



УКРАЇНА
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(ЗНТУ)

РЕЦЕНЗІЯ

на магістерську роботу Закопалення технологічного процесу обробки диска турбіни газоперека
(вказати тему дипломного проекту (роботи))
Студент Максименков Ю.О.

Спеціальність «131 Трикласна механіка», група МЗ-ПЗМ

Обсяг проекту ковний

Кількість аркушів креслень 8,75

Кількість сторінок пояснювальної записки 121 а.

а) короткий зміст проекту та прийнятих рішень В роботі
спроектовано так обробки диска,
обґрунтовано критерії підбирання.

б) висновок про відповідність проекту завданню
машинерська робота відповідає
завданню.

в) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту,
рівень відповідності останнім досягненням науки та техніки і передовим
методам роботи
рівень магістерської роботи не повністю
відповідають останнім досягненням
науки та техніки.

г) негативні особливості виконання проекту
категоричне кристосування не враховано
з точки зору точності виготовлення.

д) позитивні особливості дуже повно розміщено

спецзавдання роботи.

е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до проекту
графічний матеріал та пояснюваль-
на записка оформлені з урахуванням
ДСТУ 16.

є) відгук про роботу загалом взагалом робота
відповідає рівню навчально-
кваліфікаційній "матер"

ж) інші зауваження інших зауважень
немає.

з) оцінка проекту робота виконана на
достатньому рівні і заслуговує
оцінки "задовільно".

Рецензію склав

доц. кед. ТМБ Кармелюк О.Б.
 (посада, місце роботи, прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

«___» _____ 20__ р.

[14:03:32] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №772 [3] (200022 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:04:00] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №777 [3] (200021 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:04:15] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №782 [3] (200036 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:04:31] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №787 [3] (200035 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:04:52] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №792 [3] (200036 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:05:15] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №797 [3] (200020 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:06:27] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №802 [3] (200049 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:07:09] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №807 [3] (200049 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:07:44] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №812 [3] (200043 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:08:28] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №817 [3] (200042 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

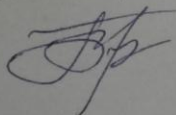
[14:08:29] Тип проверки: *Стандартная*

[14:08:29] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 25%)**

[14:08:29] **Уникальность текста 73%[©] (Проигнорировано подстановок: 0%)**

Перевірку на плагіат програмою AntiPlagiarism.NET, магістерської роботи Максименков Ю.О., провів зав. лаб. каф. ТМБ Паміров В.М.

17.12.2018р.



ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Машинобудівний
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))
Технології машинобудування
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

ДРЕЗНИЙ (МАШИНОБУДУВАНИЙ)
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему Удосконалення технологічного процесу
обробки диску турбіни 8 ступеня

Виконав: студент 6 курсу, групи МЗ-НЗМ
напряму підготовки (спеціальності)
131 "Прикладна механіка"
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Максименко Ю.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник Кондрачук Е.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Козлова О.Б.
(прізвище та ініціали)

Закоріжжя - 2018 року

ЗАТВЕРДЖЕНО
Наказ Міністерства освіти і науки,
м. Київ 18 червня 2017 року № 284
Форми № 14-2-03

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут, факультет, відділення Машинобудівний
Кафедра, циклова комісія Технологія машинобудування
Освітньо-кваліфікаційний рівень другий (магістерський)
Напрямок підготовки _____
(шифр і назва)
Спеціальність 131. Прикладна механіка
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри, голова циклової
комісії ГМБ

С.І. Дігдєв
"19" 12 2018 року

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Максименков Юрій Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення технологічного процесу
обробки диска турбіни І ступеня

керівник проекту (роботи) Кокоратюк Е.В. доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "11" 12 2018 року № 387

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 10.12.2018

3. Вихідні дані до проекту (роботи) креслення деталі, диск ТВ І ступеня
№ 600

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Технологічна схема
2. Конструктивна схема
3. Проектування допоміжних деталей
4. Створення прототипу
5. Симуляція зварювання

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

Креслення збірок, креслення деталей, РК, кваліфікація
додатково, робочий набір, конструкторське креслення,
рішення програми зварювання

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)		Підпис, дата	
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	завдання видав	завдання прийняв
1. Текст. частина	Кондратюк Е. В. доцент	4.09.18 / [підпис]	15.12.18 / [підпис]
2. Конкр. частини	Кондратюк Е. В. доцент	7.09.18 / [підпис]	15.12.18 / [підпис]
Оформлення праці	Шаймарко В. І. доцент	10.10.18 / [підпис]	12.11.18 / [підпис]
модульна в			
кадуванням			
доповідь з х			
Методичного курсу	Кривошеєв А. І. к.ф.н.	13.11.18 / [підпис]	15.12.18 / [підпис]

7. Дата видачі завдання 4.09.18

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

Керівник проекту (роботи)

и) Макс Максимов В.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)
Неу Кондратюк Е.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: стор.119, табл.14, мал.12, джерел 18, додаток.

Мета роботи – удосконалення технологічного процесу обробки диску турбіни I ступеня.

В ході роботи був розроблений технологічний процес обробки деталі диску турбіни I ступеня. Розраховано операційні припуски і розмір заготовки розрахунково-аналітичним та табличним методами. Призначено режими різання для токарних, свердлильних то шліфувальної операції.

Спроековано робоче пристосування для свердлильної операції, також спроековано контрольне пристосування для визначення радіального биття.

Наведено аналіз потенційно небезпечних факторів, що характеризують умови роботи. Проаналізовано необхідні умови роботи для усунення ризиків травматизму, нещасних випадків під час роботи на металорізальному обладнанні та за ПК.

Розглянуто визначення технічного стану авіаційної техніки методами неруйнівного контролю, саме магнітно-порошковий, капілярно-кольоровий, рентгенівський, і т.д. Приведено характерні ознаки основних дефектів деталей.

РТК, КГШП, МОП, КП, ППД ТО, ТВ, ХТО, МОР, ППТЯ

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І	
ТЕРМІНІВ	10
ВСТУП.....	11
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	13
1.1 Опис об'єкта виробництва	13
1.2 Технологічний контроль креслення.....	14
1.3 Характеристика формотворних поверхонь	14
1.4 Механічні властивості матеріалу	17
1.5 Визначення типу виробництва	19
1.6 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки.....	20
1.7 Вибір і обґрунтування технологічних баз.....	25
1.8 Аналіз технологічності конструкції.....	26
1.9 Проектування плану обробки	29
1.9.1 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	29
1.9.2 Розробка маршруту виготовлення деталі (МВД).....	33
1.10 Визначення операційних припусків і розмірів заготовки	33
1.10.1 Розрахунок операційних припусків і розмірів заготовки розрахунково-аналітичним методом	33
1.10.2 Розрахунок операційних припусків і розмірів заготовки табличним методом.....	43
1.11 Розрахунок режимів різання	45
1.11.1 Операція 045 (токарна)	45
1.11.2 Операція 85 (свердлильна)	50
1.11.3 Операція 150 (свердлильна)	54
1.11.4 Операція 125 (шліфувальна)	61
1.12 Нормування операцій	64
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	71

	8
2.1 Конструювання робочого пристосування	71
2.1.1 Опис конструкції та принципу роботи.....	71
2.1.2 Розрахунок необхідного зусилля кріплення заготовки і вибір приводу .	71
2.2 Контрольне пристосування.....	78
3 ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ	79
3.1. Визначення необхідної кількості обладнання на ділянці.....	79
3.2 Опис планування обладнання на ділянці	83
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	85
4.1 Аналіз потенційних небезпек	85
4.2 Заходи з забезпечення техніки безпеки	87
4.3 Заходи з забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці.....	90
4.4 Заходи з пожежної безпеки.....	92
4.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	94
5 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ МЕТОДАМИ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ	103
5.1 Характерні ознаки основних дефектів деталей	103
5.1.1 Окислювальний знос	103
5.1.2 Знос захоплюванням	104
5.1.3 Абразивний знос	105
5.1.4 Втомний знос	105
5.1.5 Корозійно-механічний знос.....	106
5.1.6 Корозійне руйнування.....	106
5.1.7 Ерозійне руйнування.....	108
5.1.8 Втомні руйнування.....	109
5.1.9 Термічні пошкодження	110
5.1.10 Механічні пошкодження.....	110
5.1.11 Природне старіння матеріалів.....	111
5.1.12 Інші дефекти	111
5.2 Методи визначення технічного стану деталей	112
5.2.1 Магнітно-порошковий метод	113

