємо число зубців $Z=12$.

4. Після визначення зубців фрези Z , легко знайти шаг фрези t , який дорівнює довжині кола фрези, розділений на кількість зубців, таким чином:

$$t = \frac{\pi \cdot D}{Z} = \frac{3,14 \cdot 50}{12} = 13,1 \text{ мм}$$

5. Кут нахилу гвинтових зубців. Застосування гвинтових зубців підвищує чистоту обробленої поверхні, забезпечує рівномірність процесу фрезерування і створює визначний напрямок для виходу стружки. Величини кутів нахилу гвинтових зубців, що рекомендуються, приведені у [9] $\omega = 10^\circ$.

6. Визначаємо шаг зубців фрези.

а) Окружний торцевий шаг:

$$S_{\text{окр}} = \frac{\pi \cdot D}{Z} = \frac{3,14 \cdot 50}{12} = 13,1 \text{ мм}$$

б) Осьовий шаг при $\omega = 10^\circ$:

$$S_{\text{ос}} = \frac{\pi \cdot D}{Z} \cdot \text{ctg} \omega = 13,1 \cdot \text{ctg} 10^\circ = 13,1 \cdot 5,671 = 74 \text{ мм}$$

7. Перевіряємо отримані величини Z і $S_{\text{ос}}$ на умови рівномірного фрезерування: відношення $C = \frac{B}{S_{\text{ос}}} = \frac{B \cdot Z}{\pi \cdot D \cdot \text{ctg} \omega}$ повинно бути цілим числом або величиною близькою до нього $C = \frac{5}{74} = 0,07$, таким чином, умови рівномірного фрезерування забезпечено.

8. Висота зуба фрези.

Чим вище зуб, тим довговічніша фреза, так як збільшується число можливих переточок, але в той же час змінюється міцність зубців, так як зростає згинаючий

					6261м.17.МР.09.04.ПЗ	Арк.
						79
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

момент, який діє на зуб. Співставлення цих умов і забезпечує відповідний вибір висоти зуба. Відношення висоти зуба h до торцевого шагу t_T може являтися критерієм доцільної величини h .

$$\frac{h}{t_T} = \frac{h \cdot Z}{\pi \cdot D} = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{h \cdot Z}{D},$$

де: D – діаметр фрези, мм;

Z – число зубців.

Нехай $\frac{\pi \cdot h}{t_T} = K$, тоді $K = \frac{h \cdot Z}{D}$. Величину K назвемо коефіцієнтом висоти зуба, тоді $h = K \frac{D}{Z}$. Величину K вибираємо з [36].

$$h = 1,5 \frac{50}{12} = 6,2 \text{ мм}$$

Приймаємо висоту зуба фрези $h=6$ мм.

9. Геометрична форма зуба.

Розміри форми зубців встановлюються по наступним формулам:

- кут зуба $\eta = 45 \div 50^\circ$;
- кут канавки $V = \eta + \gamma + \varepsilon$
де: γ – передній кут фрези;
 $\gamma=10^\circ$.

- кутовий шаг $\varepsilon = \frac{360^\circ}{Z} = \frac{360}{12} = 30^\circ$.

$$V = 45 + 10 + 30 = 85^\circ$$

З метою скорочення номенклатури карнавочних фрез застосовуються величини кутів V від 45° до 110° через кожні 5° .

10. Радіус закруглення канавки $r = 1$ мм.

11. Головний і допоміжний задні кути.

Величина головного заднього кута в перетині, перпендикулярному до осі циліндричної або кутової фрези встановлюється по таблиці [36] $\alpha = 14^\circ$.

Величина допоміжного заднього кута $\alpha_1 = 6^\circ$ [36].

Граничні відхилення кутів α та α_1 при заточуванні $\pm 2^\circ$.

Величини кутів в плані головний (кутовий) ріжучої кромки φ вибирається по

					6261м.17.МР.09.04.ПЗ	Арк.
						80
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[36].

$$\varphi = 1^{\circ}30' \div 2^{\circ}$$

Конус Морзе №4. Довжина конуса 109 мм.

Довжина фрези 20 мм.

Загальна довжина фрези 150 мм.

Матеріал ріжучої частини T15K6.

4.5. Проектування вимірювального інструмента

4.5.1. Принцип дії вимірювального інструмента

Вимірювальний інструмент – скоба 6261м.17.МР.12.11, спроектований для контролю розміру 245_{-0,01}. Перед промірюванням деталі, попередньо необхідно настроїти скобу по еталону. Еталон – своєрідний калібр 6261м.17.МР.12.12. Для цього між вимірювальними поверхнями скоби вводимо еталон. В скобу вставляється індикатор годинникового типу ІГ-10 (ІГ-100)ГОСТ 577-80. Індикатор затискається за допомогою гвинта 6. Вимірювальною поверхнею праворуч скоби є важіль, за допомогою якого настроюється скоба. Індикатор у цьому випадку повинен бути виставлений на нуль. Вимірювання розміру відбувається по наступній формулі: $A = H + \Delta$,

де: A – остаточний отриманий розмір;

H – розмір еталона;

Δ – показник індикатора зі знаком.

Після того як скоба налагоджена на необхідний розмір, вимірюється розмір деталі та знімаються показники індикатора. Потім до розміру еталона додаються показники індикатора. Таким чином визначається отриманий після обробки розмір

4.5.2. Розрахунок на зріз елемента вимірювального інструмента (важеля 4)

Розрахунок на зріз важеля 4 проводимо аналогічно розрахунку п. 4.2.2.

Силу, прикладену при роботі до вимірювального інструменту, приймаємо рівною $P = 5 \text{ кгс} = 50 \text{ Н}$. Будемо вважати, що зовнішнє навантаження P відоме. Застосовуючи метод перетинів, знаходимо, що поперечна сила $Q=P$.

					6261м.17.МР.09.04.ПЗ	Арк.
						81
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вважаючи, що дотичні напруження розподілені рівномірно, отримуємо:

$$\tau = \frac{Q}{F} = \frac{P}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}}$$

Таким чином, отримуємо умови міцності важеля на зріз приймають вид:

$$\frac{4P}{\pi \cdot d^2} \leq [\tau]$$

Важіль виготовлений з сталі У10А, в цьому випадку $[\tau] = 100$ МПа.

Звідси можна знайти діаметр важеля:

$$d = \sqrt{\frac{4P}{\pi[\tau]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 50}{3,14 \cdot 100 \cdot 10^4}} = 0,0025 \text{ м}$$

У даному випадку вал важеля порожнистий. Прийmemo внутрішній діаметр важеля 5 мм і зовнішній діаметр 10 мм. Таким чином, умови важеля на зріз забезпечуються.

					6261м.17.МР.09.04.ПЗ	Арк.
						82
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Проектування дільниці механічного цеху

Дільниця цеху, що проектується утворюється для виробництва деталей – валів з програмою випуску 10 000 шт.

5.1. Визначення і розрахунок партії запуску деталей

Партію деталей розраховуємо для визначення вантажопідйомності транспортних засобів і визначення штучно-калькуляційного часу.

Під розміром партії розуміється кількість однакових деталей, які одночасно обробляються на кожній операції, на одному або декількох робочих місцях з однократною витратою підготовчо-заклучного часу.

При визначенні оптимального розміру запуску партії деталей ґрунтуємося на тому, що збільшення кількості деталей у партії є позитивним фактором, так як з періодичним повторенням одних та тих же заходів роботи зростає навик робочого і як наслідок, зростає виробництво труда. Чим вище операційна партія, тим менше доля підготовчо-заклучного часу приходить на одну оброблену деталь, що зменшує штучно-калькуляційний час на операцію і собівартість деталі. З іншого боку невиправдане збільшення розмірів партії запуску деталей негативно відбивається на виробничому процесі, так як збільшується незавершене виробництво, зростають площі, зайняті цеховими і міжопераційними складами заготовок і готових деталей та збільшується об'єм зворотних засобів, що скорочує їх обертаємість

$$n = \frac{\sum_{i=1}^K t_{n.zi}}{\alpha \cdot \sum_{i=1}^n t_{шт i}}$$

де: K – кількість операцій по виготовленню деталей;

K=10;

$t_{n.zi}$ – підготовчо-заклучний час на i-тій операції, хв.;

$t_{шт.i}$ – штучний час на i-тій операції, хв.;

α – коефіцієнт, який обчислює відношення, що допускається $t_{n.z}$ і $t_{шт}$ обробки.

					6261м.17.МР.09.05.ПЗ	Арк.
						84
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_{min} =$$

$$= \frac{33 + 17,6 + 30 + 25,5 + 33 + 17,6 + 26 + 36 + 18 + 25,5}{0,05(34,13 + 144,2 + 4,49 + 20,2 + 3 + 67,5 + 8,52 + 3,23 + 2,06 + 12,62)}$$

$$= \frac{262,2}{269,95 \cdot 0,05} = 19,4$$

Отриманий розмір партії деталей необхідно скоригувати в залежності від виробничих умов:

1. Розмір партії повинен бути не менше змінної виробітки

$$B_{cm} = \frac{N}{D_p \cdot h}$$

де: N – річна програма, шт.;

D_p – кількість робочих днів в році;

$D_p = 251$ день;

h – кількість змін;

h=2.

$$B_{cm} = \frac{10000}{251 \cdot 2} = 19,9$$

2. Партія повинна бути кратною річній програмі випуску, тоді приймаємо $n = 50$.

$$K = \frac{N}{n} = \frac{10000}{50} = 200 \text{ разів}$$

5.2. Розрахунок штучно-калькуляційного часу по операціям

Штучно-калькуляційний час – це норма часу на операцію в умовах серійного виробництва.

Визначається по формулі:

$$t_{шт.к} = t_{шт} + \frac{t_{n.з}}{n}$$

Проводимо розрахунок на токарну чорнову операцію:

$$t_{шт.к} = 34,13 + \frac{33}{50} = 34,79 \text{ год.}$$

Аналогічно проводимо розрахунок по іншим операціям, отримані дані заносимо у

					6261м.17.МР.09.05.ПЗ	Адк.
						85
Ізм.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

таблицю 5.1.

Таблиця 5.1.

Назва операції	Штучний час, $t_{шт}$, хв.	Підготовчо-заклучний час, $t_{п.з.}$, хв.	Розмір партії, n , шт.	$t_{шт. к}$	
				хв.	год.
1	2	3	4	5	6
010 Токарна	34,13	33	50	34,79	0,58
025 Токарна	114,2	17,6	50	114,6	1,91
040 Фрезерувальна	4,49	30	50	5,09	0,08
045 Шліфувальна	20,2	25,5	50	20,71	0,35
050Зубодовбальна	3,0	33	50	3,66	0,061
080 Токарна	67,5	17,6	50	67,9	1,13
090 Фрезерувальна	8,52	26	50	9,04	0,15
095 Розточувальна	3,23	36	50	3,95	0,07
100 Довбальна	2,06	18	50	2,42	0,04
110 Шліфувальна	12,62	25,5	50	13,13	0,22
Разом	265,6	262,2	–	275,3	4,59

5.3. Визначення фондів часу роботи обладнання

При проектуванні діляниці розрізняють календарний, номінальний і ефективний фонди часу роботи обладнання та робочих.

Календарний фонд часу – це повна кількість годин у році.

$$\Phi_K = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год.}$$

Номінальний річний фонд часу роботи – це кількість годин у відповідності з режимом роботи підприємства без урахування втрат

$$\Phi_H = D_p \cdot T_{см} \cdot h_{см} - D_{пр} \cdot 1 \text{ год.}$$

де D_p – кількість робочих днів у році;

$D_p = 251$ день;

$T_{см}$ – продовження робочої зміни;

					6261м.17.МР.09.05.ПЗ	Арк.
						86
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$T_{\text{см}}=8$ год.;

$h_{\text{см}}$ – кількість змін;

$h_{\text{см}}=2$;

$D_{\text{пр}}$ – кількість святкових днів у році;

$D_{\text{пр}}=10$ днів;

$$\Phi_{\text{н}} = 251 \cdot 8 \cdot 2 - 10 \cdot 1 = 4006 \text{ год.}$$

Ефективний фонд часу визначається як номінальний фонд часу роботи мінус неминучі витрати, пов'язані з простоем обладнання на ремонті.

$$\Phi_{\text{эф}} = \Phi_{\text{н}} (1 - \beta)$$

β – коефіцієнт втрат пов'язаний з простоем обладнання. Цей коефіцієнт залежить від змінності обладнання, розмірів і ваги обладнання, складності і унікальності обладнання, складності ремонту;

$\beta=1,9\%$.

$$\Phi_{\text{эф}} = 4006(1 - 0,019) = 3929,89 \text{ год.}$$

Округлюємо ефективний фонд часу по ОМТП-15-86:

$$\Phi_{\text{эф}} = 4060 \text{ год.}$$

5.4. Розрахунок потрібної кількості обладнання на дільниці

Кількість обладнання для дільниці і цехів серійного виробництва проводиться по кожному типорозміру і моделі верстака.

Покажемо розрахунок обладнання на прикладі токарного верстака моделі 16K20, який застосовуємо для чорнової токарної операції.

Потрібна кількість обладнання визначається по формулі:

$$C_p = \frac{\sum T_{\text{шт.к}}}{\Phi_{\text{эф}} \cdot K_v}$$

де: $\sum T_{\text{шт.к}} = t_{\text{шт.к ток}} \cdot N = 0,58 \cdot 10000 = 5800 \text{ н} \cdot \text{год.}$

$\sum T_{\text{шт.к}}$ – сумарна річна трудомісткість по даному типу обладнання або операції, яка виготовляється робочим одного розряду;

$t_{\text{шт.к}}$ – штучно-калькуляційний час на операцію або на тип обладнання, год.;

N – річна програма, шт.;

					6261м.17.МР.09.05.ПЗ	Арк.
						87
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\Phi_{\text{эф}}$ – ефективний річний фонд роботи обладнання, год.;

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт виготовлення норм;

$$K_{\text{в}} = 1 \div 1,25.$$

$$C_{\text{р}} = \frac{5800}{4060 \cdot 1,15} = 1,24$$

Так як розрахункова кількість верстаків $C_{\text{р}} = 1,24$, не перевищує ціле число, то отримане розрахункове число обладнання округлюємо до цілого числа і приймаємо $C_{\text{пр}} = 2$ верстака.

Коефіцієнт загрузки обладнання представляє собою відношення розрахункової кількості обладнання до прийнятого:

$$K_{\text{з}} = \frac{1,24}{2} = 0,61 \cdot 100\% = 62\%$$

Нормальна величина коефіцієнта завантаження обладнання (для токарної групи) $K_{\text{з}} = 0,75 \div 0,85$.

Досягається цей коефіцієнт за рахунок довантаження обладнання відповідальними типовими (груповими) деталями по кооперації.

Прийmemo $K_{\text{з ток}} = 0,85 \sim 85\%$, тоді розрахункова кількість обладнання на підставі довантаження визначається:

$$C'_{\text{р}} = C_{\text{пр}} \cdot K'_{\text{з ток}} = 2 \cdot 0,85 = 1,7$$

Річний об'єм робіт на підставі довантаження (на підставі супровідної продукції) складе:

$$\sum T_{\text{шт}} \cdot K'_{\text{ток}} = C'_{\text{р}} \cdot \Phi_{\text{эф}} \cdot K_{\text{в}} = 1,7 \cdot 4060 \cdot 1,15 = 7937,3 \text{ м. ч}$$

Довантаження по кооперації складе при цьому:

$$T_{\text{догр}} = \sum T_{\text{шт}} \cdot K' - \sum T_{\text{шт.к ток}} = 7937,3 - 5800 = 2137 \text{ м. ч}$$

Аналогічно проводимо розрахунок обладнання для інших операцій, коефіцієнта загрузки і всі підрахунки зводимо у таблицю 5.2.

					6261м.17.МР.09.05.ПЗ	Арк.
						88
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.2.