	9
5.2.2 Капілярно - кольоровий метод	114
5.2.2 Ультразвуковий імпульсний метод	116
5.2.3 Акустичний імпедансний метод	116
5.2.4 Метод вихрових струмів	116
5.2.5 Оптико-візуальний метод	117
5.2.6 Рентгенівський метод	117
ВИСНОВКИ	119
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	120

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І
ТЕРМІНІВ

РТК	- розрахунково-технологічна карта
КГШП	- кривошипно-горячештамповочний прес
МОП	- маршрут обробки поверхні
КП	- керуюча програма
ППД	- поверхнево-пластична деформація
ППТЯ	- послідовність показників точності і якості
МОР	- мастильно-охолоджуюча рідина
ТО	- термічна обробка
ТВ	- технічні вимоги
ХТО	- хіміко-термічна обробка
МВД	- маршрут виготовлення деталі

ВСТУП

Під час переходу машинобудівного виробництва в ринкову економіку перед ним встають безліч різних завдань і питань, що вимагають негайного і правильного їх рішення. Зростаюча конкуренція серед виробників продукції вимагає в мінімальні терміни, максимальної якості з найменшою собівартістю обробки виробу. Собівартість виробу значною мірою залежить від використання прогресивних технологічних процесів на виробництво продукції, застосування відповідно прогресивного технологічного устаткування і скорочення тривалості виробничого циклу і виготовлення деталі. Тривалість виробничого циклу виготовлення деталі у свою чергу можна скоротити, застосовуючи механізоване і автоматизоване устаткування і пристосування (як робочі, так і контрольні), зменшення ручної праці, використання автоматизованих методів прибирання стружки і транспортування деталей використання передових методів управління виробництвом.

Значною мірою скорочується тривалість циклу конструкторської і технологічної підготовки виробництва, при використанні новітніх засобів автоматизованої підготовки виробництва. Якість створюваного виробу створюється на етапах підготовки і виробництва продукції і що реалізовується в процесі експлуатації. Важливою складовою забезпечення якості продукції є контроль, як в ході виконання технологічного процесу, так і остаточний контроль деталі. Для забезпечення великого відсотка контрольованих деталей і зменшення часу на контроль, необхідно застосовувати контрольні пристосування з автоматичним і напівавтоматичним циклом роботи, при використанні різних режимів, а також систем тих, що переробляють і аналізують отриману інформацію.

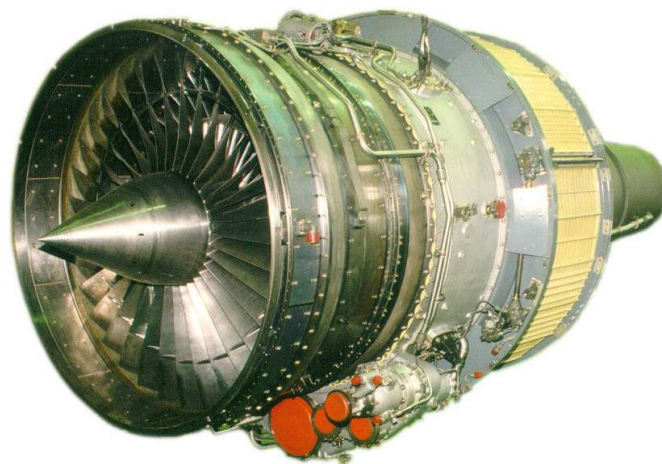
Як виведення можна написати, що в умовах ринкової економіки визначальне значення в положенні підприємства матиме застосування найбільш продуктивних, з найменшою собівартістю засобів праці, що забезпечують

необхідну якість, виконання конструкторських і технологічних робіт із складанням мережевої моделі роботи підприємства, застосування найбільш ефективних засобів і методів контролю якості продукції.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис об'єкта виробництва

Тривальний турбореактивний двоконтурний двигун Д- 436 (мал. 1.1) призначений для установки на регіональний пасажирський літак. Двигун виконаний за тривальною схемою з осьовим п'ятнадцятиступінчастим компресором, проміжним корпусом, кільцевою камерою згорання, п'ятиступінчастою турбіною, реверсивним пристроєм в зовнішньому (вентиляторі) контурі і роздільними нерегульованими вихідними соплами зовнішнього і внутрішньоконтурів.



Малюнок 1.1 – Турбореактивний двоконтурний двигун Д-436

Диск 1-го ступеня турбіни вентилятора працює в умовах підвищених температурних і динамічних навантажень, і вимагає високого класу шорсткості поверхонь, а також їх плавного сполучення, відсутність гострих кромek, подряпин і інших ушкоджень поверхонь. Вищеперелічені вимоги і умови роботи деталі обумовлюють застосування матеріалів, що мають високу жароміцність, стійкість до високотемпературної корозії, високу питому міцність і інші спеціальні

властивості. Цим вимогам відповідає жароміцний сплав ХН73МБТЮ-ВД (ЭИ698-ВД).

1.2 Технологічний контроль креслення

Робоче креслення деталі містить усі необхідні відомості, що дають повне уявлення про конструкцію деталі, тобто наявність усіх необхідних проекцій, перерізів, розмірів. На кресленні вказані усі необхідні розміри з відхиленнями, шорсткістю оброблюваних поверхонь, допуск відхилення від правильних геометричних форм, а також взаємного положення поверхонь. Креслення містить відомості про матеріал і масу деталі.

Креслення деталі зроблене згідно СТ СЭВ 1181-78.

Розміри проставлені згідно ГОСТ 2307-68.

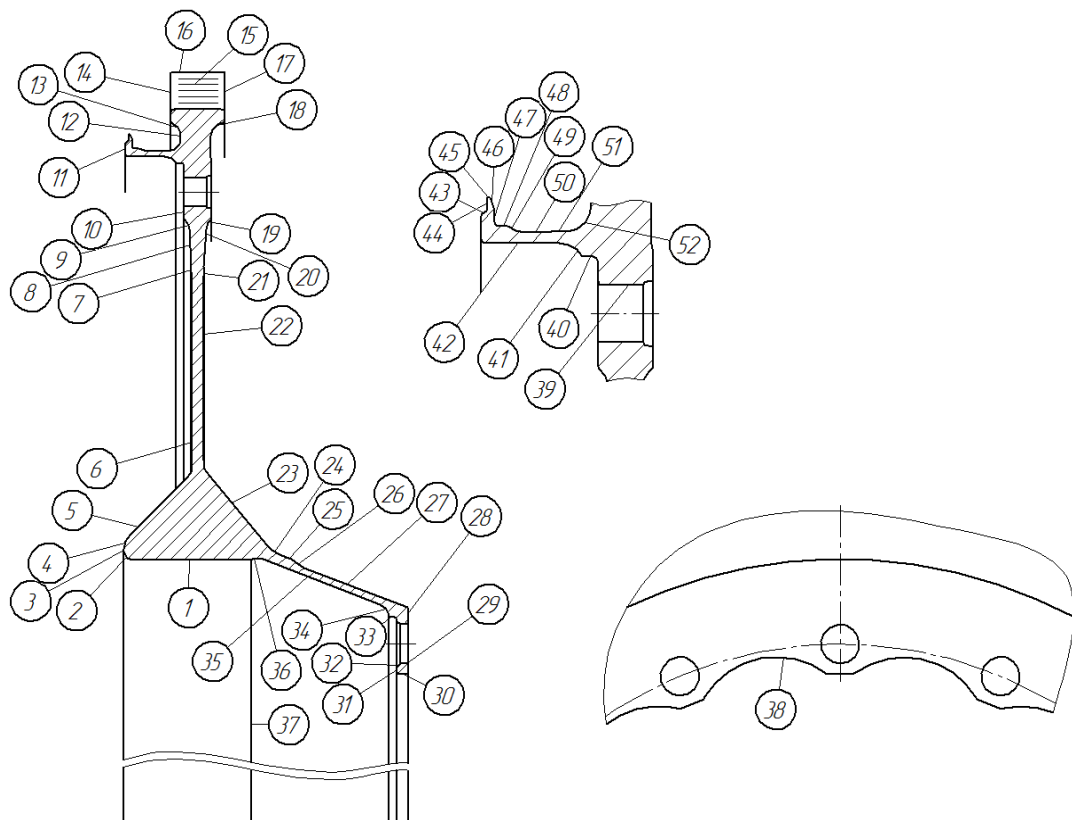
Граничні відхилення вказані у відповідності ОСТУ 141154-86.