Розрахунок основного виробничого обладнання

Обладнання		Річний обсяг випуску, N, шт.	Штучно- калькуляційний час, $t_{шт.к}$, м.ч	Річна працездатність основної програми, $\sum T_{шт.к}$, м.ч	Довантаження по кооперації, $T_{догр}$, м.ч	Річний обсяг робіт, $\sum T'_{шт.к}$, м.ч	Ефективний фонд ач роботи обладнання, $\Phi_{эф}$, год.	Коефіцієнт виконання норм, K_v	Кількість обладнання		Коефіцієнт завантаження обладнання, K_z	Середній коефіцієнт завантаження обладнання по дільниці, K_z серед
Назва операції	Модель								Розрахункове C_p	Прийняте $C_{пр}$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Токарна	16K20	10000	0,58	5800	2137	7937,3	4060	1,15	1,24	2	$0,62/0,85$	
Токарна	16K20ФЗС32	10000	3,04	30400	–	30298	3945	1	7,7	8	0,96	
Фрезерна	6Н13П	10000	0,23	2300	1669	3969	4060	1,15	0,5	1	$0,50/0,85$	
Шліфуваль- на	3У142	10000	0,57	5700	4044	9744	4060	1,15	1,2	2	$0,60/0,80$	
Зубо- довбальна	5140	10000	0,061	610	3125	3735	4060	1,15	0,13	1	$0,13/0,80$	
Розточна	2М615	10000	0,07	700	3269	3969	4060	1,15	0,15	1	$0,15/0,85$	
Довбальна	7Д450	10000	0,04	400	3335	3735	4060	1,15	0,09	1	$0,09/0,80$	
Разом	–	–	4,59	45910	17579	63387	–	–	11,01	16	$3,05/5,91$	0,85

5.5. Складання графіка завантаження обладнання

На підставі виконаних розрахунків, представлених у таблиці 5.2., побудуємо графік завантаження обладнання на проєктованій ділянці. Приймаємо ширину стовбців, які характеризують величину завантаження обладнання в масштабі приблизно 1 верстак=1 см. Відповідно, ширина стовпця буде пропорційна прийнятій кількості верстаків даної моделі. Висота стовпця відповідає коефіцієнту завантаження даного типу обладнання. У випадку довантаження обладнання висота стовпця розбивається на дві частини. Нижня частина характеризує завантаження обладнання по прийнятій програмі випуску деталі. А вся висота стовпця характеризує загрузку обладнання на підставі довантаження по кооперації на підставі супровідної продукції.

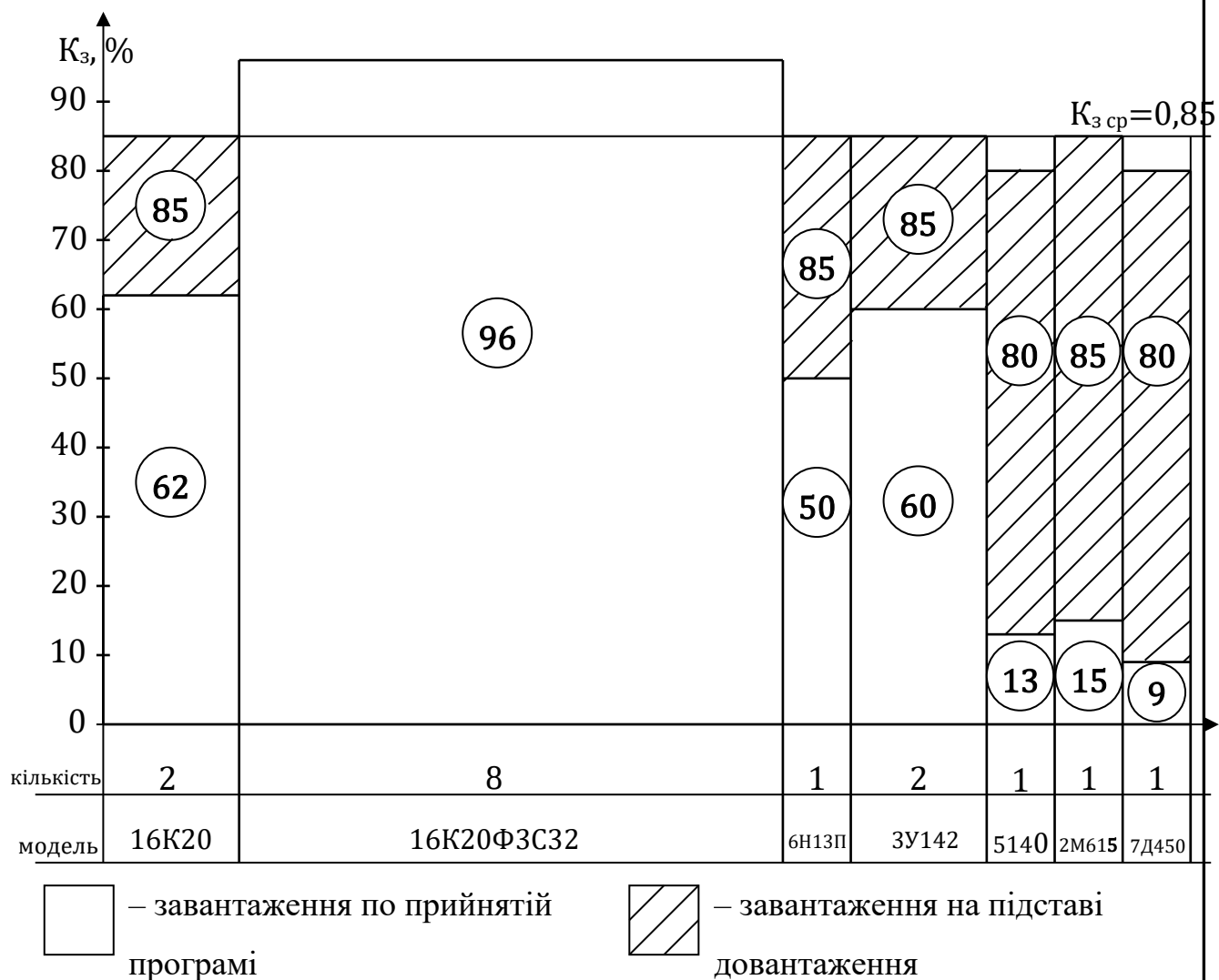


Рис.5.1. Графік завантаження обладнання

5.6. Складання зведеної відомості обладнання дільниці

Для складання зведеної відомості обладнання необхідно знати габаритні розміри прийнятого обладнання, сумарну міцність електродвигунів встановлених на одиниці обладнання, вартість обладнання, ремонтну складність механічної, електричної та гідравлічних систем верстака.

Для верстаків з ЧПК ремонтну складність електрообладнання на підставі пристрою ІПК.

На підставі цих даних складається зведена відомість обладнання (таблиця 5.3.).

5.7. Розрахунок чисельності робочих на дільниці

5.7.1. Розрахунок чисельності основних робочих

До основних виробничих робочих належать верстатники, які працюють на основному технологічному обладнанні: слюсарі виконують роботу пов'язану з виконанням основних деталей (слюсарі по складанню окремих вузлів, слюсарі, які працюють на гідропресах, виконують роботи, пов'язані з зачисткою задирок, консервації готових деталей та вузлів та ін.).

Кількість основних робочих розраховується по формулі:

$$P = \frac{\sum T'_{\text{шт.к}}}{\Phi_{\text{эф}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}}}$$

де $\sum T'$ – сумарна річна працездатність, н.-год. (на підставі довантаження);

$\Phi_{\text{эф}}$ – ефективний річний фонд часу роботи працюючого;

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт багатоверстатності.

$$P_{\text{ток}} = \frac{7937}{1820 \cdot 1 \cdot 1,15} = 3,8$$

Розраховане число округлюємо до цілого більшого числа $P_{\text{ток}} = 4$.

Аналогічно проводимо розрахунок по іншим професіям основних робочих, розрахунок зводимо у таблицю 5.4.

					6261м.17.МР.09.05.ПЗ	Арк.
						91
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.3.

Зведена відомість обладнання

Обладнання		Кількість, шт.	Площа верстака в плані, В×L, м ²	Ремонтна складність		Потужність, кВт		Вартість, грн.		Витрати на транспортування та монтаж, грн.	Загальна вартість обладнання, грн.
Назва	Модель			Механічна частина	Електрична частина	Одиниці	Загальна	Одиниці	Загальна		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Токарно-гвинторізний	16K20	2	1190×2505 (3,0)	11	8,5	11	22	90000	180000	12600	192600
Токарно-гвинторізний	16K20ФЗС32	8	1710×3360 (5,7)	15	13	10	80	96000	768000	53760	821760
Фрезерувальний	6Н13П	1	2170×2575 (5,6)	10	12	6	6	57000	57000	3990	60990
Шліфувальний	ЗУ142	2	2585×6310 (16,3)	13	22,5	7,5	15	165000	330000	23100	353100
Зубодовбальний	5140	1	1450×1900 (2,8)	11	7	4,5	4,5	75000	75000	5250	80250
Розточний	2М615	1	2590×4330 (11,2)	13	11,5	6,7	6,7	270000	270000	18900	288900
Довбальний	7Д450	1	2890×3540 (10,2)	6	6,5	10	10	85000	85000	5950	90950
Разом	–	16	54,8	79	81	55,7	144,2	838000	1765000	123550	1888550

Таблиця 5.4.

Розрахунок кількості основних робочих

Професія	Розряд	Річна праце- місткість робіт, $\sum T'_{м.ч}$	Ефектив- ний фонд часу робочого, $\Phi_{эф, ч}$	K_v	K_m	Чисельність робочих	
						Розрахун- кова	Прийняте
1	2	3	4	5	6	7	8
Токар	4	7937	1820	1,15	1	3,8	4
Оператор	4	30298	1820	1	2	8,3	9
Фрезерувальник	4	3969	1820	1,15	1	1,9	2
Шліфувальник	4	9744	1820	1,15	1	4,7	5
Зубодовбальник	5	3735	1820	1,15	1	1,8	2
Розточник	4	3969	1820	1,15	1	1,9	2
Довбальник	5	3735	1820	1,15	1	1,8	2
Разом	–	63387	–	–	–	24,2	26

До числа основних виробничих робочих в механічному цеху, які виготовляють основну продукцію відносяться також слюсарі та помічники, кількість яких можна визначити по формулі:

$$P_{сл} = 0,03 \cdot \sum_{i=1}^n P_i$$

де: $\sum_{i=1}^n P_i$ – загальна кількість верстатників;

$$P_{сл}=0,78.$$

Отримане число округлюємо в більшу сторону до цілого числа. Приймаємо $P_{сл}=1$ чол.

У підсумку кількість виробничих робочих $P=27$ людей.

5.7.2. Розрахунок чисельності допоміжних робочих

Розрахунок чисельності допоміжних робочих приводимо у табличній формі:

					6261м.17.МР.09.05.ПЗ	Арк.
						93
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.5.

Розрахунок чисельності допоміжних робочих

Професія	Число обслуго- вуваних агрегатів, площ, робочих	Норма обслугову- вання	Розряд	Кількість допоміжних робочих, люд.	Режим праці	Необхідне число робочих, люд.
1	2	3	4	5	6	7
Наладник обладнання					2 зміни	
а) токарного	2	16	4	0,125		0,25
б) токарного з ЧПК	8	6	5	1,33		2,7
в) фрезерного	1	12	3	0,083		0,166
г) шліфувального	2	7	5	0,29		0,57
д) зубодовбального	1	7	5	0,14		0,28
ж) розточного	1	10	5	0,1		0,2
з) довбального	1	10	3	0,1		0,2
Верстатник з ремонту обладнання	16	1500	3	0,01		0,02
Слюсар по міжремонтному обслуговуванню	320	660	3	0,48		0,96
Електрик по міжремонтному обслуговуванню	240	1000	3	0,24		0,48
Мастильник	16	1000	3	0,016		0,032
Контролер-приймальник	26	25	4	1,04		2,08
Комірник-роздавальник інструменту та приладів	27	50	2	0,54		1,08
Робітник з доставки інструменту на робочі місця	27	50	2	0,54		1,08
Стропальник та кранівник	27	50	3	0,54		1,08
Прибиральник виробничих приміщень та стружки	609,7	1500	2	0,4		0,8
Транспортний робітник	27	60	2	0,45		0,9
Разом						13

5.7.3. Розрахунок чисельності фахівців, службовців та молодшого обслуговуючого персоналу (МОП)

Розрахунок чисельності фахівців, службовців та молодшого обслуговуючого персоналу визначається двома методами. По функціям управління по структурі кадрів, що вже склалася на базовому підприємстві. Збільшено чисельність фахівців та службовців у відсотках від чисельності виробничих робочих складає:

- фахівців $11,5 \div 14\%$;
- службовців $1,5 \div 2\%$.

МОП знаходяться по нормам і зонам обслуговуючого або по структурі кадрів, що склалася на базовому підприємстві. Збільшено чисельність, яка складає $2 \div 3\%$ від загальної чисельності виробничих робочих.

Розрахунок чисельності фахівців, МОП, службовців виконано у табличній формі (див. табл. 5.6.).

Таблиця 5.6.

Розрахунок чисельності фахівців, службовців, МОП

Професія	Норма обслуговування	Необхідне число спеціалістів, службовців, МОП
1	2	3
Фахівці		
Майстер	1 людина на 20...30 працівників	2
Інженер-технолог	1 людина на 50...60 працівників	0,8
Інженер-нормувальник	1 людина на 70...80 працівників	0,5
Інженер-планувальник	1 людина на 60...70 працівників	0,66
Економіст	1 людина на 60...70 працівників	0,66
Бухгалтер	1 людина на 150 працівників	0,27
Разом		4,89
Службовці		
Табельник	1 людина на 200 працівників	0,2
Нарядник	1 людина на 300 працівників	0,13

1	2	3
Обліковець	1 людина на 200 працівників	0,2
Разом		0,53
МОП		
Прибиральник побутових приміщень	1 людина на 500 м ²	0,73
Разом		0,73
Підсумок		6,15

Таблиця 5.7.

Зведена відомість працюючих на дільниці

Категорія працюючих	Кількість службовців	Структура, %
1	2	3
Основні виробничі робітники	27	58,5
Допоміжні робітники	13	28,2
Фахівці	4,89	10,6
Службовці	0,53	1,15
МОП	0,73	1,58
Підсумок	46,15	100

5.8. Розрахунок основних площ дільниці за нормативами

За призначенням площі цехів та дільниць поділяються на виробничі, допоміжні та службово-побутові.

Необхідно чітко поділяти виробничі і допоміжні підрозділи та відповідно виробничу і допоміжні площі, кожна з яких розраховується за своєю методикою.

Виробничою називається площа відділень і дільниць безпосередньо призначених для здійснення технологічного процесу у даному цеху. До її складу входять площі, які зайняті:

– виробничим обладнанням (верстаками, машинами, молотами, печами,

пресами і ін.);

- наземним транспортним обладнанням;
- робітничими місцями ручної праці (верстаки, стенди, розміточні плити);
- робочими шухлядами для інструменту, заготовками навколо робочого місця, обробленими деталями, складеними вузлами або виробами;
- робочими місцями для технологічного та технічного контролю;
- стендами для випробувань деталей або вузлів та готових виробів, площадками для усунення дефектів і здачі готової продукції;
- проходами і проїздами між верстаками і рядами верстаків всередині виробничих відділень і дільниць (за винятком магістральних проїздів).

Виробнича площа дільниці визначається попередньо по питомим площам для кожної групи обладнання

$$F_n = \sum_{i=1}^n C_{ni} \cdot q_i$$

де: C_{ni} – кількість верстаків і-тої групи обладнання;

q_i – середня питома площа для розміщення одного верстака і-тої групи, m^2 ;

$$F_n = 16 \cdot 20 = 320 \text{ м}^2$$

5.9. Розрахунок допоміжних площ дільниці

На допоміжних площах механічного цеху розташовані наступні відділення і складські приміщення: заготівельне, заточувальне, контрольне, відділення для ремонту верстаків і пристроїв, майстерня енергетика цеха, відділення для приготування і роздачі СОЖ, цеховий склад матеріалів та заготовок, склад інструменту і пристроїв, склад мастил, хімічних засобів і пального, а також магістральні проїзди.

В залежності від об'єму випуску виробів склад допоміжних відділень може бути різним, деякі відділення і складські приміщення об'єднуються, деякі відсутні, а у деяких випадках улаштовуються загальні відділення для декількох цехів.

Для проектування дільниць деякі з вказаних відділень і складів

					6261м.17.МР.09.05.ПЗ	Арк.
						97
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розроблюються докладно на підставі розрахунків, деякі по аналогії з існуючими на діючих підприємствах.

Загальна площа цеха (дільниці) визначається як сума виробничої і допоміжної площі. Вище її встановлюється на підставі планування обладнання, магістральних проїздів та проходів.

Площа службово-побутових приміщень цеха визначається виходячи із питомої площі службово-побутових приміщень 5 м^2 , яка приходить на одного робітника за складом списку. При збільшених розрахунках площа службово-побутових приміщень приймається в розмірі 60% від виробничої площі.

5.9.1. Площа заготовчого відділення

$$F_{\text{заг}} = q_{\text{заг}} \cdot C_{\text{заг}}$$

де: $q_{\text{заг}} = 25 \div 30\text{ м}^2$ на один верстат заготовчого відділення;

$$C_{\text{заг}} = 0,05 \cdot C_{\text{п общ}} = 0,05 \cdot 16 = 0,8$$

$$F_{\text{заг}} = 25 \cdot 0,8 = 20\text{ м}^2$$

5.9.2. Площа заточувального відділення

$$F_{\text{зат}} = q_{\text{зат}} \cdot C_{\text{зат}}$$

де: $q_{\text{зат}} = 12 \dots 15\text{ м}^2$ на один верстат заточувального відділення;

$$C_{\text{зат}} = (0,04 \div 0,06) \cdot C_{\text{п общ}}$$

$C_{\text{п общ}}$ – кількість верстатів, які обслуговуються заточкою (безпосередньо в цеху).

Спеціальні заточувальні верстати встановлюються в заточувальному відділенні у тому випадку, якщо вони будуть завантажені менше ніж на 50%.

$$C_{\text{зат}} = 0,05 \cdot 3 = 0,15$$

$$F_{\text{зат}} = 16 \cdot 0,15 = 2,4\text{ м}^2$$

5.9.3. Площа контрольного відділення

Площу контрольного відділення приймаємо у відсотковому відношенні від виробничої площі, вона складає:

					6261м.17.МР.09.05.ПЗ	Арк.
						98
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{\text{конт}} = 0,05 \cdot 320 = 16 \text{ м}^2$$

5.9.4. Відділення для ремонту верстатів та пристроїв

Відділення для ремонту верстатів та пристроїв має у своєму складі верстати і верстаки

$$F_{\text{рем}} = q_{\text{рем}} \cdot C_{\text{рем}} + q_{\text{в}} \cdot C_{\text{в}}$$

де: $q_{\text{рем}} = 30 \dots 35 \text{ м}^2$ на один верстат;

$q_{\text{в}} = 6 \dots 10 \text{ м}^2$ на один верстак;

$C_{\text{рем}} = 0,07 \cdot (C_{\text{п общ}} + C_{\text{заг}} + C_{\text{зат}})$ – кількість верстатів ремонтного відділення;

$$C_{\text{рем}} = 0,07 \cdot (16 + 0,8 + 0,15) = 1,19 \text{ м}^2$$

$C_{\text{в}} = 2$ – кількість верстаків;

$$F_{\text{рем}} = 30 \cdot 1,19 + 6 \cdot 2 = 35,7 + 12 = 47,7 \text{ м}^2$$

5.9.5. Площа майстерні енергетика цеха

Площа майстерні енергетика цеха приймається у відсотковому відношенні від площі ремонтного відділення:

$$F_{\text{ен}} = 0,2 \cdot F_{\text{рем}} = 0,2 \cdot 47,7 = 9,54 \text{ м}^2$$

5.9.6. Відділення для приготування ЗОР

Відділення для приготування та роздачі ЗОР повинно розташовуватися у спеціальних приміщеннях цеха, бажано у зовнішній стіні з метою протипожежної безпеки і мати вихід назовні.

$$F_{\text{сож}} = q_{\text{сож}} \cdot C_{\text{п общ}}$$

де: $q_{\text{сож}} = 0,3 \dots 0,5 \text{ м}^2$ на одиницю виробничого обладнання

$$F_{\text{сож}} = 0,5 \cdot 16 = 8 \text{ м}^2$$

5.9.7. Площа проміжного складу та міжопераційних площадок для зберігання деталей

					6261м.17.МР.09.05.ПЗ	Арк.
						99
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Площа проміжного складу та міжопераційних площадок для зберігання деталей визначається у відсотках і складає:

$$F_{\text{пр}} = 0,1 \cdot F_n = 0,1 \cdot 320 = 32 \text{ м}^2$$

5.9.8. Площа складу інструментів і пристроїв

Площа інструментів і пристроїв визначається по формулі:

$$F_{\text{ирс}} = q_{\text{ирс}} (C_{\text{п общ}} + C_{\text{заг}} + C_{\text{зат}} + C_{\text{рем}})$$

де: $q_{\text{ирс}} = 0,4 \text{ м}^2$ на один верстат

$$F_{\text{ирс}} = 0,4(16 + 0,8 + 0,15 + 1,19) = 7,3 \text{ м}^2$$

5.9.9. Площа складу заготовок і матеріалів

Площа складу заготовок і матеріалів визначається по наступній формулі:

$$F_{\text{ск}} = \frac{N \cdot G \cdot t_{\text{ср}}}{\Phi \cdot q_{\text{ср}} \cdot K_{\text{и}} \cdot K_{\text{м}}}$$

де: N – річна програма випуску деталей;

N=10 000 шт;

G – маса одного комплекту готових деталей для виробу;

G=300;

$t_{\text{ср}}$ – норми запасу матеріалів і заготовок на складі, в календарних днях;

$t_{\text{ср}}=12$;

Φ – число календарних днів у році;

$\Phi=365$ днів;

$q_{\text{ср}}$ – середня вагонапруженість площі складу, т/м²;

$q = 4 \text{ т/м}^2$;

$K_{\text{и}}$ – коефіцієнт використання площі складу в залежності від виду транспорту в складі;

$K_{\text{и}}=0,3$;

$K_{\text{м}}$ – коефіцієнт використання матеріалу;

$K_{\text{м}}=0,56$;

					6261м.17.МР.09.05.ПЗ	Арк.
						100
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{\text{ск}} = \frac{10\,000 \cdot 300 \cdot 12}{365 \cdot 0,3 \cdot 0,56 \cdot 1000 \cdot 4} = 146,8 \text{ м}^2$$

Разом площа допоміжних відділень дорівнює:

$$F_{\text{всп}} = \sum_{i=1}^n F_i$$

де: F_i – площа відповідного допоміжного відділення;

i – індекс допоміжного відділення;

$$F_{\text{всп}} = 20 + 2,4 + 16 + 47,7 + 9,54 + 8 + 32 + 7,3 + 146,8 = 289,7 \text{ м}^2$$

Площа ділянки визначається по формулі:

$$F_{\text{уч}} = F_{\text{п}} + F_{\text{доп}} = 320 + 289,7 = 609,7 \text{ м}^2$$

5.9.10. Визначення площі побутових та службових приміщень

Площа побутових і службових приміщень, розташованих на ділянці при збільшених рахунках повинна складати 50-60% від площі ділянки.

$$F_6 = 0,6 \cdot 609,7 = 365,8 \text{ м}^2$$

Тоді основна площа ділянки складає

$$F_{\text{осн}} = 609,7 + 365,8 = 975,2 \text{ м}^2$$

Остаточню приймаємо наступне будівельне рішення ділянки: ділянка розташована в будівлі з шириною прольоту 18 м та шагом колон 12 м по одну сторону прольоту. Тоді планувальна площа ділянки:

$$\frac{18}{2} \cdot (12 + 12) = 216 \text{ м}^2$$

5.10. Розрахунок висоти будівлі

Висоту прольоту будівлі визначають виходячи з розмірів виробів, що виготовляються, габаритних розмірів обладнання (по висоті), розмірів і конструкції кранів, а також санітарно-гігієнічних вимог.

Висота прольоту будівлі, оснащеної підвісним краном визначається по формулі:

$$H = k + Z + l + a + h + f$$

					6261м.17.МР.09.05.ПЗ	Арк.
						101
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де k – висота найвищого верстата, м;

$$k=3,01 \text{ м};$$

Z – проміжок між виробом, що транспортується, який піднято в крайнє верхнє положення. Цей проміжок дорівнює від 0,5 до 1 м;

$$Z=1 \text{ м};$$

l – висота найбільшого за розміром виробу у положенні транспортування;

$$l=0,6 \text{ м};$$

f – величина строповки вантажу;

$$f=1 \text{ м};$$

a – зазор між крюком у верхньому положенні до горизонтальної лінії, що проходить через центр крюка у момент відключення демпфера;

$$a=0,3...0,5 \text{ м};$$

$$a=0,5 \text{ м};$$

$$h=A+m$$

A – габаритна висота крана;

$$A=1,5 \text{ м};$$

h – зазор між несучою балкою та демпфером;

$$m=100 \text{ мм};$$

$$h = 1.5 + 0.1 = 1.6 \text{ м};$$

$$H = 3,01 + 1 + 0,6 + 1 + 0,5 + 1,6 = 7,71 \text{ м}$$

Остаточнo висоту H прольоту будівлі вибирають на підставі встановленого модуля висоти [30] $H=8,4 \text{ м}$.

5.11. Організація виробництва на ділянці

За тару, яка служить для укладки і тривалого зберігання матеріалів та перевозки заготовок, деталей, напівфабрикатів вибираємо ящики з габаритами $600 \times 950 \times 600$.

Для перевозки ящиків з заготовками, деталями, напівфабрикатами застосовується електрокара.

Електрокара використовується при транспортуванні вантажів на відстань

					6261м.17.МР.09.05.ПЗ	Арк.
						102
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

200-250 м.

При перевезенні вантажів на більшу відстань використовуються електровізки та електротягачі.

Для передачі деталей від верстата до верстата використовуються піддони з ложементами для деталей типу валів та піддони клітинкового типу.

Кількість кранів на ділянці визначається з умов обслуговування одним краном 60-70 м довжини прольоту. Ці дані застосовуються при збільшених розрахунках вибору транспортних засобів.

За кранове обладнання доцільно застосовувати підвісний однобалочний кран вантажопідйомністю 5 т. Цей кран можливо застосовувати не тільки як технологічний транспорт, а й для здійснення вантажно-розвантажувальних робіт.

Вантажопідйомність крана розраховується виходячи з максимальної ваги контейнера з деталями. Вага вантажу визначається по формулі:

$$M_{\text{гр}} = n \cdot m$$

де: n – партія деталей;

$n=50$ шт.;

m – вага заготовки;

$m=56,6$ кг;

$$M_{\text{гр}} = 50 \cdot 56,6 = 2830 \text{ кг}$$

Вага контейнера складає 20-25% від ваги вантажу:

$$M_{\text{кон}} = M_{\text{гр}} \cdot (0,2 \div 0,25)$$

$$M_{\text{кон}} = 2830 \cdot 0,25 = 707,5 \text{ кг}$$

Відповідно, вантажопідйомність крана:

$$Q_{\text{к}} = M_{\text{гр}} + M_{\text{кон}} = 2830 + 707,5 = 3537,5 \text{ кг}$$

Округляємо до стандартної величини вантажопідйомності крана – 5 т.

5.11.1. Вибір засобів прибирання стружки

Визначаємо кількість стружки, яка виробляється на ділянці за зміну:

$$M_{\text{стр}} = m_{\text{стр}} \cdot n$$

$$m_{\text{стр}} = m_{\text{з}} - m_{\text{д}}$$

					6261м.17.МР.09.05.ПЗ	Арк.
						103
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $m_{\text{стр}}$ – вага стружки однієї деталі;

n – партія деталей;

$$m_{\text{стр}} = 56,6 - 30 = 26,6 \text{ кг}$$

$$M_{\text{стр}} = 26,6 \cdot 50 = 1330 \text{ кг}$$

Так як кількість стружки, що виробляється, перевищує 200 кг, необхідно передбачити конвеєри для прибирання стружки з транспортуванням її в централізоване відділення, де знаходяться засоби для збору та завантаження стружки. При цьому способі прибирання стружки застосовуються підпідлогові конвеєри, в яких передбачені баки біля кожного верстата для збору стружки на конвеєр. Можуть бути використані шнекові або миточні конвеєри.

5.12. Визначення капітальних вкладень дільниці

Визначення вартості капітальних вкладень

Таблиця 5.8.

Група основних фондів	Затрати		Примітки
	грн.	%	
1	2	3	4
1. Будівлі, спорудження та передатне улаштування			
1.1. Будівлі виробничого призначення	240000	54	$S_{\text{уч}} \times C_{\text{п уч}}$, де $S_{\text{уч}}$ – виробнича площа дільниці; $C_{\text{п уч}} = 1200$ грн – вартість виробничої площини (1м ²)
1.2. Будівлі побутового призначення	41600	13	20% от $S_{\text{уч}}$ $C_{\text{б уч}} = 850$ грн/м ²
1.3. Силові машини та енергетичне обладнання	144200	33	$N_{\text{дв}} \cdot C_{\text{с уч}}$ $N_{\text{дв}} = 144.2$ кВт $C_{\text{с уч}} = 1000$ грн. $144,2 \cdot 1000$

					6261м.17.МР.09.05.ПЗ	Арк.
						104
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1	2	3	4
Підсумок першої групи	425800	100	
2. Транспорт, ПЕОМ, виробничий та господарський інвентар			
2.1. Транспортні засоби	283282,5	99	$0,15 \cdot C_{об}$ де: $C_{об}$ – загальна собівартість обладнання; $C_{об} = 1888550$ грн
2.2. Виробничий та господарський інвентар	13500	1	$0,15 \cdot 1888550$ 500 грн. на 1 основного робочого $500 \cdot 27$
Підсумок другої групи	296782,5	100	
Інші			
2.3. Робочі машини та обладнання	1888550	99	$C_{об}$ – загальна собівартість обладнання
2.4. Регулюючі вимірювальні пристрої та улаштування	11200	0,04	700 грн. на 1 верстат $700 \cdot 16$
2.5. Інструмент, пристрої	28328,25	0,05	1,5% від загальної собівартості обладнання $C_{об}$ $0,015 \cdot 1888550$
Підсумок третьої групи	1928078,25	100	
Загальний підсумок	2650660,75		

6. Організаційно-економічна частина [7]

На підставі розрахунку, який був проведений у 5 розділі «Проектування дільниці механічного цеху» розраховуємо техніко-економічні показники дільниці.

6.1. Розрахунок річного фонду заробітної платні працюючих дільниці

Фонд заробітної платні на дільниці складається з:

- фонду основної заробітної платні працюючих;
- додаткової заробітної платні працюючих.

Ос основної заробітної платні відносяться витрати на виплату основної заробітної платні нарахованої згідно прийнятих системою оплати труда у вигляді тарифних ставок, окладів, відрядних розцінок і запланованого об'єму відповідних видів продукції.

Річний фонд основної заробітної платні основних робочих визначається наступним чином:

- робочих відрядників:

$$З_{\text{осн. сд}} = \sum_{i=1}^m P_i \cdot A_i$$

або

$$З_{\text{осн. сд}} = C_{ri} \cdot TH'$$

де P_i – відрядна розцінка за обробку i -тої деталі, грн./шт.;

A_i – річна програма i -тої деталі, шт.;

m – номенклатура деталі;

C_{ri} – годинна тарифна ставка, грн.;

TH – працемісткість річної програми, н.-год.;

- робочих погодинних:

$$З_{\text{осн. повр}} = C_{ri} \cdot \Phi_{\text{еф}} \cdot K_p$$

де $\Phi_{\text{еф}}$ – ефективний річний фонд часу одного робочого, год;

K_p – кількість робочих погодинних, чол.

Річний фонд заробітної плати допоміжних робочих розраховується

					6261м.17.МР.09.06.ПЗ	Арк.
						107
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

аналогічно $Z_{\text{осн. повр.}}$. Основний фонд заробітної платні фахівців, службовців та молодшого обслуговуючого персоналу визначається на підставі штатного розкладу цеху та діючих систем посадових окладів. До додаткової заробітної платні відносяться витрати на виплату виробничому персоналу цеха додаткової заробітної платні, нарахованої за роботу над встановленої норми за трудові успіхи та винахідництво, за особливі умови труда. Вона включає також надбавки, доплати, компенсуючі виплати передбачені законодавством, премії пов'язані з виконанням виробничих задач і функцій.

Сума додаткової заробітної плати визначається помноженням основної заробітної платні на середні норми додаткової заробітної плати.

6.2. Визначення фонду заробітної плати основних робочих

Розрахунок заробітної плати основних робочих визначається по формулі:

$$Z_{\text{осн. сд}} = C_{ri} \cdot TH'$$

Наприклад, заробітна платня на токарній операції визначається наступним чином:

$$Z_{\text{осн. сд ток}} = 13,902 \cdot 7937,3 = 110344,34 \text{ грн.}$$

Останні розрахунки проводимо аналогічно, результати зводимо у таблицю 6.1.

Таблиця 6.1.

Розрахунок заробітної платні виробничих робочих

Назва операції	Розряд роботи	Основна заробітна платня на одиницю продукції			На програму на підставі супутньої продукції		
		Норма часу, м·ч	Годинна тарифна ставка, грн.	Сума, грн.	Працевісткість річної програми, н.-год.	Годинна тарифна ставка, грн.	Сума, грн.
1	2	3	4	5	6	7	8
Токарна	4	0,58	22,727	12,68	7937,3	22,727	180391,01
Токарна з ЧПК	4	3,04	22,727	69,09	30298	22,727	619724,37
Фрезерувальна	4	0,23	22,727	5,227	3969	22,727	90203,76

					6261м.17.МР.09.06.ПЗ	Арк.
						108
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1	2	3	4	5	6	7	8
Шліфувальна	4	0,57	22,727	12,95	9744	22,727	221451,88
Зубодовбальна	5	0,061	28,620	1,746	3735	28,620	106895,7
Розточувальна	4	0,07	22,727	1,59	3969	22,727	90203,46
Довбальна	5	0,04	28,620	1,14	3735	28,620	106895,7
Разом				104,43	63387		1415765,8

Примітка. У тому випадку, коли на ділянці приймається багатостантне обслуговування, основна заробітна платня розраховується наступним чином:

$$Z_{\text{осн. сд}} = C_{ri} \cdot TH \cdot K_p$$

де: K_p – знижуючий коефіцієнт, який обчислює багатостантне обслуговування

$$Z_{\text{осн. сд ток. з ЧПК}} = 22,727 \cdot 30298 \cdot 0,9 = 619724,37 \text{ грн.}$$

6.3. Визначення фонду заробітної плати допоміжних робочих

Розрахунок фонду заробітної плати допоміжних робочих проводимо по формулі:

$$Z_{\text{осн. повр}} = C_{ri} \cdot \Phi_{\text{эф}} \cdot K_p$$

Приклад заробітної плати наладника токарного верстата визначається наступним чином:

$$Z_{\text{осн. повр}} = 2,7 \cdot 1820 \cdot 18,939 = 93066,246 \text{ грн.}$$

Останні розрахунки ведуться аналогічно та зводяться у таблицю 6.2.