Допуски форми і розташування поверхні виконані по ГОСТ 2.308-79.

Шорсткість на кресленні проставлена у відповідності ГОСТ 2309-73.

1.3 Характеристика формотворних поверхонь

На мал. 1.2 показана розмітка 52 основних формотворних поверхонь диска 1-го ступеня турбіни вентилятора. У таблиці 1.1 приведені характеристики основних формотворних поверхонь.



Малюнок 1.2 – Розмітка поверхонь

Таблиця 1.1 – Характеристики основних формотворних поверхонь

№ поверхні	Характер поверхні	Розмір	Квалитет	Допуск на розмір, мм	Шорсткість, Ra, мкм
1	2	3	4	5	6
1	Циліндрична	$\varnothing 300H11^{+0,32}$	11	0,32	0,4
2	Радіус	R2,5	12		1,6
3	Торцева	$14 \pm 0,1$	12	0,2	1,6
4	Радіус	R6 ₋₁	16		1,6
5	Конічна	$6,5 \pm 0,1$	12	0,2	1,6
6	Торцева	$6,2 \pm 0,1$	12		1,6
7	Радіус	R16	12		1,6
8	Конічна	$5,7 \pm 0,1$	12	0,2	1,6
9	Радіус	R4	12		1,6
10	Торцева	$8,2_{-0,1}$	11	0,1	0,8
11	Торцева	$13,5h12_{-0,18}$	12	0,18	0,8

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6
12	Торцева	$3 \pm 0,1$	12	0,2	1,6
13	Радіус	R4	12		1,6
14	Торцева	$13,5h12_{-0,18}$	12	0,18	1,6
15	Ялинкові пази	$4,919^{+0,06}$	10	0,06	1,6
16	Циліндрична	$\varnothing 588,8h9_{-0,175}$	9	0,175	1,6
17	Торцева	$13,5h12_{-0,18}$	12	0,18	1,6
18	Радіус	R4	12		1,6
19	Торцева	$58,8h8_{-0,046}$	8	0,046	0,8
20	Радіус	R4	12		1,6
21	Торцева	$4,6^{+0,2}_{-0,1}$	14	0,3	1,6
22	Торцева	$3,6^{+0,2}_{-0,1}$	14	0,3	1,6
23	Конічна	$5,5 \pm 0,1$	12	0,2	1,6
24	Радіус	R10	12		1,6
25	Конічна	$3^{+0,2}_{-0,1}$	14	0,3	1,6
26	Радіус	R10	12		1,6
27	Конічна	$2^{+0,1}_{-0,2}$	14	0,3	1,6
28	Торцева	$55H10^{+0,12}$	10	0,12	0,8
29	Конічна	$\varnothing 11,46$	12		0,8
30	Циліндрична	$\varnothing 232H11_{-0,29}$	11	0,29	1,6
31	Торцева	$3,5h12_{-0,12}$	12	0,12	0,8
32	Фаска	$1^{+0,3} \times 45^\circ$	14	0,3	1,6
33	Циліндрична	$\varnothing 266H8^{+0,081}$	8	0,081	1,6
34	Торцева	$6js16 \pm 0,375$	16	0,75	1,6
35	Конічна	$\varnothing 280H11^{+0,32}$	11	0,32	1,6
36	Радіус	R4	12		1,6
37	Торцева	$38 \pm 0,6$	15	1,2	1,6
38	Радіус	R25 _{-2,5}	17		3,2
39	Циліндрична	$\varnothing 8,5^{+0,09}$	11	0,09	1,6
40	Циліндрична	$\varnothing 535H8^{+0,11}$	8	0,11	1,6

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6
41	Радіус	R0,8 _{-0,3}	14	0,3	1,6
42	Циліндрична	Ø539H10 ^{+0,28}	10	0,28	1,6
43	Циліндрична	Ø548 ± 0,6	13	1,2	1,6
44	Торцева	1	12		1,6
45	Циліндрична	Ø552,4h8 _{-0,11}	8	0,11	1,6
46	Конічна	0,7js13 ± 0,07	13	0,14	1,6
47	Торцева	1	12		1,6
48	Циліндрична	Ø544h10 _{-0,28}	10	0,28	1,6
49	Радіус	R4	12		1,6
50	Циліндрична	1,5h12 _{-0,1}	12	0,1	1,6
51	Циліндрична	0,1	12		1,6
52	Радіус	R4	12		1,6

1.4 Механічні властивості матеріалу

Матеріал деталі: жароміцний сплав ХН73МБТЮ-ВД (табл. 1.2). Механічні властивості наведені в табл. 1.3.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад, %

Ni	Cr	W	Mo	Al	Ti	Fe	C	Mn	Si	S	P	Ce	B
Основа	17,5-20	5,5-7,5	4,0-6,0	1,9-2,3	1,0-1,4	н.б. (4)	н.б. (0,05)	н.б. (0,5)	н.б. (0,4)	н.б. (0,015)	н.б. (0,015)	н.б. (0,03)	н.б. (0,008)

Примітка: допускаються відхилення за вмістом алюмінію не більше 0,1%, по вуглецю не менше 0,02%. Допускається залишкова масова частка кобальту не більше 0,5%.

Таблиця 1.3 – Механічні властивості сплаву ХН73МБТЮ-ВД

Режим термічної обробки зразків	Температура вик., °С	Механічні властивості, не менше			
		σ_B , МПа	$\sigma_{0.2}$, МПа	δ , %	ψ , %
Загартування 1140 ± 10 °С, з охолодженням на повітрі	Кімнатна температура	1078	686	18	20
Старіння при 800 ± 10 °С, протягом 15 годин, охолодження на повітрі	800	686	588	14	25

Даний сплав виплавляється в індукційній тигельній печі так званим електрошлаковим переплавом. Його суть полягає в переплавленні під впливом струму електропровідного шлаку в спеціальній ванні, що тягне за собою істотне підвищення якості готового сплаву.

Діапазон температур для кування становить 1150°C на початковому етапі процесу і 900°C в кінці. Кування обов'язково супроводжується загартуванням за допомогою повітря або води при температурі $1100\text{--}1200^\circ\text{C}$.

Сферою застосування сплаву є виготовлення елементів газопровідних систем, призначених для роботи в умовах помірного напруження. Також це промислове виробництво електронагрівальних елементів, суцільного зварювального дроту для наплавлення елементів, для зварювання металевих конструкцій в машинобудуванні. Виготовлення частин форсажних камер в турбореактивних двигунах, метою яких є короточасне збільшення тяги, а також камер згоряння, які призначені для роботи в умовах незначного напруження при $1100\text{--}1200^\circ\text{C}$. Застосовується для виготовлення дисків і валів турбін авіаційних двигунів і газотурбінних установок. Завдяки активному утворенню оксидних плівок при нагріванні хрому і алюмінію збільшується стійкість матеріалу до негативного впливу агресивних середовищ.

1.5 Визначення типу виробництва

Попередньо тип виробництва на початковій стадії розробки технологічного процесу визначають залежно від річної програми (600 шт.) випуску і маси деталі (17,7 кг). Згідно таблиці 1.4 тип виробництва - багатосерійне.

Остаточо тип виробництва визначемо за коефіцієнтом закріплення операцій на ділянці або потоковій лінії. Коефіцієнт закріплення - це відношення всіх деталей-операцій, які виконуються чи повинні бути виконані на ділянці протягом місяця, до кількості робочих місць.