Таблиця 6.2.

Розрахунок основного фонду заробітної плати допоміжних робочих

Професія	Розряд робочих	Кількість людей	Годинна тарифна ставка, грн.	Ефективний фонд часу, год.	Основна допоміжна заробітна плата допоміжних робочих
1	2	3	4	5	6
Наладники обладнання					
а) токарного	4	0,25	18,939	1820	8617,245
б) токарного з ЧПК	4	2,7	18,939	1820	93066,246

1	2	3	4	5	6
в) фрезерувального	3	0,166	17,045	1820	5149,635
г) шліфувального	5	0,57	21,464	1820	22266,753
д) зубодовбального	5	0,28	21,464	1820	10938,054
ж) розточного	5	0,2	21,464	1820	7812,896
з) довбального	3	0,2	17,045	1820	6204,38
Верстатник по ремонту обладнання	3	0,02	17,045	1820	620,438
Слюсар по міжремонтному обслуговуванню	3	0,96	17,045	1820	29781,024
Електрик по міжремонтному обслуговуванню	3	0,48	17,045	1820	14890,512
Мастильник	3	0,032	17,045	1820	992,7
Контролер-приймальник	4	2,08	18,939	1820	71695,478
Комірник, що роздає інструмент та пристрої	2	1,08	13,889	1820	27300,218
Робочий по доставці інструменту на робочі місця	2	1,08	13,889	1820	18421,603
Стропальник і кранівник	3	1,08	17,045	1820	33503,652
Прибиральник виробничих приміщень	2	0,8	13,889	1820	20222,384
Транспортний робітник	2	0,9	13,889	1820	22750,182
Разом		13			394233,33

6.4. Визначення фонду заробітної плати основних категорій працюючих на дільниці

Таблиця 6.3.

Розрахунок основного фонду заробітної плати фахівців, службовців та молодшого обслуговуючого персоналу

Категорія працюючих, назва посад	Кількість штатних одиниць	Посадовий оклад, грн.	Число місяців у році	Основний фонд заробітної плати, грн.
1	2	3	4	5
Фахівці				
майстер	2	4900	11	107800
інженер-технолог	0,8	4770		41976
інженер-нормувальник	0,5	4500		24750
інженер-планувальник	0,66	4500		32670
економіст	0,66	4070		29548,2
Разом	4,62			236744,2
Службовці				
бухгалтер	0,27	4070	11,2	12307,68
Табельник	0,2	2520		5644,8
Нарядчик	0,13	2520		3669,12
Обліковець	0,2	1925		4312
Разом	0,8			25933,6
Молодший обслуговуючий персонал				
Прибиральник побутових приміщень	0,73	1750	11,2	14308
Разом				14308
Підсумок				276985,8

6.5. Визначення середньомісячної заробітної плати працюючих на дільниці

Таблиця 6.4

Зведена відомість річного фонду заробітної плати працюючих дільниці

Категорія працюючих	Чисельність людей	Річний фонд заробітної плати, грн.			Разом, грн.	Середньо-річна заробітна плата одного працівника, грн.	Середньо-місячна заробітна плата одного працівника, грн.
		Основної заробітної плати, грн.	Додаткової				
			%	Сума, грн.			
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Виробничі працівники	27	1415765,8	35	495518,03	1911283,8	70788,288	5899,02
2. Допоміжні працівники	13	394233,33	20	78846,67	473079,99	36390,768	3032,56
3. Фахівці, керуючі робітники	4,62	236744,2	25	59186,05	295930,25	64054,166	5337,85
4. Службовці	0,8	25933,6	20	5186,72	31120,32	38900,4	3241,7
5. Молодший обслуговуючий персонал	0,73	14308	18	2575,44	16883,44	23128	1927,33
Разом	46,15	2086984,9		641312,91	2728297,6	59118,04	4926,5

6.6. Розрахунок розходів по утриманню та експлуатації обладнання

Таблиця 6.5.

Розрахунок розходів по утриманню та експлуатації обладнання

Статті витрат	Елементи витрат	Спосіб розрахунку	Величина витрат, грн.
1	2	3	4
1. Витрати на повне відновлення та капітальний	Амортизація	Амортизація виробничого устаткування, транспортних засобів і інструмента визначаємо по формулі: $A_r = \frac{F_6 \cdot H_a}{100}$	

1	2	3	4
ремонт основних виробничих фондів (устаткування, транспортних засобів та інструментів)		де: F_6 – початкова вартість основних виробничих фондів; H_a – норма амортизації устаткування $A_{\Gamma \text{ уст.}} = \frac{1888550 \cdot 5}{100}$ $A_{\Gamma \text{ тр.}} = \frac{283282,5 \cdot 25}{100}$ $A_{\Gamma \text{ інст.}} = \frac{28328 \cdot 15}{100}$	94427,5 70820,625 4249,2
Підсумок по I статті			169497,325
2. Витрати на експлуатацію устаткування	Матеріали	Вартість мастильних, обтирочних матеріалів, емульсій для охолодження визначається по формулі: $M = \sum_{i=1}^m m \cdot R \cdot K_{\text{см}} \cdot \Pi_{\text{см}} \cdot D$ де: m – норма витрат мастильних матеріалів на одиницю ремонтної складності по групах обладнання за день; R – кількість ремонтної складності по групах обладнання; $R = 79$; $K_{\text{зм}}$ – коефіцієнт змінності; $K_{\text{зм}} = 2$; $\Pi_{\text{см}}$ – ціна мастильного матеріалу; $\Pi_{\text{см}} = 1,05$ грн./кг; D_p – кількість робочих днів у році; $D_p = 251$ день; $M = (0,2 + 0,2 + 0,3 + 0,3 + 0,2 + 0,23 + 0,2) \cdot 79 \cdot 2 \cdot 1,05 \cdot 251 = 67874,67$	67874,67
	Зарплата	Витрати на оплату труда робочих, що обслуговують обладнання (наладчиків, мастильників): а) Основна: $Z_{\text{осн}} = C_{\text{час}} \cdot K_{\text{раб}} \cdot \Phi_{\text{еф}}$ де: $C_{\text{час}}$ – годинна тарифна ставка; $K_{\text{раб}}$ – кількість допоміжних робочих, чол.; $\Phi_{\text{еф}}$ – ефективний фонд часу одного робітника, год.; $Z_{\text{осн}} = 85,191 \cdot 1820 = 155047,52$	155047,52

1	2	3	4
		б) Додаткова: $З_{\text{доп}} = З_{\text{осн}} \cdot Н_{\text{зп}}$ де: $Н_{\text{зп}}$ – норма заробітної плати, %; $З_{\text{доп}} = 155047,52 \cdot 25\%$ в) Відрахування на соціальне страхування $З_{\text{соц.стр}} = \frac{(З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \cdot Н_{\text{соц.стр}}}{100\%}$ де: $Н_{\text{соц.стр}}$ – норма соціального страхування; $Н_{\text{соц.стр}} = 37,5\%;$ $З_{\text{соц.стр}} = \frac{(115927,15 + 23185,43) \cdot 37,5\%}{100\%}$	38761,88 72678,525
	Разом		334362,59
	Послуги	а) Витрати на електроенергію $C_{\text{ел}} = \left(\sum_{i=1}^n N \cdot F_{\text{ном}} \cdot K_{\text{исп}} \right) C_{\text{с}} / 100$ де: N – встановлена потужність по групах обладнання, кВт; $F_{\text{ном}}$ – номінальний фонд часу роботи обладнання, год.; $F_{\text{ном}} = 4007$ год.; $K_{\text{исп}}$ – коефіцієнт завантаження на підставі довантаження; $C_{\text{с}}$ – вартість 1 кВт/год. електроенергії; $C_{\text{с}} = 97,2$ коп.; $C_{\text{ел}} = (22 \cdot 4007 \cdot 0,85 + 80 \cdot 4007 \cdot 0,96 + 6 \cdot 4007 \cdot 0,85 + 15 \cdot 4007 \cdot 0,85 + 4,5 \cdot 4007 \cdot 0,8 + 6,7 \cdot 4007 \cdot 0,85 + 10 \cdot 4007 \cdot 0,8) \cdot 97,2 / 100$ б) Витрати на стиснене повітря включають до себе витрати на обдування верстатів та видалення стружки, миття, в пневматичних затискачах й інструментах $C_{\text{пов}} = b \cdot F_{\text{еф}} \cdot S \cdot K_{\text{з}} \left(1 + \frac{\beta}{100} \right) \cdot C_{\text{в}}$ де: b – норма витрат стисненого повітря за 1 год. роботи обладнання, м³; $b = 1,5$ м³; S – кількість однорідних одиниць обладнання, які споживають стиснене повітря	523494,51

1	2	3	4
		$S=16$; β – втрати повітря у трубопроводі; $\beta=5\%$; $\text{Ц}_в$ – ціна 1м^3 стисненого повітря; $\text{Ц}_в=0,09696$ грн./м^3. $C_{\text{пов}} = \frac{1,5 \cdot (4060 \cdot 8 + 3945 \cdot 8)}{16} \cdot 0,84 \cdot \left(1 + \frac{5}{100}\right) \cdot 0,09696$ в) Витрати на воду. Вода на виробничі потреби використовується на виготовлення ЗОР, промивку виробів, закалку, охолодження робочих агрегатів $C_в = \frac{Q_в \cdot F_{\text{еф}} \cdot S}{1000} \cdot \text{Ц}_в$ де: $Q_в$ – норма витрат води на один верстат за годину; $Q_в=0,6$ л/год.; $F_{\text{еф}}$ – ефективний фонд роботи обладнання, год.; S – кількість верстатів, які працюють з ЗОР; $S=16$; $\text{Ц}_в$ – ціна 1м^3 води, грн.; $\text{Ц}_в=8,93$ грн./м^3; $C_в = \frac{0,6 \cdot 4060 \cdot 8}{1000} \cdot 8,93$ $C_{\text{в ЧПК}} = \frac{0,6 \cdot 3945 \cdot 8}{1000} \cdot 8,93$	513,43 174,03 169,098
Підсумок по II статті			524351,06
3. Витрати на проведення поточного ремонту обладнання та транспортних засобів	Матеріали	Для обладнання (крім автоматичних ліній) можна прийняти 4,5% від їх балансової вартості. Для інструмента і приладів – 5%, а для транспортних засобів – 4,5%. $C_{\text{об}} = 1888550 \cdot 4,5\%$ $C_{\text{тр.зас}} = 283282,5 \cdot 4,5\%$ $C_{\text{ін}} = 28328,25 \cdot 5\%$	84984,75 12747,71 1416,4
	Разом		99148,86
	Зарплата	Заробітна плата на оплату труда (слюсарів та електромонтерів) зайнятих на ремонтних	

1	2	3	4
		б) Додаткова $З_{\text{доп}} = З_{\text{осн}} \cdot Н_{\text{зп}}$ де: $Н_{\text{зп}}$ – норма заробітної плати; $Н_{\text{зп}} = 20 \div 30\%$; $З_{\text{доп}} = 83554,052 \cdot 25\%$	27726,205
		в) Відрахування на соціальне страхування $З_{\text{соц.стр}} = \frac{(З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \cdot Н_{\text{соц.стр}}}{100}$ де: $Н_{\text{соц.стр}}$ – норма соціального страхування; $Н_{\text{соц.стр}} = 37,5$ $З_{\text{соц.стр}} = \frac{(83554,052 + 20888,513) \cdot 37,5}{100}$	51986,632
	Разом		190617,65
Підсумок по IV статті			196283,3
5. Зношення малоцінних та інструментів і пристроїв, що швидко зношуються	Матеріали	Вартість малоцінних та інструментів і пристроїв, що швидко зношуються збільшено можна прийняти на 1 верстат в рік, грн.: а) токарний – 190; б) розточний – 230; в) довбальний, зубодовбальний – 230; г) шліфувальний, фрезерувальний – 250	1900 230 460 750
	Разом		3340
	Послуги	Суму зносу малоцінних та інструментів і пристроїв, що швидко зношуються, вартість їх заточки та ремонту можна прийняти збільшено 25÷30% від вартості інструменту 3340·30%	1002
Підсумок по V статті			4342
6. Інші		Витрати на непередбачені попередніми статтями можна прийняти у розмірі 2÷3% від суми статей: $(1 + 2 + 3 + 4 + 5)$; $(169497,325 + 524351,06 + 176994,43 + 196283,3 + 4342) \cdot 3\%$	32144,043
	Разом		32144,043
Підсумок			1455192,7

Для включення витрат на утримання та експлуатацію обладнання визначається відсоток ВУЕО:

$$\text{ВУЕО} = \frac{\sum \text{ВУЕО}}{\sum \text{З}_{\text{осн}}} \cdot 100\% = \frac{1455192,7}{1415765,8} \cdot 100\% = 102,78 \%$$

6.7. Калькуляція повної фактичної собівартості виготовлення деталі – вал

Калькуляція – це визначення собівартості одиниці конкретного виду продукції.

Таблиця 6.6

Складання калькуляції виготовлення валу

Шифр строки	Найменування статей калькуляції	Величина витрат, грн.	Вказівки до розрахунку
1	2	3	4
01	Сировина та матеріали	2526,778	
02	Поворотні відходи	(68,31)	
03	Основна заробітна плата	104,43	т. 6.1. підсумок (5)
04	Додаткова заробітна плата	36,55	35% від п. 03
05	Відрахування на соціальні заходи	52,87	37,5% від 03+04
06	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	107,33	102,78 % від п. 03
07	Загальновиробничі витрати	156,65	150% від п. 03
08	Виробнича собівартість	2916,29	01– 02+03+04+05+06+07
09	Адміністративні витрати	261,075	250% від п. 03
10	Витрати на збут	4,177	4% від п. 03
11	Інші операційні витрати	5,22	5% від п. 03
12	Повна собівартість	3186,76	08+09+10+11

6.7.1. Визначення оптової ціни річної програми

Оптова ціна складається в даному випадку з двох складових, з повної собівартості та прибутку. Прибуток визначається згідно рівня рентабельності:

					6261м.17.МР.09.06.ПЗ	Арк.
						118
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$y_{\text{ед}} = \frac{\Pi}{C} \cdot 100\%$$

$$\Pi = C \cdot 25\% = 2875,34 \cdot 25\% = 718,835$$

$$y_{\text{ед}} = (718,835/2875,34) \cdot 100\% = 25\%$$

Таблиця 6.7

Визначення оптової ціни річної програми

Шифр строки	Статті витрат	Величина витрат, грн.	Вказівки до розрахунку
1	2	3	4
01	Сировина та матеріали	25267780	01·10 000
02	Поворотні відходи	683100	02·10 000
03	Основна заробітна плата	1044300	03·10 000
04	Додаткова заробітна плата	365500	04·10 000
05	Відрахування на соціальні заходи	528700	05·10 000
06	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	1073300	06·10 000
07	Загальновиробничі витрати	1566500	07·10 000
08	Виробнича собівартість	29162930	08·10 000
09	Адміністративні витрати	2610750	09·10 000
10	Витрати на збут	41770	10·10 000
11	Інші операційні витрати	52200	11·10 000
12	Повна собівартість	31867650	8+9+10+11
13	Прибуток	7966912,5	25% від п. 12
14	Договірна ціна без НДС	39834562,5	п. 12+п. 13

Таблиця 6.8.

Визначення фінансового результату

№	Статті	Величина витрат, грн.	Вказівки до розрахунку
1	2	3	4
1.	Доход (виручка) від реалізації (договірна ціна)	39834562,5	п.14 табл.6.7
2.	Собівартість реалізованої продукції (виробничої)	29162930	п.08 табл.6.7

1	2	3	4
3.	Валовий прибуток	10671632,5	п. 1-п. 2
4.	Адміністративні витрати	2610750	п.09 табл.6.7
5.	Витрати на збут	41770	п.10 табл.6.7
6.	Інші операційні витрати	52200	п.11 табл.6.7
7.	Фінансові результати від операційної діяльності (прибуток)	7966912,5	п. 3- (04+05+06)
8.	Податок на прибуток від звичайної діяльності	1991728,225	25% від п. 7
9.	Фінансовий результат (прибуток)	5975184,28	п. 7-п. 8

6.8. Розрахунок обсягу капітальних вкладень та термінів окупності проекту

Припустимо, що освоєння випуску нової продукції починається з 01.01.2024 р. та продовжується протягом 6 років.

За цей період досягається обсяг випуску річної продукції 10 000 штук. Будемо вважати, що ціни на продукцію залишаються незмінними, а проектний обсяг виробництва досягається поступово.

Таблиця 6.9.

Проектні обсяги виробництва

Роки	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Обсяг виробництва, %	70	90	100	100	100	100

6.8.1. Розрахунок обсягів інвестиційних вкладень в проект

Таблиця 6.10

Розрахунок обсягів інвестиційних вкладень в проект

Показники	Величина витрат, грн.
1	2
I. Інвестиційні вкладення в основні фонди	
1. Будівлі, споруди, передаточні пристрої	425800

1	2
2. Транспортні засоби	296782,5
3. Інші	1928078,25
Підсумок вкладень в основні фонди	2650660,75
II. Інвестиції в оборотні засоби	3148295,2
Всього	5798956

Інвестиції в оборотні засоби визначаються різницею між повною собівартістю та амортизацією.

$$I_{\text{ІНВ}} = \frac{ПС - А}{12} \times 1,2 = \frac{31867650 - 384697,37}{12} \times 1,2 = 3148295,2 \text{ грн.}$$

6.8.2. Розрахунок грошового потоку

Таблиця 6.11

Розрахунок грошового потоку

Показники	Значення, грн.	Вказівки до розрахунку
1	2	3
1. Чистий прибуток, у тому числі	8249814,9	
а) у річному об'ємі продукції	5975184,28	
б) прибуток від випуску супутньої продукції	2274630,6	
2. Амортизація першої групи основних фондів	21290	5% від I групи капітальних вкладень
3. Амортизація другої групи основних фондів	74195,63	25% від II групи капітальних вкладень
4. Амортизація третьої групи основних фондів	289211,74	15% від III групи капітальних вкладень
Разом сумарний грошовий потік	8634512,2	$\sum (01; 02; 03; 04)$

Прибуток від випуску супутньої продукції визначається по наступній формулі:

$$\Pi' = \frac{\Pi}{TН} (TН' - TН)$$

де: Π' – прибуток від випуску супутньої продукції;

$TН$ –працемісткість річної програми, н.-год.;

$TН'$ –працемісткість річної програми на підставі супутньої продукції, н.-год.;

Π – отриманий прибуток від заданої програми.

$$\Pi' = \frac{5975184,28}{45910} (63387 - 45910) = 2274630,6 \text{ грн.}$$

Таблиця 6.12

Розрахунок сумарного грошового потоку

Показники	Роки	Значення, грн.
1	2	3
0 Сума капітальних вкладень	поч. 2024	(-5798956)
1 70% грошового потоку	2024	6044158,5
2 90% грошового потоку	2025	7771060,9
3 100% грошового потоку	2026	8634512,2
4 100% грошового потоку	2027	8634512,2
5 100% грошового потоку	2028	8634512,2
6 100% грошового потоку	2015	8634512,2
Разом		42554310

Термін окупності дорівнює:

1 рік: $(-5798956) + 6044158,5 = (245202,5) \text{ грн.};$

2 рік: $(245202,5) + 7771060,9 = 7525858,4 \text{ грн.}$

$$T_{ок} = 1 + \frac{245202,5}{7771060,9} = 1 + 0,03 = 1,03 \text{ року або 1 рік 1 місяць}$$

					6261м.17.МР.09.06.ПЗ	Арк.
						122
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.8.3. Визначення чистої сучасної вартості проекту та терміну окупності проекту

Таблиця 6.13

Визначення чистої сучасної вартості проекту

Роки	Показники	Коефіцієнт дисконтування	Значення, грн.
1	2	3	4
0	Сума капітальних вкладень	$K_d = 1/(1 + K_c)^t$ $K_d = 1/(1 + 0,15)^t$	(-5798956)
1	70% грошового потоку	0,8696	5256000,2
2	90% грошового потоку	0,7561	5875699,1
3	100% грошового потоку	0,6575	5677191,7
4	100% грошового потоку	0,5718	4937214
5	100% грошового потоку	0,4972	4293079,4
6	100% грошового потоку	0,4323	3732699,6
Разом чиста сучасна вартість проекту			23972927

1 рік: $(-5798956) + 5256000,2 = (542955,8)$ грн.;

2 рік: $(542955,8) + 5875699,1 = 5332743,3$ грн.

$$T_{ок} = 1 + \frac{542955,8}{5875699,1} = 1 + 0,09 = 1,09 \text{ року або 1 рік 2 місяці}$$

6.9. Техніко-економічні показники дільниці

Для отримання повного уявлення про характеристику проектної дільниці механічного цеху та можливості отримання даних для перевірки економічної доцільності необхідно мати комплекс підсумкових даних, які характеризують економічну сторону роботи спроектованої дільниці. Основні техніко-економічні показники роботи дільниці зведені у таблицю 6.14

					6261м.17.МР.09.06.ПЗ	Арк.
						123
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Техніко-економічні показники дільниці по виготовленню деталі типу вал

Назва показників	Одиниці вимірювання	Значення
1	2	3
1. Обсяг виробництва	шт.	10 000
2. Працемісткість річної програми у тому числі на підставі супутньої продукції	н.-год.	63387
3. Чисельність працівників, всього	чол.	46,15
у тому числі:		
– основних виробничих працівників	чол.	27
– допоміжних працівників	чол.	13
– фахівців	чол.	4,62
– службовців	чол.	0,8
– молодшого обслуговуючого персоналу	чол.	0,73
4. Середній розряд робочих		
– основних		4
– допоміжних		3,35
5. Фонд заробітної плати, всього	грн.	2728297,6
у тому числі:		
– основних виробничих працівників	грн.	1911283,8
– допоміжних	грн.	473079,99
– фахівців	грн.	295930,25
– службовців	грн.	31120,32
– молодшого обслуговуючого персоналу	грн.	16883,44
6. Середня заробітна плата		
– основних робочих	грн.	5899,02
– допоміжних робочих	грн.	3032,56
– спеціалістів	грн.	5337,85

1	2	3
– службовців	грн.	3241,7
– молодшого обслуговуючого персоналу	грн.	1927,33
7. Вартість основних виробничих фондів		
– будівлі, споруди, передаточні пристрої	грн.	425800
– транспорт, ПЕОМ	грн.	296782,5
– інші	грн.	1928078,25
8. Кількість обладнання, яке використовується на дільниці	шт.	16
9. Середній коефіцієнт завантаження	%	85
10. Коефіцієнт використання матеріалу		0,53
11. Собівартість одиниці продукції	грн.	3186,76
12. Собівартість річної програми	грн.	31867600
13. Оптова ціна річної виробничої програми	грн.	39834562,5
14. Чистий прибуток	грн.	5975184,28
15. Термін окупності капітальних вкладень	рік	
– без дисконту		1,03
– з урахуванням дисконту		1,09

Висновок

В результаті проведеного організаційно-економічного розрахунку визначені наступні показники механічної дільниці по проектуванню деталі – вал: коефіцієнт завантаження обладнання на дільниці 0,85. Кількість працюючих основних, допоміжних та інших фахівців: 46,15 чоловік. Середньомісячна заробітна плата виробничого працівника грн.

Витрати на виготовлення деталі: 2916,29 грн., а повна собівартість одиниці продукції 3186,76грн. При цьому термін окупності проекту з урахуванням дисконту складає 1 рік 2 місяці з грошовим потоком 8634512,2 грн. За рахунок

					6261м.17.МР.09.06.ПЗ	Арк.
						125
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цього отримано зниження матеріальності, підвищення продуктивності праці, зниження працемісткості за рахунок використання нових досягнень у обробці металів, а також ефективне використання основних засобів цеху (дільниці).

					6261м.17.МР.09.06.ПЗ	Арк.
						126
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.Охорона праці [22]

Вступ

Охорона праці – це система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Повністю безпечних і нешкідливих виробництв не існує. Завдання охорони праці – звести до мінімуму ймовірність поразки або захворювання працівника з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці.

Реальні виробничі умови характеризуються, як правило, наявністю деяких небезпечних і шкідливих виробничих чинників.

Небезпечним виробничим чинником називається такий виробничий чинник, дія якого на працюючого в певних умовах приводить до травми або до іншого раптового, різкого погіршення здоров'я.

Шкідливим виробничим чинником називається такий виробничий чинник, дія якого на працюючого в певних умовах приводить до захворювання або зниження працездатності.

Дисципліна «Охорона праці» – комплексна дисципліна, що включає виробничу санітарну техніку безпеки, пожежну і вибухову безпеку, законодавство по охороні праці.

7.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників, що впливають на виробничий персонал ділянки

При виготовленні деталі – вал на проєктованій ділянці механічної обробки може виникнути ряд небезпечних і шкідливих чинників.

1. Наявність небезпечних зон – простору, в якому можлива дія на працюючого небезпечних і шкідливих виробничих чинників. Небезпека локалізована в просторі довкола рухомих елементів: ріжучого інструменту, оброблюваних деталей, ремінних і ланцюгових передач, робочих столів верстатів, конвеєрів,

					6261м.17.МР.09.07.ПЗ	Арк.
						128
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

переміщуваних підйомно-транспортних машин, вантажів і так далі. Особлива небезпека створюється у разі коли можливий захват одягу або волосся працюючого рухомими частинами устаткування.

Наявність небезпечної зони може бути обумовлена небезпекою травмування відлітаючими частками матеріалу заготовки і інструменту при обробці вильотом оброблюваної деталі із-за поганого її закріплення або поломки.

Щоб уникнути нещасного випадку, небезпечні зони необхідно захистити. При цьому обгороджування не повинне знижувати продуктивність устаткування.

2. Забруднення повітря робочої зони. Технологічний процес супроводжується виділенням в повітря виробничих приміщень шкідливих речовин – пари, газів, твердих і рідких часток. Пари і гази утворюють з повітрям суміші, а тверді і рідкі частки речовини – дисперсні системи – аерозолі.

При механічній обробці крихких матеріалів, обробці поверхні (шліфуванні), упаковці і розфасовці утворюється пил.

Шкідливі речовини проникають в організм людини і можуть викликати порушення нормальної життєдіяльності. Для очищення повітря від шкідливих речовин необхідно встановити вентиляційні установки.

3. Метеорологічні установки, або мікроклімат, у виробничих умовах визначаються наступними параметрами:

- температурою повітря;
- відносною вологістю;
- швидкістю руху повітря на робочому місці, а також атмосферний тиск P , який впливає на парціальний тиск основних компонентів повітря, а отже і на процес дихання.

Життєдіяльність людини може проходити в досить широкому діапазоні тиску 734-1267 гПа (550-950 мм.рт.ст.).

Необхідність обліку основних параметрів мікроклімату може бути пояснена на підставі розгляду теплового балансу між організмом людини і довкіллям виробничих приміщень.

Людина постійно знаходиться в процесі теплової взаємодії з довкіллям. Для

					6261м.17.МР.09.07.ПЗ	Арк.
						129
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

того, щоб фізіологічні процеси в її організмі протікали нормально, теплота, що виділяється організмом, повинна відводитися в довкілля. В умовах комфорту у людини не виникає температурного відчуття холоду або перегріву, що її турбують.

Вологість повітря надає великий вплив на терморегуляцію організму. Підвищена вологість ($\varphi > 85\%$) утрудняє терморегуляцію із-за зниження випару поту, а дуже низька вологість ($\varphi < 20\%$) викликає пересихання слизових оболонок дихальних доріг. Оптимальні величини відносної вологості складають 40-60%.

Рух повітря в приміщеннях є важливим чинником, що впливає на теплове самопочуття людини.

Мінімальна швидкість руху повітря складає 0,2 м/с. У зимову пору року швидкість руху повітря не повинна перевищувати 0,2–0,5 м/с, а влітку – 0,2–1,0 м/с.

При дії високої температури повітря, інтенсивного теплового випромінювання можливий перегрів організму, який характеризується підвищенням температури тіла, яскравим виділенням поту, почастищенням пульсу і дихання, різкою слабкістю, запамороченням.

Відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 встановлюються оптимальні і допустимі метеорологічні умови для робочої зони приміщення, при виборі яких враховуються:

- пора року – холодний і перехідний періоди з середньодобовою температурою зовнішнього повітря нижче $+10^{\circ}\text{C}$; теплий період з температурою $+10^{\circ}\text{C}$ і вище;
- категорія роботи: фізичні роботи середнього тяжіння з енерговитратами 172-293 Дж/с.

Необхідний стан повітря робочої зони може бути забезпечений виконанням певних заходів: механізація і автоматизація виробничих процесів, дистанційне керування ними; вживання технологічних процесів і устаткування, що виключають утворення шкідливих речовин або попадання їх в робочу зону; захист від джерел теплових випромінювань; пристрої вентиляції і опалювання; вживання засобів індивідуального захисту.

					6261м.17.МР.09.07.ПЗ	Арк.
						130
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Недостатнє і нерівномірне освітлення робочих місць може привести до перенапруження зору, перевтоми організму, до виникнення надмірної дратівливості, ослаблення уваги. Негативно впливає на зір і дуже яскраве освітлення. Перевищення норм яскравості призводить до зниження функції зору, викликає подразнення і різь в очах, головні болі.

Система освітлення повинна забезпечити:

- достатню освітленість і рівномірний розподіл світлового потоку на робочій поверхні;
- постійність величини освітлення;
- виключення глибоких тіней;
- відсутність різкої відмінності яскравості робочих поверхонь і навколишнього фону;
- відсутність засліплюючої дії джерела світла високого рівня яскравості.

Основним документом, який визначає необхідні норми освітленості робочих поверхонь є ДБН В.2.5-75:2013.

5. Виробничі вібрації. Причиною виникнення є неврівноважені силові дії працюючих машин і агрегатів. Розрізняють загальну і локальну вібрації. Загальна вібрація викликає струс всього організму, місцева залучає до коливальних рухів окремі частини тіла.

Систематична дія загальних вібрацій, що характеризуються високим рівнем віброшвидкості, може бути причиною вібраційної хвороби – стійких порушень фізіологічних функцій організму, обумовлених переважно дією на центральну нервову систему. Ці порушення виявляються у вигляді головних болів, запаморочень, поганому сні, зниженій працездатності, поганому самопочутті, порушеннях серцевої діяльності.

Для зниження рівня вібрацій необхідно використовувати віброгасителі.

6. Підвищений рівень шуму. Сильний шум шкідливо відбивається на здоров'ї і працездатності людей. Людина, працюючи при шумі, звикає до нього, але тривала дія сильного шуму викликає загальне стомлення, може привести до погіршення слуху, а інколи і до глухоти, порушується процес травлення, відбуваються зміни

					6261м.17.МР.09.07.ПЗ	Арк.
						131
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

об'єму внутрішніх органів. Рівень шуму не повинен перевищувати 80 дБ за шкалою А.

Для зменшення впливу шуму на організм робітника можна застосовувати засоби індивідуального захисту (навушники, шлеми).

7.2. Запобігання дії вібрацій на виробничий персонал дільниці

Основними методами боротьби з вібраціями машин і устаткування є:

1. зниження вібрацій дією на джерело збудження (за допомогою зниження або ліквідації сил, що вимушують);
2. настройка від режиму резонансу шляхом раціонального вибору маси або жорсткості системи, що коливається;
3. динамічне гасіння коливань – приєднання до об'єкту, що захищається, системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкту в точках приєднання системи;
4. зміна конструктивних елементів машин і будівельних конструкцій;
5. віброізоляція;
6. засоби індивідуального захисту.

Розглянемо ці методи детальніше.

І. Боротьба з вібрацією шляхом дії на джерело збудження. При конструюванні машин і проектуванні технологічного процесу перевага повинна віддаватися таким кінематичним і технологічним схемам, при яких динамічні процеси, викликані ударами, були б виключені або гранично понижені.

Причиною низькочастотних вібрацій двигунів є невірноваженість елементів, що обертаються.

Дія невірноважених динамічних сил посилюється поганим кріпленням деталей, їх зносом в процесі експлуатації. Усунення невірноваженості мас, що обертаються, досягається балансуванням.

При кінематичному збудженні вібрацій застосовуються наступні методи боротьби, що знижують вібрацію дією на джерело збудження:

- зміна конструктивних елементів машин і будівельних конструкцій;

					6261м.17.МР.09.07.ПЗ	Арк.
						132
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- зменшення нерівностей профілю дороги самоходних і транспортних машин.

II. Настройка від режиму резонансу

Резонансні режими при роботі технологічного устаткування усувають двома шляхами: або зміною характеристик системи (маси або жорсткості), або встановленням нового робочого режиму. Другий метод здійснюють на стадії проектування, оскільки в умовах експлуатації режими роботи визначаються умовами технологічного процесу. Жорсткість системи змінюють введенням в конструкцію ребер жорсткості або зміною її пружних характеристик.