Таблиця 1.4 - Таблиця для попереднього визначення типу виробництва

Тип виробництва	Кількість оброблюваних деталей в рік, шт		
	Тяжкі, масою більше 100 кг	Середні, масою 10 – 100 кг	Легкі, масою до 10 кг
Одиничне	до 5	до 10	до 100
Дрібносерійне	5 – 100	10 – 200	100 - 500
Серійне	100 – 300	200 – 500	500 – 5000
Багатосерійне	300 – 1000	500 – 5000	5000 – 50000
Масове	більше 1000	більше 5000	більше 50000

Форма організації - змінно-потокова.

Кількість деталей настроювальної партії:

$$n = \frac{\alpha \cdot N}{251} \quad (1.1)$$

де $\alpha = 2 \dots 10$ днів - період запуску партії;

$N = 400$ шт. – річна програма випуску.

Розрахуємо кількість деталей настроювальної партії:

$$n = \frac{10 \cdot 600}{251} = 24 \text{ шт.}$$

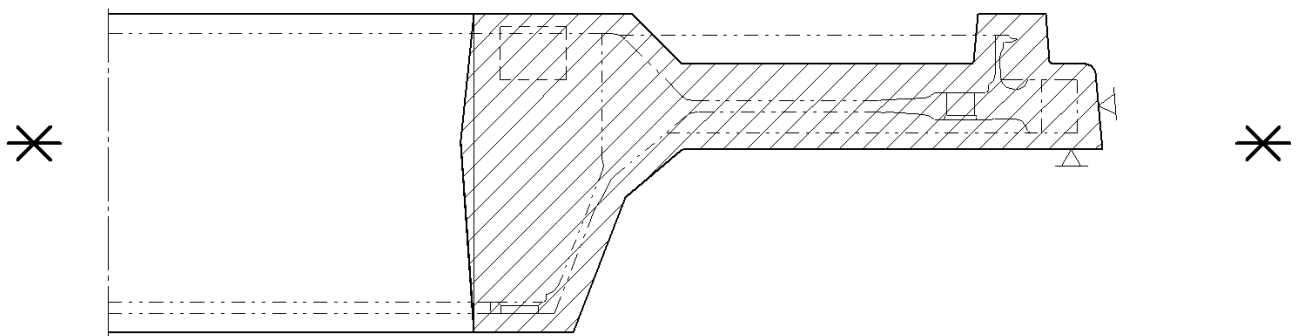
1.6 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки

Виходячи з призначення деталі, умов її експлуатації і матеріалу, заготовки отримують методами обробки тиском.

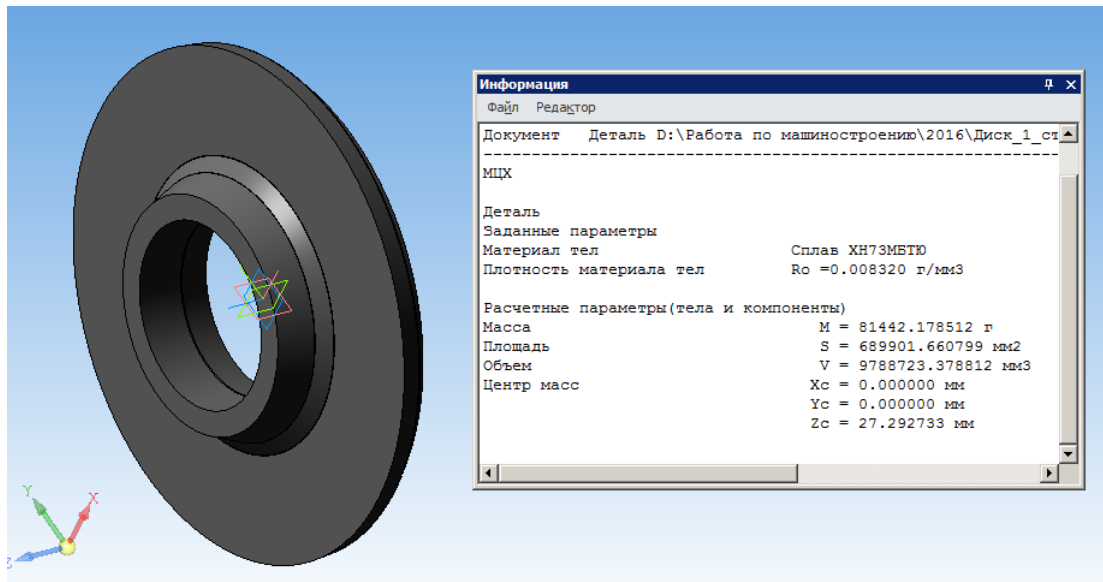
Порівнюємо два альтернативних методи одержання заготівлі:

- штампуванням на молотах;
- штампуванням на кривошипних горячештамповочних пресах (КГШП).

Метод КГШП забезпечує виготовлення відносно точних поковок без зсуву в площині роз'єму. Економічне обґрунтування одного з двох методів отримання заготовки: на молотах в відкритих штампах і на кривошипних горячештамповочних пресах у відкритих штампах. За [1, табл. 5.3, с. 104] визначаємо припуски для кованої заготовки. Ескіз кованої заготовки показаний на мал. 1.2. Маса кованої заготовки розраховуємо в програмі КОМПАС 3D по 3D її моделі (мал. 1.3). Вона становить $M_{кз} = 81,4$ кг. Група матеріалу заготовки на молотах - МЗ, ступінь складності поковки С2, клас точності поковки Т2, штампувальні ухили 7-9 ° [1, с. 121].