III. Динамічне гасіння вібрацій

Для зниження вібрацій можна використовувати віброгасителі (динамічні, ударні, пружинні, плаваючі).

Тип віброгасителя вибирають залежно від частоти коливань, які мають бути понижені. Орієнтовно можна вважати, що маятникові ударні віброгасителі застосовують для гасіння коливань з частотою 0,4-2 Гц, пружинні 2-10 Гц і плаваючі вище 10 Гц.

IV. Зміна конструктивних елементів машин і будівельних конструкцій для зниження вібрації на шляху її поширення виробляється частіше за рахунок збільшення жорсткості системи (введення ребер жорсткості).

V. Віброізоляція

Цей спосіб захисту полягає в зменшенні передачі коливань від джерела збудження об'єкту, що захищається, за допомогою пристроїв, що поміщаються між ними. Віброізоляція здійснюється введенням в коливальну систему додаткового пружного зв'язку, перешкоджаючого передачі вібрацій від машини-джерела коливань до основи або суміжних елементів конструкції; цей пружний зв'язок може також використовуватися для ослаблення передачі вібрацій від підстави на людину або на агрегат, що потрібно захистити.

Прикладом віброзахисту є установка гнучких вставок в комунікаціях відводу повітря і в місцях проходження через будівельні конструкції, вживання пружних прокладок у вузлах кріплення відводів повітря при монтажі, розділення гнучким

					6261м.17.МР.09.07.ПЗ	Арк.
						133
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зв'язком перекриттів і несучих конструкцій будівлі, влаштування так званої «плаваючої» підлоги (настил підлоги відділяється від перекриття пружними прокладками).

У всіх випадках введення додаткового пружного зв'язку знижує передачу вібрацій від джерела суміжним елементам конструкції.

Норми по обмеженню загальних вібрацій, тобто вібрацій робочих місць (підлоги, основ машини, сидінь і так далі) встановлюють величину логарифмічного рівня коливальної швидкості в октавних діапазонах з середньонометричними значеннями 2, 4, 8, 16, 32, 63 Гц, а норми по обмеженню локальної вібрації – в октавних смугах частот з середньонометричними значеннями 16, 32, 63, 125, 250, 500, 1000 Гц.

Гігієнічні норми встановлені для тривалості робочої зміни 8 год.

Для видів вібрації (або особливих умов і дії) що не знайшли віддзеркалення в ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 допустимі величини рівня вібрацій мають бути приведені в стандартних або технічних умовах на конкретні види устаткування.

Виходячи з вимог ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 по обмеженню місцевої вібрації, розроблений стандарт ГОСТ 17770-86, що встановлює допустимі логарифмічні рівні середньоквадратичної швидкості вібрацій в октавних смугах частот для основних типів ручних машин.

Засоби індивідуального захисту від вібрацій.

При роботі з ручним, механізованим, електричним і пневматичним інструментом застосовують засоби індивідуального захисту рук від дії вібрацій. До них відносять рукавиці, рукавички, а також віброзахисні прокладки або пластини, які забезпечені кріпленнями в руці. Загальні технічні вимоги до засобів індивідуального захисту рук від вібрацій визначені ГОСТ 12.4.002-97. Враховуючи несприятливу дію холоду на розвиток віброхвороби, при роботі в зимовий час робітників треба забезпечити теплими рукавицями.

7.3. Розрахунок освітлення дільниці

Для розрахунку штучного освітлення дільниці застосовуємо метод

					6261м.17.МР.09.07.ПЗ	Арк.
						134
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

коефіцієнта використання світлового потоку.

Найбільш поширений метод призначений для розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь за відсутності великих предметів, які створюють тінь, з врахуванням світла, відбитого стінами і підлогою. Даний метод визначає світловий потік і потужність ламп, а також кількість світильників, необхідних для створення заданої освітленості.

На проєктованій ділянці для загального освітлення використовуються світильники з газорозрядними лампами. Довжина ділянки 25 м., ширина ділянки $B=18$ м, висота $H=8,4$ м. Для освітлення приймаємо світильники типа ЛСП 02 [35]. Рівень мінімальної освітленості люмінесцентними лампами по нормах $E_{\min}=100$ лк. Коефіцієнт віддзеркалення потоку $\rho_{\text{пот}}=50\%$, стін $\rho_{\text{ст}}=30\%$, робочій поверхні $\rho_p=10\%$, висота робочої поверхні $h_p=1$ м.

Рішення

Відстань від стелі до робочої поверхні

$$H_0 = H - h_p = 8,4 - 1 = 7,4 \text{ м}$$

Відстань від стелі до світильника

$$h_c = 0,25 \cdot 7,4 = 1,85 \text{ м}$$

Висота підвішування світильника над освітлюваною поверхнею

$$h = H_0 - h_c = 7,4 - 1,85 = 5,5 \text{ м}$$

Висота підвішування світильника над підлогою

$$H_n = h + h_p = 5,55 + 1 = 6,55 \text{ м}$$

(величина, яка знаходиться в межах норм)

Для досягнення найбільшої рівномірності освітлення приймаємо відношення $L / h = 1,5$.

Тоді відстань між центром світильників:

$$L = 1,5 \cdot h = 1,5 \cdot 5,55 = 8,325 \text{ м}$$

Необхідна кількість світильників

$$N = \frac{S}{L^2} = \frac{25 \cdot 18}{8,325^2} = \frac{450}{69,31} = 6,5 = 7 \text{ шт}$$

Приймаємо 7 світильників.

Визначаємо індекс приміщення

					6261м.17.МР.09.07.ПЗ	Арк.
						135
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A + B)} = \frac{25 \cdot 18}{5,55(25 + 18)} = \frac{450}{238,65} = 1,89$$

По таблиці 23 [35] при $i=1,89$; $\rho_{\text{пот}}=50\%$, $\rho_{\text{ст}}=30\%$, $\rho_{\text{р}}=10\%$ для світильника типа ЛСП 02 коефіцієнт використання світлового потоку $\eta=0,45$.

Визначуваний світловий потік однієї лампи з урахуванням того, що кількість ламп, встановлених в одному світильнику рівно двом.

$$\Phi = \frac{E_{\text{min}} \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{2 \cdot N \cdot \eta} = \frac{100 \cdot 25 \cdot 18 \cdot 1,3 \cdot 1,1}{2 \cdot 7 \cdot 0,45} = 10214,3 \text{ лк}$$

де: K_3 – коефіцієнт запасу, таблиця 5 [35];

Z – коефіцієнт мінімальної освітленості (для люмінесцентних ламп $Z=1,1$).

По певному світловому потоку за допомогою таблиці 17 [35] вибираємо лампу напругою 80 Вт.

При цьому фактична освітленість

$$E_{\text{ф}} = E_{\text{н}} \frac{\Phi_{\text{л}}}{\Phi_{\text{р}}}$$

де: $\Phi_{\text{л}}$ – світловий потік вибраної лампи, лм;

$\Phi_{\text{р}}$ – світловий потік лампи, отриманий при розрахунку, лм.

$$E_{\text{ф}} = 100 \cdot \frac{4170}{10214,3} = 41 \text{ лк}$$

Загальна напруга освітлювальної установки

$$P_0 = P_{\text{л}} \cdot N \cdot n = 80 \cdot 7 \cdot 2 = 1,12 \text{ кВт}$$

де: $P_{\text{л}}$ – напруга вибраної лампи;

n – кількість ламп в світильнику.

изначаємо кількість світильників, необхідних для створення заданої освітленості

$$N = \frac{E_{\text{min}} \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{n \cdot \Phi_{\text{л}} \cdot \eta} = \frac{100 \cdot 25 \cdot 18 \cdot 1,3 \cdot 1,1}{2 \cdot 4170 \cdot 0,45} = 17$$

Освітленість на ділянці проводитиметься за допомогою 18 світильників (2 ряди по 9 світильників).

					6261м.17.МР.09.07.ПЗ	Арк.
						136
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Охорона навколишнього середовища

Вступ

В умовах бурхливого розвитку промисловості, охорона довкілля стала однією з найгостріших і актуальніших проблем сучасності.

Направляючи свою діяльність перш за все на здійснення раціонального перетворення природи, людство досягло вражаючих успіхів. Проте, вторгаючись за допомогою сучасної техніки в природні процеси, людина незрідка порушує закономірності їх протікання, своєю діяльністю викликає небажані для неї ж самої зміни в природі. В результаті таких змін значно скоротилися площі лісів, зникли багато видів тварин, збільшилися площі ерозії земель, почався процес антропогенного забруднення води і повітря, стала різко скорочуватися кількість багатьох видів природних ресурсів.

Охорона довкілля означає систему державних і суспільних заходів, що забезпечують збереження природного середовища, придатного для життєдіяльності нинішніх і майбутніх поколінь людей. Вона здійснюється у виробничих, наукових, оздоровчих, естетичних і виховних цілях.

Завданнями охорони довкілля є:

1. Підтримка основних екологічних процесів і систем життєзабезпечення, від яких залежить існування людини і екологічний розвиток.
2. Збереження генетичної різноманітності, від якої залежить функціонування багатьох екологічних процесів і систем життєзабезпечення, здійснення програм селекції.
3. Забезпечення оптимального використання біологічних видів і екосистем, що є основою існування мільйонів сільських жителів, а також крупних галузей промисловості.

					6261м.17.МР.09.08.ПЗ	Арк.
						138
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8.1. Аналіз дії виробництва і технологічного процесу виготовлення деталі типа вал на довкілля

Машинобудівне виробництво надає шкідлива дія на довкілля практично на всіх етапах виготовлення деталей і машин.

1. Забруднення повітряного середовища. Машинобудівне виробництво викидає в повітряний басейн пил різного хімічного і гранулометричного складу, аерозолі масел і емульсій, випар олій, ЗОР. Вміст шкідливих газів, парів, пилу в повітрі робочої зони не повинно перевищувати ГДК за ГОСТ 12.1.005-88.

Для нормалізації повітряного середовища на ділянці використовують місцеві пристрої із спеціальними насадками, які розміщують в місцях інтенсивного виділення шкідливих речовин. Необхідно здійснювати реконструкцію зелених насаджень з посадкою квітників, чагарників і посівом газонних трав.

2. Забруднення водного середовища. Необхідну для технічних потреб чисту холодну прісну воду підприємства скидають у водоймища, що оточують їх. Машинобудівні підприємства в основному забруднюють воду механічними суспензіями, піском, металевою стружкою і мінеральними маслами ЗОР.

Забруднення вод нафтопродуктами відбувається в результаті зливу мийних розчинів і емульсій. Широке використання води для охолодження машин генераторів, різних теплових установок приводить до підвищення температури стічних вод. В результаті гідросфера піддається інтенсивному тепловому забрудненню. Очищення промислових стічних вод здійснюється до концентрації, відповідної «Правилам охорони поверхневих вод від забруднень стічними водами» і вимогам ДБН В.2.5-75:2013. Очисні спорудження промислових стоків призначені для прийому, очищення і знешкодження хімічно забруднених стоків, а також обезводнення осаду, який утворюється при освітленні стоків перед скиданням їх в господарчо-побутову каналізацію.

Відпрацьовані ЗОР необхідно збирати в спеціальні ємності. Водну і масляну фазу можна використовувати як компоненти для приготування емульсій. Масляна фаза емульсій може поступити на регенерацію. Концентрація повинна відповідати вимогам ДБН В.2.5-75:2013. Водну фазу ЗОР очищають до гранично допустимої

					6261м.17.МР.09.08.ПЗ	Арк.
						139
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

концентрації або розбавляють до допустимого вмісту нафтопродуктів і зливають в каналізацію.

3. Шкідлива дія шуму від машинобудівного виробництва по рівню перевершує багато інших галузей промисловості. Основним джерелом шуму при роботі машинобудівного устаткування є елементи приводів особливо за наявності зносу, а також процес різання і вібрація технологічної системи. Зазвичай рівні шуму знаходяться в межах 85-100 дБ. Спектр шуму середньо- і низькочастотний. Найбільш високі рівні шуму зареєстровані при роботі крупних токарних, фрезерних, шліфувальних верстатів. Додатковим джерелом шуму служать ручні і пневматичні пристосування (88-118 дБ).

Для зменшення рівня шуму необхідно проводити своєчасний огляд і ремонт устаткування, застосовувати балансування елементів машин, що обертаються, звукоізоляцію вентиляційних систем.

8.2.Очистка промислових стічних вод

Система внутрішніх водопроводів обов'язкова у виробничих і допоміжних будівлях для подачі води на виробничі, господарсько-питні і протипожежні потреби. Вода поступає на промислове підприємство з об'єднаного або роздільного виробничого господарського і пожежного водопроводу. Витрата води на виробничі потреби підприємства залежить від технологічних особливостей виробництва і визначається на основі технологічних даних.

Для спуску виробничих і господарських вод передбачають каналізаційні пристрої. Каналізація складається з внутрішніх каналізаційних устроїв, насосних станцій, напірних і самоточних колекторів, споруд для очищення, знешкодження і утилізації стічних вод, пристрою їх випуску у водоймище.

Всі стічні води підприємства повинні піддаватися очищенню від шкідливих речовин перед скиданням у водоймище. В даному випадку базове підприємство обладнане локальними очисними спорудами. Стоки підприємства поступають в міську каналізаційну систему, а потім на Галіцинівські очисні споруди, до складу яких входять механічні, хімічні, біологічні, а також комбіновані системи очищення.

					6261м.17.МР.09.08.ПЗ	Арк.
						140
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Склад очисних споруд вибирають залежно від характеристики і кількості стічних вод, що поступають на очищення, необхідної міри очищення, методу використання їх осаду і від інших місцевих умов відповідно до ДБН В.2.5-75:2013.

У складі очисних споруд повинні передбачатися грати або грати-дробарки, пісколовки і піскові майданчики, усередники, відстійники, нафтоловушки, гідроциклони, установки флотацій, ущільнювачі, біологічні фільтри, споруди для насичення очищених стічних вод киснем і інші споруди.

Грати повинні мати вічка 16 мм. Механізоване очищення грат від сміття передбачається при кількості їх 0,1 м³/сут.

Пісколовки тангенціальні застосовують для станцій очищення продуктивністю до 50000 м³/сут. Горизонтальні – продуктивністю понад 10000 м³/сут, що аеруються, – продуктивністю понад 20000 м³/сут.

Відстійники вибирають з врахуванням продуктивності станцій очищення стічних вод: до 20000 м³/сут – вертикальні, понад 15000 м³/сут – горизонтальні, понад 2000 м³/сут. – радіальні, до 10000 м³/сут – двоярусні.

Освітлювачі проектують у вигляді вертикальних відстійників з внутрішньою камерою для природної аерації.

Гідроциклони застосовують для відділення із стічних вод домішок, що осідають і грубодисперсних.

Установки флотацій застосовують для видалення із стічних вод нафтопродуктів, жирів, волокон мінеральної вати, азбесту і інших нерозчинних у воді речовин.

Біологічні фільтри (краплинні і високонавантажувані) використовують для очищення стічних вод продуктивністю до 1000 м³/сут; високонавантажувані біофільтри на станціях продуктивністю до 50000 м³/сут.

Аеротенки (змішувачі, витискувачі, проміжного типу і відстійники) застосовують для повного і неповного очищення стічних вод.

					6261м.17.МР.09.08.ПЗ	Арк.
						141
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Дослідження стійкості ділянки механічного цеху у надзвичайний стан

9.1. Обґрунтування необхідності дослідження стійкості [21]

Основними причинами виникнення надзвичайного стану техногенного характеру на дослідженій ділянці є: недоліки та помилки при проектуванні, будівництві, монтажі або виготовленні будівель, споруд, інженерно-технічних засобів та інше; порушення технологічного процесу виробництва, правил експлуатації, зберігання і транспортування, а також недотримання заходів щодо техніки безпеки та охорони праці, низький рівень підготовки і трудової дисципліни, халатність, некомпетентність виробничого персоналу, що призводить до помилкових дій, зовнішні події: стихійні лиха, аварії на КЕМ, транспортних магістралях, залізниці, об'єктах господарчої діяльності (ОГД).

Основним причинами виникнення надзвичайного стану природного характеру на ділянці механічного цеху є: руйнівні, непідвладні людині сили природи, що виникають як незалежні одне від одного або у взаємодії, антропогенний вплив господарчо-виробничої діяльності людини на природне середовище, який сприяє активізації, посиленню і навіть небезпечних природних явищ (землетрусів, зсувів, обвалів тощо).

Внаслідок цих причин надзвичайний стан у мирний час можуть виникнути на будь-якому об'єкті господарчої діяльності або території, однак найтяжчі наслідки виникатимуть під час аварії на ПМО.

Господарча діяльність в Україні в сучасних умовах відбувається, як відомо, на базі багатьох фізично і морально застарілих технологій та основних виробничих фондів. Це зумовило істотне відставання вітчизняних виробництв за рівнем безпеки від світових стандартів, що значно підвищило ймовірні виникнення аварій та катастроф.