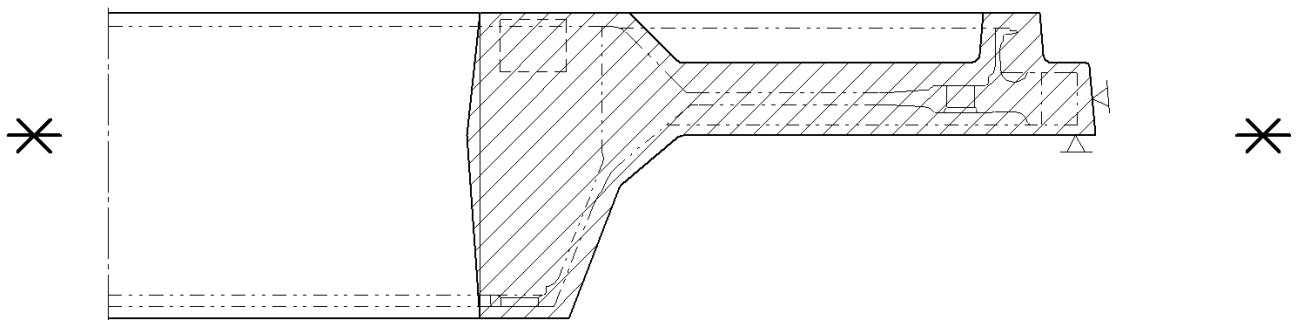


Малюнок 1.2 - Ескіз кованої заготовки

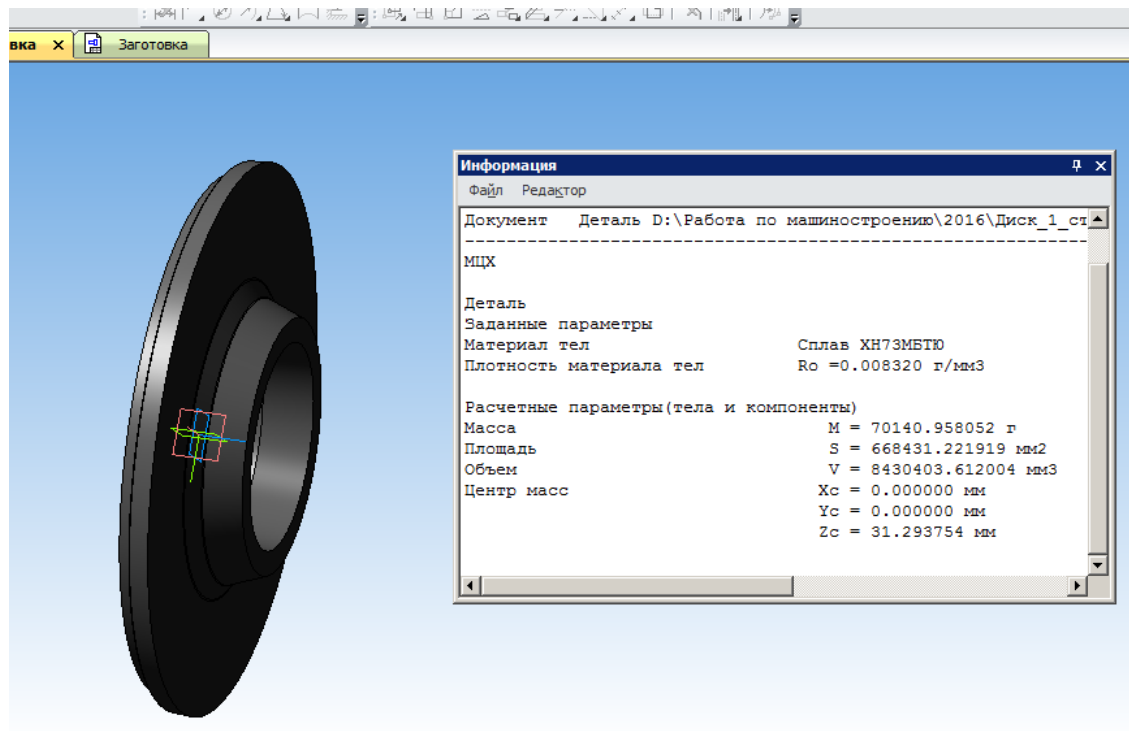


Малюнок 1.3 – 3D модель кованої заготовки вирахованої за допомогою КОМПАС 3D

Група матеріалу штампованої заготовки - М3, ступінь складності - С2 [1, табл. 5.7, с. 112], клас точності - Т2, штампувальні ухили 9° [1, с. 111], радіуси заокруглень - 8. По [1, мал. 5.21, с. 116] визначаємо вихідний індекс штампованої заготовки. Він дорівнює 14. По [1, табл. 5.9, с. 120] визначаємо допуски штампованої заготовки. Припуски попередньо оцінюємо по табл. 3 з ГОСТ 7505-89. Він становить 3,5 мм. Ескіз штампованої заготовки показаний на рис. 1.4. Маса штампованої заготовки розраховуємо в програмі КОМПАС 3D по 3D її моделі (мал. 1.5). Вона становить $M_{\text{шз}} = 70,1 \text{ кг}$.



Малюнок 1.4 - Ескіз штампованої заготовки



Малюнок 1.5 - 3D модель штампованої заготовки вирахованої за допомогою КОМПАС 3D

Маса заготовки, визначена в програмі КОМПАС 3D:

- на молотах – $M_{31} = 81,4$ кг;

- на КГШП – $M_{32} = 70,1$ кг;

Вартість однієї заготовки отриманої на молотах і коефіцієнт використання матеріалу:

$$C_1 = \frac{C_6}{1000} \cdot M_{31} \cdot K_m \cdot K_{\text{м}} \cdot K_c \cdot K_v \cdot K_n - (M_{31} - m) \cdot \frac{C_{\text{відх}}}{1000}, \quad (1.2)$$

де: $C_6 = 35000$ грн. – базова вартість виготовлення 1 тонни заготовок [2, табл 1.4, с. 13];

$C_{\text{відх}} = 12000$ грн – вартість 1 тонни стружки;

$M_{31} = 81,4$ кг – маса кованої заготовки;

$m = 17,7$ кг – маса деталі;

$K_m, K_M, K_c, K_\epsilon, K_n$ – Коефіцієнти які враховують клас точності, матеріал, групу складності, масу заготовки, програму випуску. Значення коефіцієнтів вибираємо по [2, табл. 1.24-1.28, с. 18-19].

$$K_m = 1, K_M = 1, K_c = 0,93, K_\epsilon = 0,93, K_n = 0,93.$$

$$C_1 = \frac{35000}{1000} \cdot 81,4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 \cdot 0,93 \cdot 0,93 - (81,4 - 17,7) \cdot \frac{12000}{1000} = 1520 \text{ грн}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{um} = \frac{m}{M_3} \quad (1.3)$$

$$K_{um1} = \frac{17,1}{81,4} = 0,21$$

Розрахуємо вартість однієї заготовки отриманої на КГШП і коефіцієнт використання матеріалу:

$$C_2 = \frac{C_\delta}{1000} \cdot M_{32} \cdot K_m \cdot K_M \cdot K_c \cdot K_\epsilon \cdot K_n - (M_{32} - m) \cdot \frac{C_{\text{відх}}}{1000}, \quad (1.4)$$

де: $C_\delta = 35000$ грн. – базова вартість виготовлення 1 тонни заготовок [2, табл 1.4, с. 13];

$C_{\text{відх}} = 12000$ грн – вартість 1 тонни стружки;

$M_{32} = 70,1$ кг – маса штампованої заготовки;

$m = 17,7$ кг – маса деталі;

$K_m, K_M, K_c, K_\epsilon, K_n$ – коефіцієнти які враховують клас точності, матеріал, групу складності, масу заготовки, програму випуску. Значення коефіцієнтів вибираємо по [2, табл.1.24-1.28, с.18-19].

$$K_m = 1, K_M = 1, K_c = 0,93, K_\epsilon = 0,93, K_n = 0,93.$$

$$C_2 = \frac{35000}{1000} \cdot 70,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 \cdot 0,93 \cdot 0,93 - (70,1 - 17,1) \cdot \frac{12000}{1000} = 1337 \text{ грн}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{um2} = \frac{17,1}{70,1} = 0,24$$

Економічний ефект:

$$E = (1520 - 1337) \cdot 600 = 109800 \text{ грн}$$

Результати розрахунків наведені в табл. 1.5. Порівнюючи вартість однієї заготовки і коефіцієнт використання матеріалу на молотах і КГШП, видно що вигідніше виготовляти заготовки на КГШП так як, $C_2 < C_1$ и $K_{um2} > K_{um1}$.

Таблиця 1.5 - Порівняльні показники за варіантами отримання заготовки

Показник	Позначення	Одиниця виміру	Варіант отримання	
			молот	КГШП
Маса заготовки	M_z	кг	81,4	70,1
Маса деталі	M_d	кг	17,1	17,1
Базова ціна 1т заготовок	B_6	грн	35000	35000
Вартість відходів	$B_{відх}$	грн	12000	12000
Вартість однієї заготовки	B	грн	1520	1337
КВМ	K_{BM}	-	0,21	0,24

1.7 Вибір і обґрунтування технологічних баз

Чорнова (первинна установча) база, перш за все, повинна забезпечуватися на першій операції, яка є найбільш важливою настановної базою на наступних операціях. Так як первинна база має малу точність, то її використовують тільки один раз. Повторне використання її порушує вже досягнуту точність взаємного положення.

Чорнова база повинна мати максимальні габарити для забезпечення надійного закріплення заготовки і повинна:

- мати досить точну форму;
- бути однією з необроблених поверхонь, якщо деталь не піддається обробці колом;
- бути поверхнею, яка має найменший (в порівнянні з іншими поверхнями) припуск на обробку, якщо деталь обробляється кругом;

З декількох можливих варіантів чорнових баз, вибирати потрібно ту, яка в найбільшій мірі відповідає зазначеним вище вимогам;

Головним принципом вибору чистових установчих баз (ЧУБ) є принцип єдності баз. Їм слід керуватися і при призначенні послідовності обробки (операції).

Виходячи з принципу єдності баз необхідно:

1. За ЧУБ вибирати поверхню, щодо якої координовано найбільше число інших поверхонь, як по точності розміщення, так і по точності відносних поворотів;
2. Виходячи з пункту 1, за ЧУБ вибирають конструкторські бази, які одночасно є і настроювальними і вимірювальними;
3. Не суміщення баз завжди веде до збільшення допусків на розміри, які пов'язують не суміщені бази;
4. Дотримуватися принципу сталості баз. Принцип добре реалізується для валів (центрові отвори), для корпусних деталей (площину і два настановних

отвори), для зубчастих коліс (посадкові отвори і торець на операціях: зубонарізування, шліфування і хонінгування зубів);

5. При порушенні цього принципу слід врахувати, що поверхня вже оброблена і має точність більшу, ніж будь-яка з необроблених поверхонь. Таким чином, вона повинна служити ЧУБ на наступній операції;

6. Поверхні, що представляють комплект ЧУБ, необхідно обробляти з однієї установки, що забезпечує більш високу точність їх відносного розташування;

7. Після термообробки ця точність втрачається, і необхідно комплект ЧУБ відновити, необхідно прошліфувати базовий торець з однієї установки;

8. Чистові установчі бази повинні також забезпечити:

- зручну установку;
- простоту робочого пристосування;
- мінімальні деформації при силовому закріпленні;
- мінімальні похибки установки.

1.8 Аналіз технологічності конструкції

У звичайному випадку конструкція деталі вважається технологічною, якщо вона забезпечує просте і економне виробництво. Загальними критеріями оцінки технологічності деталі є абсолютне значення трудомісткості - Т і технологічної собівартості - С її виробництва. Оцінити показники Т і С на початковому етапі проектування ТП неможливо через відсутність необхідних вихідних даних.

Технологічність деталі на початковому етапі проектування ТП можна визначити за допомогою ряду показників:

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{вм}} = \frac{q}{Q}, \quad (1.5)$$

де: $q = 103$ кг – маса деталі,

$Q = 196$ кг – маса заготовки.

$$K_{\text{вм}} = \frac{6,3}{26,6} = 0,24.$$

Якщо коефіцієнт використання матеріалу менше ніж 0,8 то, за цим параметром деталь нетехнологічна.

Коефіцієнт уніфікації конструкції елементів деталі:

$$K_{\text{ye}} = \frac{Q_{\text{ye}}}{Q_e} \geq 0,6, \quad (1.6)$$

де: $Q_e = 47$ – загальна кількість конструктивних елементів.

$Q_{\text{ye}} = 57$ – кількість уніфікованих елементів.

$$K_{\text{ye}} = \frac{47}{57} = 0,82 \geq 0,6.$$

Так як коефіцієнт уніфікації $K_{\text{ye}} = 0,82 > 0,6$ то деталь вважається технологічною.

Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{\text{то}} = 1 - \frac{1}{A_{\text{сп}}} > 0,8 \quad (1.4)$$

де: A_{cp} – середнє значення квалітету точності.

$$A = \frac{\sum A_i \cdot n_i}{\sum n_i} \quad (1.5)$$

де: A_i – квалітет точності i -й елементарної поверхні;

n_i – кількість розмірів відповідного квалітету;

$$A = \frac{5 \cdot 3 + 6 \cdot 6 + 8 \cdot 1 + 10 \cdot 3 + 11 \cdot 11 + 12 \cdot 24 + 14 \cdot 4 + 16 \cdot 5}{57} = 11,1$$

$$K_{mo} = 1 - \frac{1}{11,1} = 0,91$$

Так як, $K_{mo} = 0,91 > 0,8$ то деталь можна вважати технологічною за даним показником.

Коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}} < 0,32 \quad (1.6)$$

де B_{cp} – середнє значення показника шорсткості по робочим кресленням

$$B_{cp} = \frac{0,8 \cdot 13 + 1,6 \cdot 41 + 3,2 \cdot 3}{57} = 1,5$$

$$K_{ш} = \frac{1}{1,5} = 0,66$$

Так як, $K_{ш} = 0,66 > 0,32$ то можна сказати, що за показником коефіцієнта шорсткості деталь не технологічна, тому в цілому її можна вважати нетехнологічною.

1.9 Проектування плану обробки

1.9.1 Проектування маршруту обробки поверхонь

Розробимо МОП на дві плоскі поверхні $40\text{H}9(-0,062)$.

Параметри деталі:

- квалітет – 9, допуск – $T = 0,062$ мм;
- шорсткість – $R_a = 3,2$.

Клас шорсткості – 6 [2, табл. 2.5, с. 35].

Параметри заготовки:

- поле допуску – $^{+3,2}_{-1,6}$ [3, табл. 23, с. 146];
- квалітет – 18, допуск – $T = 4,8$ мм [3, табл. 3.1, с. 14];
- шорсткість – $R_a = 100$ [2, табл. 2.2, с. 34].

Клас шорсткості – 1. [2, табл. 2.5, с. 35].

Загальне уточнення за показниками точності і якості поверхні:

$$\varepsilon_{oIT} = \frac{T_{заг}}{T_{дет}}; \varepsilon_{oRa} = \frac{Ra_{заг}}{Ra_{дет}} \quad (1.14)$$

$$\varepsilon_{oIT} = \frac{T_{заг}}{T_{дет}} = \frac{4800}{62} = 77,4; \varepsilon_{oRa} = \frac{Ra_{заг}}{Ra_{дет}} = \frac{100}{0,8} = 125.$$

Переважаючим показником якості цієї поверхні є показник шорсткості, який потребує найбільшої уточнення. За переважаючим показником розрахуємо кількість k переходів по формулі:

$$k_p \approx 2 \lg \varepsilon_{od} = 2 \lg 125 = 4,19.$$

Приймаємо $k = 4$ переходи.

Визначаємо послідовність показників точності і якості - ППТЯ:

- по точності геометричного розміру:

$$IT18 \rightarrow H14 \rightarrow H12 \rightarrow H10 \rightarrow H9;$$

– по шорсткості поверхні:

$$Ra\ 100 \rightarrow Ra\ 12,5 \rightarrow Ra\ 6,3 \rightarrow Ra\ 3,2 \rightarrow Ra\ 3,2.$$

За рекомендаціями [3] встановлюємо, що потрібну точність і якість поверхні можна забезпечити одноразовим шліфуванням. Це останній перехід механічної обробки. Проміжні переходи: чорнове і чистове фрезерування. Методи обробки записуємо в таблиці МОП (табл. 1.6).

За [3, табл. 32 с. 192] визначаємо допуски по переходах відповідно до прийнятих ППТЯ.

Розробимо МОП на циліндричну поверхню $\varnothing 763h7_{(-0,08)}$.

Параметри деталі:

- квалітет – 7, допуск – $T = 0,08$ мм;

- шорсткість – $R_a = 1,6$.

Клас шорсткості – 7 [2, табл. 2.5, с. 35].

Параметри заготовки:

- поле допуску – $^{+4,8}_{-3,0}$ [3, табл. 27, с. 190];

- квалітет – 16, допуск – $T = 7,8$ мм [4, табл. 3.1, с. 14];

- шорсткість – $R_a = 100$ [2, табл. 2.6, с. 36].

Клас шорсткості – 1.

Загальне уточнення за показниками точності і якості поверхні:

$$\varepsilon_{oIT} = \frac{T_{заг}}{T_{дет}}; \varepsilon_{oRa} = \frac{Ra_{заг}}{Ra_{дет}} \quad (1.14)$$

$$\varepsilon_{oIT} = \frac{T_{заг}}{T_{дет}} = \frac{7800}{80} = 97,5; \quad \varepsilon_{oRa} = \frac{Ra_{заг}}{Ra_{дет}} = \frac{50}{1,6} = 31,25.$$

Переважаючим показником якості цієї поверхні є показник точності, який потребує найбільшої уточнення. За превалирующому показником розрахуємо кількість k переходів по формулі:

$$k_p \approx 2 \lg \varepsilon_{od} = 2 \lg 97,5 = 3,98.$$

Приймаємо $k = 4$ переходи.

Визначаємо послідовність показників точності і якості – ППТЯ:

– по точності геометричного розміру:

$$IT16 \rightarrow H12 \rightarrow H10 \rightarrow H8 \rightarrow H7;$$

– по шорсткості поверхні:

$$Ra\ 100 \rightarrow Ra\ 12,5 \rightarrow Ra\ 6,3 \rightarrow Ra\ 3,2 \rightarrow Ra\ 1,6.$$

За рекомендаціями [3] встановлюємо, що потрібну точність і якість поверхні можна забезпечити розгортанням. Це останній перехід механічної обробки. Проміжні переходи: зенкерование. Методи обробки записуємо в таблиці МОП (табл. 1.6).