Великомасштабне використання різних видів енергоносіїв і хімічних речовин, нових технологій і засобів, отримання енергії, розвиток в цілому промисловості, транспорту та інше, виникнення виробничих аварій та катастроф, а людям певний ризик зазнати впливу несприятливих або навіть несумісних з життям

					6261м.17.МР.09.09.ПЗ	Арк.
						143
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

факторів.

Загрожують населенню також поки ще непідвладні людині стихійні лиха. З усіх проблем забезпечення життєдіяльності населення взагалі і в Україні зокрема в сучасних умовах найбільш актуальна проблема запобігання або максимального зниження наслідків можливих аварій, катастроф та стихійного лиха, які й призводять до виникнення надзвичайного стану в мирний час.

Антропогенний вплив на довкілля сприяє активізації та посиленню стихійних явищ. З численних осередків ураження, які виникають під час стихійних лих, найбільш значними за масштабами наслідків є осередки, що утворюються при землетрусах та повенях. За ними йдуть пожежі, урагани, смерчі, сніжні замети, обледеніння.

На стійкість роботи об'єктів народного господарства у військовий час впливають наступні фактори: надійність захисту робочих та службовців від впливу зброї масового ураження, здібність інженерно-технічного комплексу об'єкта протистояти в визначеній ступені ударній хвилі, світовому випромінюванню і радіації, захищеність об'єкта від вторинних вражаючих факторів (пожеж, вибухів, затоплень, зараження сильнодіючими отруйними речовинами), надійність системи постачання об'єкта усім необхідним для виробництва продукції (сировиною, паливом, електроенергією, водою та інше), стійкість та безперервність управління виробництвом та цивільною обороною, підготовленість об'єкта до ведення рятувальних та невідкладних аварійно-відновлювальних робіт та робіт по відновленню порушеного виробництва.

Перелічені фактори визначають собою і основні, загальні для всіх об'єктів підприємства, шляхи підвищення стійкості роботи у воєнний час, тобто:

- забезпечення надійного захисту робочих і службовців від вражаючих факторів зброї масового ураження;
- захист основних виробничих фондів від вражаючих факторів зброї масового ураження, у тому числі і від вторинних;
- забезпечення стійкого постачання усім необхідним для випуску запланованої на воєнний час продукції;

					6261м.17.МР.09.09.ПЗ	Арк.
						144
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- підготовка до відновлення порушеного виробництва;
- підвищення надійності і оперативності управління виробництвом та цивільною обороною.

Спроектowana ділянка підлягає вимогам новобудов, що встановлені до проектування та будівництва. Нові об'єкти господарчої діяльності повинні будуватися на підставі вимог, виконання яких сприяє підвищенню стійкості об'єкта. Основні з них наступні:

1. Будівлі і споруди на об'єкті необхідно розташовувати розосереджено. Відстані між будівлями повинні забезпечувати протипожежні розриви.
2. Найважливіші виробничі споруди треба будувати заглибленими або пониженої висотності, прямокутної форми в плані. Це зменшує парусність будівель і збільшує опір їх ударній хвилі ядерного вибуху.
3. В складських приміщеннях повинна бути мінімальна кількість вікон та дверей.
4. Деякі унікальні види технологічного обладнання доцільно розташовувати в найміцніших спорудах або в будівлях з легких конструкцій, що не згорають, павільйонного типу.
5. Дороги на території об'єкту повинні бути з твердим покриттям та забезпечувати зручне та найкоротше повідомлення між виробничими будівлями, спорудами та складами; в'їздів на територію об'єкта повинно бути не менше двох з різних напрямків.
6. Системи побутової та виробничої каналізації повинні мати не менш двох випусків в місцеві каналізаційні мережі та пристрої для аварійних скидань у котловани, яри, траншеї та інше.

Згідно закону України «Про цивільну оборону України» громадяни України мають право на захист свого життя і здоров'я без наслідків, аварій, катастроф, значних пожеж, стихійного лиха і вимагати від уряду України, інших органів державної виконавчої влади, адміністрації підприємств, установ і організацій незалежно від форми власності і господарювання гарантій щодо забезпечення його реалізації.

					6261м.17.МР.09.09.ПЗ	Арк.
						145
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Держава, як гарант цього права, створює систему цивільного захисту, яка має своєю метою захист населення та об'єктів економіки від небезпечних наслідків аварій і катастроф техногенного, соціально-політичного, природного та воєнного характеру. Вона вимагає, щоб всі об'єкти економіки були працездатними в будь-яких умовах.

Згідно з законом України можна зробити висновок: для того щоб виробничий процес був працездатним у будь-яких умовах (у мирний або військовий час) необхідно передбачити можливі фактори виникнення небезпеки і постаратися зменшити наслідки катастроф та воєнних конфліктів. При проектуванні дільниці механічного цеху необхідно взяти до уваги вимоги, які сприяють підвищенню стійкості об'єкта. Організувати заходи по ліквідації або зменшенню шкідливих діянь.

9.2. Оцінка стійкості дільниці механічного цеху по обробці деталі – вал

Дільниця механічного цеху призначена для виготовлення деталей – валів. Дільниця являє собою приміщення площею 975м², на якій розташовані 16 верстатів, підвісний кран, КЕС складаються з систем подачі повітря для пневмообладнання та кабельної наземної електромережі. Висота приміщення 8,4 м. Будівля цеху має один поверх, цегляна, без каркасна, перекриття із залізобетонних плит. На дільниці працюють 46 працівників. Сорок з яких постійно знаходяться на робочих місцях. Також дільниця містить електричний конвеєр для збирання стружки.

Найбільш тяжким і складним випадком надзвичайного стану, з точки зору ліквідації наслідків, є застосування зброї масового ураження. Її вражаючими факторами є ударна хвиля, світлове випромінювання, проникаюча радіація, радіоактивне зараження та електромагнітний імпульс. З характеристики об'єкту дослідження випливає, що небезпечним фактором для нього є ударна хвиля. Отже, якщо досліджена дільниця буде стійка до цього фактору, то вона буде стійка і до інших. Тому і проведемо оцінку стійкості дільниці механічного цеху до впливу ударної хвилі повітряного ядерного вибуху.

					6261м.17.МР.09.09.ПЗ	Арк.
						146
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ударна хвиля – основний вражаючий фактор ядерного вибуху. Більшість руйнувань та пошкоджень будівель, споруд та обладнання об’єктів, а також ураження людей обумовлено, як правило, впливом ударної хвилі. В той же час захистити об’єкти від ударної хвилі набагато складніше, ніж від інших вражаючих факторів.

Залежно від того, в якому середовищі розповсюджується хвиля – в повітрі, воді або ґрунті – її називають повітряною ударною хвилею, в ґрунті – сейсмовибуховою.

При наземному ядерному вибуху ударна хвиля має форму півкулі, яка безперервно збільшується, поширюючись паралельно поверхні землі. Наземний ядерний вибух має радіус вражаючої ударної хвилі приблизно 20% менший ніж радіус ударної хвилі повітряного вибуху.

9.2.1. Методика розрахунку вражаючого фактору ударної хвилі

Повітряна ударна хвиля являє собою зону сильного стисненого повітря, яка розповсюджується від центра вибуху з надзвуковою швидкістю. Передня межа хвилі називається фронтом. Основними параметрами ударної хвилі, які визначають її вражаючу дію, є: надлишковий тиск ΔP_{ϕ} , швидкісний напір $\Delta P_{\text{шв}}$ та час дії ударної хвилі $t_{y.x}$.

Надлишковий тиск у фронті ударної хвилі ΔP_{ϕ} – це різниця між максимальним тиском повітря у фронті ударної хвилі P_{ϕ} до атмосферних тисків P_0 :

$$\Delta P_{\phi} = P_{\phi} - P_0$$

Надлишковий тиск у даній точці залежить від відстані до центра вибуху та міцності ядерного боєприпасу q , що вимірюється тротилевим еквівалентом у тонах.

Одночасно з проходженням ударної хвилі відбувається переміщення повітря з великою швидкістю.

Швидкісний напір тиску $\Delta P_{\text{шв}}$ – це динамічне навантаження, яке створюється потоком повітря, вимірюється в Па. Він залежить від потужності вибуху, швидкості повітряних мас та пов’язаний з надмірним тиском ударної хвилі

					6261м.17.МР.09.09.ПЗ	Арк.
						147
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta P_{шв} = \frac{2,5 \cdot \Delta P_{\phi}^2}{\Delta P_{\phi} + 720}$$

Час дії ударної хвилі ($t_{y.x.}$) – це час, коли тиск повітря відрізняється від атмосферного тиску, вимірюється в секундах.

9.2.2. Розрахунок стійкості дільниці цеху машинобудівного заводу до дії ударної хвилі ядерного вибуху

Вихідні дані:

1. Можлива потужність ядерного боєприпасу $q = 0,5$ Мт;
2. Завод розташований на відстані 0,5 км від ймовірної точки прицілювання $R_r = 2,5$ км;
3. Вибух наземний;
4. Одне ймовірне відхилення МБРЕ = 80 м (максимальне відхилення від точки прицілювання дорівнює 5 E)

$$r_{отк} = 5 \cdot E = 5 \cdot 80 = 400 \text{ м}$$

5. Характеристика цеха – будівля має один поверх, цегляна, безкаркасна, перекриття з залізобетонних плит, технологічне обладнання – це підвісний кран, верстати середньої групи важкості, КЕС складається з системи подачі повітря для пневмообладнання та кабельної наземної електромережі.

Розв'язання:

1. Визначаємо максимальне значення надлишкового тиску, яке очікується на території машинобудівного заводу. Для цього знаходимо мінімальну відстань до можливого центру вибуху:

$$R_x = R_r - r_{отк} = 2,5 - 0,4 = 2,1 \text{ км}$$

Подальше по прикладенню [12] знаходимо надлишковий тиск ΔP_{ϕ} на відстані 2,1 км для боєприпасу міцністю $q = 0,5$ Мт при наземному вибуху (менш сприятним). Цей тиск є максимальним очікуваним на об'єкті $\Delta P_{\phi \max} = 100$ кПа.

Висновок. Дільниця механічного цеху може виявитися на межі зон сильних та повних руйнувань осередку ядерного ураження з ймовірним максимальним надлишковим тиском ударної хвилі 100 кПа, а межа стійкості цеха до ударної хвилі

					6261м.17.МР.09.09.ПЗ	Арк.
						148
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20 кПа, отже цех не стійкий до ударної хвилі, найбільш слабкий елемент – будівля цеху. Можливий збиток при максимальному надлишковому тиску ударної хвилі, очікуваної на об'єкті, приведе до скорочення виробництва на 60%. Так як очікуваний на об'єкті максимальний надлишковий тиск ударної хвилі 100 кПа, а межа стійкості елементів цеха більше 100 кПа, то доцільно підвищити межу стійкості механічного цеху до 100 кПа. Для цього необхідно: підвищити стійкість будівлі цеха добудовою контрфорсів, підкосів, додаткових робочих конструкцій, кабельну електромережу, труби для повітря прокласти у землі, уражені вузли кранів та кранового обладнання закрити захисними кожухами, встановити додаткові колони кранів.

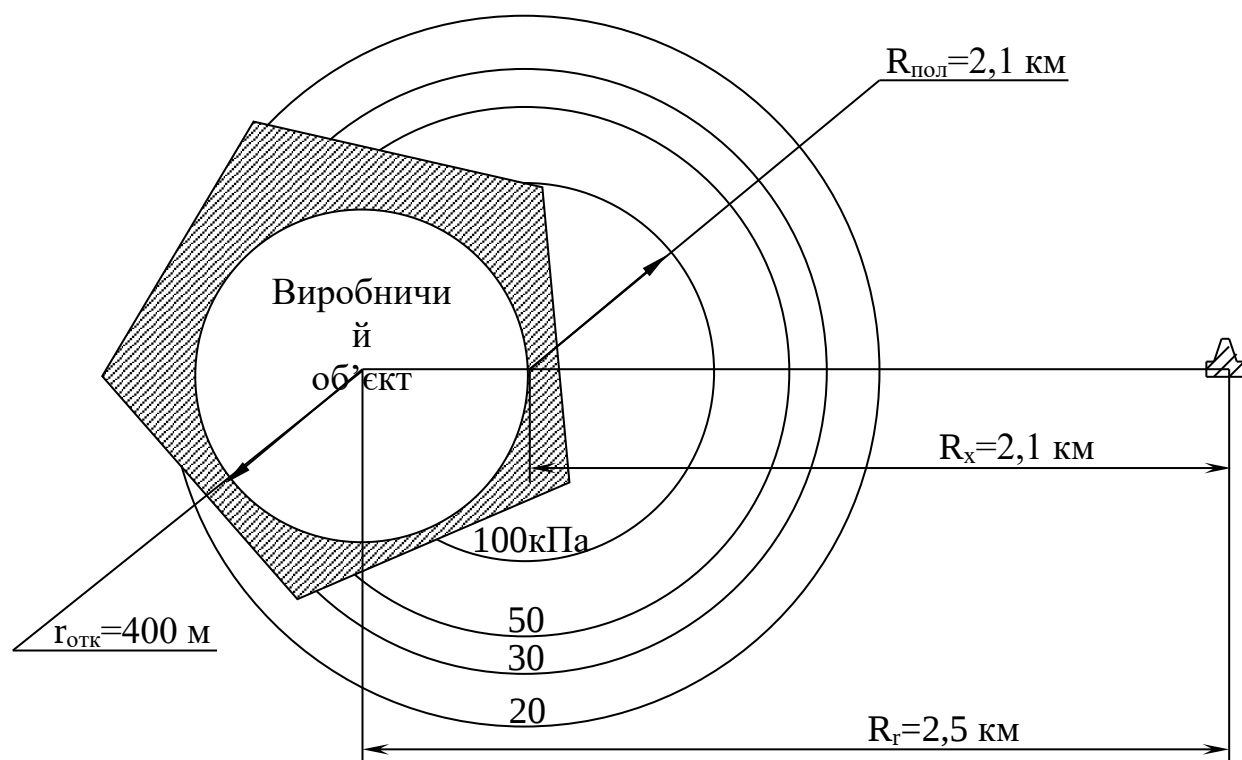


Рис. 9.1. Положення зон руйнувань в осередку ядерного ураження.

2. Оцінка стійкості споруд та обладнання до впливу швидкісного напору ударної хвилі

Для споруд та обладнання, які швидко обтікає ударна хвиля, найбільшу небезпеку представляє швидкісний напір повітря, який рухається за фронтом ударної хвилі. Тиск швидкісного напору $\Delta P_{шв}$ залежить від надлишкового тиску ΔP_{ϕ} і може бути визначено по формулі:

$$\Delta P_{\text{шв}} = 2,5 \frac{\Delta P_{\text{ф}}^2}{\Delta P_{\text{ф}} + 720}$$

$$\Delta P_{\text{шв}} = 2,5 \frac{100^2}{100 + 720} = 30,5 \text{ кПа}$$

При взаємодії швидкісного напору на об'єкт виникає зміщуючи сила $P_{\text{зм}}$, яка може викликати: зміщення обладнання відносно основи (фундаменту) або його відкидання, перекидання обладнання, ударні перенавантаження, тобто миттєве інерційне руйнування елементів обладнання.

Зміщення обладнання, що викликається дією ударної хвилі, може призвести до слабких, а в ряді випадків і до середніх руйнувань. Ступінь руйнування обладнання різко підвищується, якщо воно відкидається на якусь відстань, супроводжується ударами з іншими предметами і викликає додаткові руйнування. Обладнання зміститься зі свого місця, якщо сила зміщення сила $P_{\text{зм}}$ буде перевищувати силу тертя $F_{\text{тр}}$ та горизонтальну складову сили кріплення $Q_{\text{г}}$, тобто при

$$P_{\text{зм}} \geq F_{\text{тр}} + Q_{\text{г}}, \text{ де: } F_{\text{тр}} = f \cdot G = f \cdot m \cdot g$$

де: $Q_{\text{г}}$ – сумарне зусилля болтів кріплення, працюючих на зріз, Н; $P_{\text{зм}}$

f – коефіцієнт тертя;

$f=0,35$;

G – вага обладнання, Н;

m – маса обладнання, кг;

g – прискорення вільного падіння;

$g=9,8 \text{ м/с}^2$.

Для незакріпленого обладнання ($Q_{\text{г}} = 0$) зміщення спостерігається при $P_{\text{зм}} \geq F_{\text{тр}}$.