За [3, табл. 32 с. 192] визначаємо допуски по переходах відповідно до прийнятих ППТК.

1.9.2 Розробка маршруту виготовлення деталі (МВД)

При проектуванні технологічного процесу виготовлення деталі вирішують головне завдання технології - забезпечити потрібну якість, максимальну продуктивність, мінімальну собівартість і мінімум шкідливих впливів на навколишнє середовище. Технологічні основи вирішення цього завдання закладаються при призначенні переходів маршрутів обробки поверхонь (МОП), а організаційні основи - при формуванні операцій маршруту виготовлення деталі (МВД).

Маршрут виготовлення деталі (МВД) - це загальний план, в якому на основі компонування раніше розроблених МОП встановлено склад і послідовність операцій технологічного процесу, зазначені тип і модель верстата, встановлені технологічні комплекси, розроблені схеми установок, наведені вхідні і вихідні характеристики оброблюваних поверхонь і т.д.

1.10 Визначення операційних припусків і розмірів заготовки

1.10.1 Розрахунок операційних припусків і розмірів заготовки розрахунково-аналітичним методом

При розрахунку припусків аналітичним методом мінімальний операційний припуск визначається за формулами:

При послідовній обробці протилежних поверхонь припуск визначається за формулою:

$$Z_i^{\min} = (R_z + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i \quad (1.15)$$

При паралельній обробці протилежних поверхонь двосторонній припуск:

$$2Z_i^{\min} = 2[(R_z + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i] \quad (1.15)$$

При обробці діаметральні зовнішніх і внутрішніх поверхонь двосторонній припуск:

$$2Z_i^{\min} = 2[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2}] \quad (1.16)$$

де: $R_{z_{i-1}}$ – висота нерівностей профілю поверхні на попередній операції;

h_{i-1} – глибина дефектного шару поверхні обробленої на тій же попередній операції;

$\Delta_{\Sigma i-1}$ – сумарне відхилення розташування поверхні на (i-1) операції;

ε_i – похибка установки заготовки на виконуваний операції.

Розрахунок припусків і технологічних розмірів механічної обробки зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 763h7_{(-0,08)}$.

Вихідні дані:

Матеріал деталі - жароміцний сплав ХН73МБТЮ-ВД;

Твердість - 293 ... 341 НВ;

Шорсткість поверхні - $R_a 1,6$;

Заготовка- штампування;

Маса заготовки - 180 кг.

Технологічний маршрут обробки поверхні:

- 1) заготовка штампування;
- 2) точіння чорнове;
- 3) точіння напівчистове;
- 4) точіння чистове;

5) шліфування.

Для заготовки:

$Rz_1 = 400$ мкм, $h = 400$ мкм. [3, табл.12, с.186];

Сумарна похибка форми і просторового відхилення заготовки:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2} ; \quad (1.18)$$

де: $\rho_{\text{см}} = 0,63$ мм., по [3, табл.17, с.186];

$\rho_{\text{кор}} = 0,5$ мм. [3,табл.17,с.186]

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{630^2 + 500^2} = 804 \text{ мкм.}$$

Точіння чорнове:

$Rz = 100$ мкм, $h = 100$ мкм, [3, табл. 25, с.188].

$\Delta_1 = \Delta_{\Sigma} \cdot K_y$, $K_y = 0,06$, [3, табл. 29,с.190].

$\varepsilon_1 = 0$ мкм.

$$\Delta_1 = 804 \cdot 0,06 = 48 \text{ мкм.}$$

Точіння напівчистове:

$Rz = 50$ мкм, $h = 50$ мкм, [3, табл. 25 , с.188].

$\Delta_2 = \Delta_1 \cdot K_y$, $K_y = 0,05$, [3, табл. 29, с. 190].

$\varepsilon_2 = 0$ мкм.

$$\Delta_2 = 48 \cdot 0,05 = 2,4 \text{ мкм.}$$

Точіння чистове:

$Rz = 50$ мкм, $h = 50$ мкм, [3, табл. 25 , с.188].

$$\Delta_3 = \Delta_2 \cdot K_y, K_y = 0,05, [3, \text{табл. 29, с. 190}].$$

$$\varepsilon_3 = 0 \text{ мкм.}$$

$$\Delta_3 = 2,4 \cdot 0,05 \approx 0 \text{ мкм.}$$

Точение чистовое:

$$R_z = 25 \text{ мкм}, h = 25 \text{ мкм}, [3, \text{табл. 24, с. 187}].$$

$$\Delta_4 = \Delta_3 \cdot K_y, K_y = 0,04, [3, \text{табл. 29, с. 190}].$$

$$\varepsilon_4 = 0 \text{ мкм.}$$

$$\Delta_4 = 0 \cdot 0,04 = 0 \text{ мкм.}$$

Розрахуємо мінімальні припуски для переходів механічної обробки по формулі:

$$2Z_{\min} = 2 \left(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\left(\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2 \right)} \right) \quad (1.19)$$

$$\text{Чернове точіння} - 2Z_{\min} = 2 \left(400 + 400 + \sqrt{(804^2 + 0^2)} \right) = 3209 \text{ мкм.}$$

$$\text{Напівчистове точіння} - 2Z_{\min} = 2 \left(100 + 100 + \sqrt{(48^2 + 0^2)} \right) = 497 \text{ мкм.}$$

$$\text{Чистове точіння} - 2Z_{\min} = 2 \left(50 + 50 + \sqrt{(2,4^2 + 0^2)} \right) = 205 \text{ мкм.}$$

$$\text{Шліфування} - 2Z_{\min} = 2 \left(50 + 50 + \sqrt{(0^2 + 0^2)} \right) = 200 \text{ мкм.}$$

Допуски на розміри визначаємо по [3, табл. 32, с. 192] з урахуванням квалітету допуску розміру. Результати заносимо в таблицю 1.7.

Допуск на розмір заготовки визначаємо по [3, табл. 23, с. 147] з урахуванням маси заготовки, групи матеріалу, ступеня складності штампування і розміру заготовки.

$$Td_{заг} = \left(\begin{smallmatrix} +4,8 \\ -3,0 \end{smallmatrix} \right) = 7,8 \text{ мм.}$$

Розрахуємо технологічні розміри методом розмірних ланцюгів.

Мінімальний розмір поверхні деталі - розмір останнього переходу механічної обробки:

$$d_{4 \max} = d_{4 \text{ ном}} + es_{Td4} = 763 + 0 = 763 \text{ мм. (1.20)}$$

Розрахунок технологічних розмірів виконуємо за методикою розмірних ланцюгів. Для зовнішніх циліндричних поверхонь спочатку розраховуємо максимальний розмір за формулами:

$$d_{i \max} = d_{i+1 \max} + 2Z_{\min i+1} + Td_i. \quad (1.21)$$

$$d_{3 \max} = d_{4 \max} + 2Z_{\min 4} + Td_3 = 763 + 0,2 + 0,140 = 763,34 \text{ мм.}$$

$$d_{2 \max} = d_{4 \max} + 2Z_{\min 4} + Td_2 = 763,34 + 0,205 + 0,360 = 763,905 \text{ мм.}$$

$$d_{1 \max} = d_{2 \max} + 2Z_{\min 2} + Td_1 = 763,905 + 0,497 + 0,9 = 765,301 \text{ мм.}$$

$$d_{заг \max} = d_{1 \max} + 2Z_{\min 1} + Td_{заг} = 765,301 + 3,209 + 7,8 = 776,31 \text{ мм.}$$

Визначаємо виконавчі розміри, округляючи розрахункові розміри відповідно до допусків:

– заготовка

$$d_{3a2} = d_{3a2 \max} - es_{d33a} = 776,31 - 4,8 \approx 771,5; \varnothing 771,5^{+4,8}_{-3,0};$$