Сила зміщення визначається по формулі

$$P_{\text{зм}} = C_x \cdot S \cdot \Delta P_{\text{ск}}$$

де: C_x – коефіцієнт аеродинамічного опору предмета;

$C_x=1,3$;

$S = b \cdot h$ – площа місця об'єкта, м^2 ;

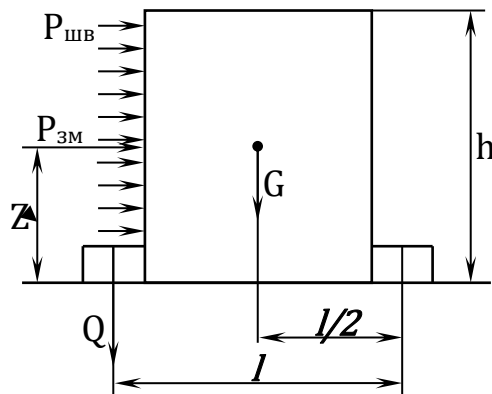
					6261м.17.МР.09.09.ПЗ	Арк.
						150
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

b – ширина, м;

h – висота предмета, м.

Сила зміщення $P_{зм}$ прикладається в центрі ваги площі (у центрі тиску) предмета (див. рис. 9.2.).

Знаючи силу тертя, можна знайти швидкісний напір, який спричиняє зміщення обладнання.



Так як $P_{зм} = C_x \cdot S \cdot \Delta P_{ск}$, то графічне значення швидкісного натиску, яке не викличе зміщення предмету:

$$\Delta P_{ск} = \frac{f \cdot G}{C_x \cdot S} = \frac{f \cdot m \cdot g}{C_x \cdot b \cdot h}$$

Рис. 9.2. Розрахункова схема

Для деяких моделей даного механічного цеху визначимо $\Delta P_{шв}$:

$$\Delta P_{шв}^{(16K20)} = \frac{0,35 \cdot 2835 \cdot 9,8}{1,3 \cdot 1,5 \cdot 2,505} = 1990 \text{ Па} = 1,99 \text{ кПа} \rightarrow \Delta P_{\phi} = 25 \text{ кПа}$$

$$\Delta P_{шв}^{(16K20\Phi3C32)} = \frac{0,35 \cdot 4000 \cdot 9,8}{1,3 \cdot 1,75 \cdot 3,36} = 1795 \text{ Па} = 1,795 \text{ кПа} \rightarrow \Delta P_{\phi} = 22 \text{ кПа}$$

$$\Delta P_{шв}^{(6H13П)} = \frac{0,35 \cdot 4250 \cdot 9,8}{1,3 \cdot 2,250 \cdot 2,170} = 2296,6 \text{ Па} = 2,3 \text{ кПа} \rightarrow \Delta P_{\phi} = 27 \text{ кПа}$$

$$\Delta P_{шв}^{(3Y142)} = \frac{0,35 \cdot 7600 \cdot 9,8}{1,3 \cdot 2,585 \cdot 1,982} = 3913,8 \text{ Па} = 3,9 \text{ кПа} \rightarrow \Delta P_{\phi} = 33 \text{ кПа}$$

$$\Delta P_{шв}^{(2M615)} = \frac{0,35 \cdot 8500 \cdot 9,8}{1,3 \cdot 2,585 \cdot 2,59} = 3349,7 \text{ Па} = 3,3 \text{ кПа} \rightarrow \Delta P_{\phi} = 32 \text{ кПа}$$

Висновок. При $\Delta P_{\phi} > 25$ кПа, ударна хвиля перекине верстати, що приведе до середніх руйнувань.

9.3. Оцінка стійкості дільниці механічного цеху до взаємодії ударної хвилі ядерного вибуху

Ступені руйнування елементів об'єктів будуть такі:

					6261м.17.МР.09.09.ПЗ	Арк.
						151
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

I. Виробничі, адміністративні будівлі та споруди:

1. Повне руйнування:

- одноповерхові будівлі з металевим каркасом та стіновим заповненням з листового металу;
- дерев'яні будівлі;
- цегляні багатоповерхові будівлі;
- будівлі з легким металевим каркасом та без каркасної конструкції;
- промислові будівлі з металевим каркасом та суцільним крихким заповненням стін та даху;
- багатоповерхові залізобетонні будівлі з великою площею скління;
- будівлі із збірного залізобетону;
- цегляні без каркасні виробничо-допоміжні будівлі з перекриттям із залізобетонних збірних елементів одно- та багатоповерхові;
- складські цегляні будівлі;
- легкі склади-навіси з металевим каркасом та шиферною крівлею;
- цегляні малоповерхові будівлі;

2. Сильне руйнування:

- склади-навіси із залізобетонних елементів;

3. Середнє руйнування:

- бетонні, залізобетонні будівлі та будівлі антисейсмічної конструкції;
- будівлі ГЕС;

4. Слабке руйнування:

- доменні печі.

II. Деякі види обладнання

Повне руйнування отримують всі середні верстати які знаходяться на ділянці, що проектується, а також крани і кранове обладнання, підйомно-транспортне обладнання, стрічкові конвеєри в галереї на залізобетонній естакаді, електродвигуни потужністю від 2 до 10 кВт.

Ковальсько-пресове обладнання отримає сильне руйнування.

					6261м.17.МР.09.09.ПЗ	Арк.
						152
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

III. Комунально-енергетичні споруди та мережі:

1. Слабкі руйнування отримають кабельні підземні лінії, підземні сталеві зварні трубопроводи діаметром до 350 мм та більше, підземні чавунні трубопроводи, трубопроводи заглиблені на 20 см, мережі комунального господарства (водопровід, каналізація, газопровід) заглиблені, споруди комунального господарства без конструкцій, що огорожують.

2. Середні руйнування отримають: підземні металеві та залізобетонні резервуари, повітряні лінії низької напруги.

3. Сильні руйнування отримають: частково заглиблені резервуари.

4. Повні руйнування отримають: дерев'яні заглиблені сховища стійчатої конструкції, повітряні лінії низької напруги на дерев'яних опорах.

IV. Засоби зв'язку та транспорту:

1. Середні руйнування отримають:

– металеві мости з довжиною прольоту 30...45 м.

2. Сильні руйнування:

– радіорелейні лінії і стаціонарні повітряні лінії зв'язку;

– переносні радіостанції;

– металеві мости з довжиною прольоту 100 м.

3. Повні руйнування отримають:

– повітряні лінії телефонно-телеграфного зв'язку;

– жердяні повітряні лінії зв'язку;

– кабельні підземні лінії зв'язку;

– вантажні машини і автотранспорт.

V. Захисні споруди

Сховища, що окремо стоять, які розраховані на надлишковий тиск ударної хвилі 500 кПа, окремо розташовані та вбудовані сховища розраховані на 300 кПа, також на 200, 100 кПа руйнувань не отримають.

Слабкі руйнування отримають: протирадіаційні укриття, розраховані на 50 кПа, підвали без посилення несучих конструкцій.

Сильні руйнування отримають протирадіаційні укриття, розраховані на

					6261м.17.МР.09.09.ПЗ	Арк.
						153
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

30 кПа.

Повне руйнування отримають входи до сховищ.

9.3.1. Характеристика ступенів руйнування ударною хвилею елементів об'єкта

1. Виробничі, адміністративні та житлові будівлі

При сильному руйнуванні відбудуться значні деформації несучих конструкцій, руйнування більшої частини перекриттів, стін та обладнання.

Відновлення елемента можливо, але зводиться, по суті, до нового будівництва з використанням деяких конструкцій, що збереглися, та обладнання.

Руйнування даху та перекриттів при середньому руйнуванні об'єкта вимагає капітального відновлювального ремонту.

При слабкому руйнуванні об'єкта (найменш міцних конструкцій будівель, споруд та агрегатів: заповнень дверних і віконних отворів, зрив кровлі) відновлювальні роботи зводяться до середнього.

2. Промислове обладнання

При сильному руйнуванні ремонт і відновлення, як правило, не доцільні.

Середні руйнування – пошкодження та деформація основних деталей, пошкодження електромережі, приладів автоматики. Використання обладнання можливе після капітального ремонту.

При слабкому руйнуванні відновлення можливе без повної розбори з заміною пошкоджених частин.

9.4. Заходи по підвищенню стійкості механічного цеху від ударної хвилі

До заходів по підвищенню стійкості механічного цеху від ударної хвилі можна віднести:

1. Зусилля окремих елементів будівель (споруд) за рахунок використання більш міцних і легких матеріалів.

2. Зменшення прольотів несучих конструкцій встановленням додаткових опор, колон та інше.

					6261м.17.МР.09.09.ПЗ	Арк.
						154
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Розміщення важкого обладнання на нижчих та цокольних поверхах будівель та споруд.
4. Розміщення нестійкого до ударних впливів цінного і унікального обладнання в міцних, заглиблених або підземних спорудах.
5. Міцне закріплення на фундаментах.
6. Оснащення обладнання автоматами, що відключають, контрольними, сигнальними та пристроями забезпечення.
7. Створення необхідних запасів найбільш уразливих деталей, вузлів, агрегатів та інше.
8. Укриття унікального та цінного обладнання з використанням ІЗУ.
9. Прокладання всіх основних КЕС під землею: кабельні лінії на глибині 1 м, трубопроводи – 1,5 м.
10. Обладнання КЕС пристроями автоматичного або ручного відключення будь-якої ділянки або всієї мережі в цілому.
11. Сповіщення про загрозу нападу і постійне інформування про обстановку, що склалася.
12. Забезпечення автоматичного переходу постачання з основного на аварійне без припинення подачі електроенергії споживачам.

9.5.Висновок до розділу

Аналізуючи результати оцінки, можна зробити висновок, що в ході дослідження було встановлено, що при ядерному вибуху потужністю 0,5 Мт, будівля даного механічного цеха понесе сильне і повне руйнування. У підвалі цеха є сховище, яке здатне вмістити усіх робочих та службовців цеха, куди потрібно своєчасно спуститись по сигналу «Повітряна тривога».

Виходячи з досліджень інженерного захисту даного цеха, можна сказати, що зупинка виробництва буде, але силами працівників виробничий процес може бути відновлений.

Виконання вказаних заходів по підвищенню стійкості механічного цеху перед руйнуванням від ударної хвилі є економічно доцільним.

					6261м.17.МР.09.09.ПЗ	Арк.
						155
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Література

1. Боженко Л.І. Технологія машинобудування Проектування та виробництво заготованок. - Підручник. – Львів, Світ, 1996. – 368 с.
2. Бондаренко С.Г. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва. - Навчальний посібник. – Київ: ІСДО, 1993. – 544 с.
3. Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування. - Навчальний посібник для студентів вищих технічних навчальних закладів. – Львів, Магнолія, 2007. – 567 с.
4. Горбатюк Є.О., Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування. - Навчальний посібник. – Львів, «Новий Світ-2000», 2012. – 358 с.
5. Довідник технолога-машинобудівника. в 2-х т. /Під заг.ред. А.Г.Косилової та Р.К.Мещерякова. – 5 вид., переробл. і доп. – Київ, Техніка, 1990. -
6. Зенкін А.С., Петко І.В. Допуски і посадки в машинобудуванні / Довідник. – Київ, Техніка, 1981.
7. Івахненко М.М., Шумілов О.П., Хлопенко Б.К. Курсове проектування для спеціальності «Технологія машинобудування» / Методичні вказівки. – Миколаїв: УДМТУ, 1999.
8. Івщенко Л.І. Державні стандарти в машинобудуванні і металообробці/Л.І.Івщенко, В.В.Петракін. – Харків, Компанія «Сміт», 2006. – 320 с.
9. Колкер Я.Д., Руднєв О.Н. Базування та бази в машинобудуванні. - Начальний посібник. – Київ, Вища школа, 1991. – 100 с.
10. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А. Технологія машинобудування. – Підручник для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування», «Металорізальні верстати та системи». – Житомир, Держ.університет «Житомирська політехніка», 2009. –
11. Обробка металів різанням. Довідник технолога /Н.А.Панов, В.В.Анікін, Н.Г.Бойм та ін. Під заг.ред. А.Н.Панова. – Київ, Техніка, 1991. – 740 с.

						Арк.
						156
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Паливода Ю.Є., Дячун А.Е., Лешук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки. – Навчально-методичний посібник. – Тернопіль: Тернопільський нац.техн.університет ім. Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

13. Практикум з дисципліни «Теоретичні основи технології виготовлення деталей машин» : Навчальний посібник / Соловійов С.М., Івахненко М.М., Шумілов О.П., Бобошко В.О., Козленко О.О.; Під заг. ред. проф. Соловійова С.М. – Миколаїв: НУК, 2006.

14. Пістун І.П., Кіт Ю.В., Березовецький А.П. Практикум з охорони праці. – Навчальний посібник. - /За заг.редк.т.н., І.П.Пістуна. – Суми, Вид-во «Університетська книга», 2000. – 207 с.

15. Руденко П.О., Харламов Ю.А. Проектування і виробництво заготовок у машинобудуванні. – Навчальний посібник. Під ред. В.М.Плескача. – Київ, Вища школа, 1991. – 247 с.

16. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. – Навчальний посібник для машинобудівних спец.вузів. – Київ, Вища школа, 1993. – 414 с.

17. Соловійов С.М., Шумілов О.П., Івахненко М.М., Бобошко В.О., Козленко О.О. Практикум з дисципліни «Теоретичні основи технології виготовлення деталей машин». – Навчальний посібник . Під заг.ред. проф. С.М.Соловійова. – Миколаїв, НУК, 2016. – 172 с.

18. Технологія машинобудівних підприємств. - Підручник /В.Л.Дикань, Ю.Є.Калабухін, Н./Каличева та ін. За заг.ред. В.Л.Диканя. – Харків, УкрДЧЗТ, 2020. – 386 с.

19. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт. – Навчальний посібник/І.І.Юрчишин, Я.М.Литвиняк, І.Е.Грицай, М.Л.Кухляк, Я.М.Кусій, В.В.Ступницький, В.А.Яцюк, А.М.Кук, Е.М.Махоркін, В.П.Свізінський. За заг.ред.І.І.Юрчишина. – Львів, Вид-во національного університету «Львівська політехніка», 2009. – 528 с.

					Арк. 157
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

20. Ткаченко І.Г., Капаціла Ю.Б., Паливода Ю.Є. Технологія машинобудування: Вступ до спеціальності. – Навчальний посібник. – Тернопіль, Тернопільський нац.тех.університет ім.Івана Пулюя, 2013. – 84 с.

21. Ткачук К.Н., Іванчук Д.Ф. та ін. Довідник з охорони праці на промисловому підприємстві. – ДО, Техніка, 1991.

22. Тубальцев А.М. Виробниче освітлення та його розрахунок. – навчальний посібник. – Миколаїв, УДМТУ, 2001. – 84 с.

23. Шумілов О.П., Станчук Е.А. та ін. Автоколивальний відрізний різець. Авт. свид. №1821292, «Бюлетень винаходів», 1993, №22.

24. Хлопенко Б.К., Шумілов О.П., Івахненко М.М., Козленко О.О. Проектування технологічних процесів обробки типових деталей. – Навчальний посібник. – Миколаїв, УДМТУ, 2003. – 56 с.

25. Чумак М.Г. Матеріали та технологія машинобудування. – Київ, Либідь, 2000.

26. Яковенко І.Е., Пермяков О.А., Фесенко А.В. Технологічні основи машинобудування. – Навчальний посібник для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування». – Харків, НТУ «ХПУ», 2022. – 421 с.

						Арк.
						158
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

Магістерська робота на тему «Удосконалення технології виготовлення валу форсажного редуктора ($\varnothing 279$ мм; $L = 445$ мм)» розроблена відповідно до діючих стандартів ЄСТД. Деталь – вал, відноситься до класу валів та складається з поверхонь обертання та лінійних поверхонь (торцевих), які не потребують складної форми заготовки. Деталь достатньо міцна та жорстка, так як відношення $L/D < 5$. Всі поверхні доступні для обробки. Найвищий квалітет точності 6, а найвищий клас шорсткості 7, відповідно при обробці не потребується спеціальних складних доводочних операцій.

В кваліфікаційній роботі надано опис призначення деталі та характеристика матеріалу, з якого вона виготовлена, зроблено аналіз її технологічності, вибір та обґрунтування типу виробництва, розроблено технологічний процес виготовлення, а також розглянуті питання використання автоколивальних, обумовлених процесом різання, для дрібнення стружки на прикладі автоколивального інструменту, працюючого з радіальними вібраціями, наведено розрахунок на міцність змінної ріжучої частини зміненої конструкції відрізного різця. В магістерській роботі наведені розрахунки спеціальних пристосувань та ріжучого і вимірювального інструментів: планшайба спеціальна, довб'як, фреза Т-подібна, скоба. Спроектована дільниця з виготовлення деталі та розраховані її техніко-економічні показники і доцільність її проектування.

Наведено аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які впливають на виробничий персонал дільниці, запобігання дії вібрацій на виробничий персонал, розрахунок штучного освітлення на дільниці. Розроблено аналіз впливу виробництва та технологічного процесу виготовлення деталі на довкілля та розглянуті питання очистки промислових стічних вод.

Наведено обґрунтування необхідності дослідження та оцінка стійкості дільниці механічного цеху з обробки деталі, заходи з підвищення стійкості механічного цеху від ударної хвилі, надано характеристику ступеню руйнування ударною хвилею елементів об'єкту.