– точіння чернове – $\varnothing 765,3_{-0,9};$

– точіння напівчистове – $\varnothing 763,9_{-0,9};$

– точіння чистове – $\varnothing 763,34_{-0,14};$

– шліфування – $\varnothing 763_{-0,08}.$

Розраховуємо мінімальні значення розмірів:

$$d_{i \min} = d_{i \max} - Td_i. \quad (1.22)$$

$$d_{4 \min} = d_{4 \max} - Td_4 = 763 - 0,08 = 762,92 \text{ мм};$$

$$d_{3 \min} = d_{3 \max} - Td_3 = 763,34 - 0,14 = 763,2 \text{ мм};$$

$$d_{2 \min} = d_{2 \max} - Td_2 = 763,905 - 0,36 = 763,545 \text{ мм};$$

$$d_{1 \min} = d_{1 \max} - Td_1 = 765,301 - 0,9 = 764,401 \text{ мм};$$

$$d_{3a2 \min} = d_{3a2 \max} - Td_{3a2} = 776,31 - 7,8 = 768,51 \text{ мм}.$$

Визначаємо мінімальні значення припусків для переходів механічної обробки:

$$2Z_{i \min} = d_{i-1 \min} - d_{i \max}. \quad (1.23)$$

– точіння чернове

$$2Z_{1\min} = d_{\text{заг}\min} - d_{1\max} = 768,51 - 765,301 = 3,209 \text{ мм};$$

– точіння напівчистове

$$2Z_{2\min} = d_{1\min} - d_{2\max} = 764,401 - 763,905 = 0,497 \text{ мм};$$

– точіння чистове

$$2Z_{3\min} = d_{3\min} - d_{3\max} = 763,545 - 763,34 = 0,205 \text{ мм};$$

– шліфування

$$2Z_{4\min} = d_{3\min} - d_{4\max} = 763,20 - 763,00 = 0,2 \text{ мм}.$$

Визначаємо максимальні значення припусків для переходів механічної обробки:

$$2Z_{i\max} = d_{i-1\max} - d_{i\min}. \quad (1.24)$$

– точіння чернове

$$2Z_{1\max} = d_{\text{заг}\max} - d_{1\min} = 776,31 - 764,401 = 11,909 \text{ мм};$$

– точіння напівчистове –

$$2Z_{2\max} = d_{1\max} - d_{2\min} = 765,301 - 763,545 = 0,497 \text{ мм};$$

– точіння чистове –

$$2Z_{3\max} = d_{2\max} - d_{3\min} = 763,905 - 763,2 = 0,705 \text{ мм};$$

– шліфування

$$2Z_{5\max} = d_{4\max} - d_{5\min} = 763,34 - 762,92 = 0,42 \text{ мм.}$$

Визначаємо номінальні значення припусків для переходів механічної обробки:

$$2Z_{i\text{ ном}} = d_{i-1\text{ ном}} - d_{i\text{ ном}}. \quad (1.25)$$

– точіння чернове

$$2Z_{1\text{ ном}} = d_{3\text{ аг ном}} - d_{1\text{ ном}} = 771,5 - 765,3 = 6,2 \text{ мм};$$

– точіння напівчистове

$$2Z_{2\text{ ном}} = d_{1\text{ ном}} - d_{2\text{ ном}} = 765,3 - 763,9 = 1,4 \text{ мм};$$

– точіння чистове

$$2Z_{3\text{ ном}} = d_{2\text{ ном}} - d_{3\text{ ном}} = 763,9 - 763,34 = 0,56 \text{ мм};$$

– шліфування

$$2Z_{4\text{ ном}} = d_{3\text{ ном}} - d_{4\text{ ном}} = 763,34 - 763 = 0,34 \text{ мм.}$$

Виконуємо перевірку розрахунків за формулою:

$$TZ_o = 2Z_{o \max} - 2Z_{o \min} = Td_{za2} + Td_{\partial}. \quad (1.26)$$

$$2Z_{o \max} = d_{za2 \max} - d_{\partial \min} = 776,31 - 762,92 = 13,39 \text{ мм};$$

$$2Z_{o \min} = d_{za2 \min} - d_{\partial \max} = 768,51 - 763,00 = 5,51 \text{ мм};$$

$$TZ_o = 13,39 - 5,51 = 7,8 + 0,08 = 7,88 \text{ мм}.$$

Перевірка підтверджує, що розрахунки виконані вірно.

Таблиця 1.7 - Розрахунок припусків і технологічних розмірів аналітичним методом

i	Найменування технологічних переходів	Елементи припуску				Припуск $2Z_{min}$, мкм	Допуск Td , мкм	Граничні значення розмірів, мм		Граничні значення припусків, мм		Номінальні значення припусків $2Z_{ном}$, мм	Виконавчий технологічний розмір d , мм
		Rz , <i>мкм</i>	h , <i>мкм</i>	r , <i>мкм</i>	e , <i>мкм</i> <i>м</i>			d_{max}	d_{min}	$2Z_{max}$	$2Z_{min}$		
	Поверхня $\varnothing 763h7_{(-0,08)}$												
	Заготовка	400	400	804			780 0	776,310	768,510				$\varnothing 771,5^{+4,8}_{-3,0}$
1	Точіння чернове	100	100	48	0	3209	900	765,301	764,401	11,909	3,209	6,2	$\varnothing 765,3_{-0,9}$
2	Точіння напівчистове	50	50	2,4	0	497	360	763,905	763,545	1,757	0,497	1,4	$\varnothing 763,9_{-0,36}$
3	Точіння чистове	50	50	0	0	205	140	763,340	763,200	0,705	0,205	0,56	$\varnothing 763,34_{-0,36}$
4	Шліфування	25	25	0	0	200	80	763,000	762,920	0,420	0,200	0,34	$\varnothing 763_{-0,08}$

1.10.2 Розрахунок операційних припусків і розмірів заготовки табличним методом

Розрахуємо припуски для двох плоских поверхонь 40h9 (-0,062).

Мінімальні припуски для переходів вибираємо по [4, табл. 4.4, 4.9-4.10, с. 38-44]. Значення допусків вибираємо по [4, табл. 3.10, с. 27].

Розрахунок технологічних розмірів робимо методом розмірних ланцюгів. Вибрані значення мінімальних припусків і допусків заносимо в розрахункову таблицю (табл. 1.8).

Таблиця 1.8 - Розрахунок припусків і технологічних розмірів табличним методом

i	Найменування технологічних переходів	Припуск $2Z_{min}$, мм	Допуск Td , мм	Граничні значення розмірів, мм		Граничні значення припусків, мм		Номінальні значення припусків $2Z_{ном}$, мм	Виконавчий технологічний розмір d, мм
				d_{max}	d_{min}	$2Z_{max}$	$2Z_{min}$		
	Поверхня 40h9 _(-0,062)								
	Заготовка		4800	52,46	47,66				49,3 ^{+3,2} _{-1,6}
1	Точіння чернове	2500	740	45,16	44,42	8,04	2,5	4,14	45,16 _{-0,74}
2	Точіння напівчистове	1500	300	42,92	42,62	2,54	1,5	2,24	42,92 _{-0,3}
3	Точіння чистове	1500	120	41,12	41	1,92	1,5	1,8	41,12 _{-0,12}
4	Шліфування	1000	62	40	39,938	1,182	1	16,12	40 _{-0,062}
	Поверхня Ø762,4h10 _(-0,32)								
	Заготовка		7800	775,86	768,06				Ø771 ^{+4,8} _{-3,0}
1	Точіння чернове	2500	900	765,56	764,66	11,2	2,5	5,4	Ø765,6 _{-0,9}
2	Точіння напівчистове	1200	360	763,46	763,1	2,46	1,2	2,14	Ø763,46 _{-0,36}
3	Точіння чистове	700	320	762,4	762,08	1,38	0,7	1,06	Ø762,4 _{-0,32}
	Поверхня Ø748H7 ^(+0,08)								
	Заготовка		7800	775,86	768,06				Ø738,5 ^{+3,0} _{-4,8}
1	Розточування чернове	2500	900	765,56	764,66	11,2	2,5	5,4	Ø744 ^{+0,9}
2	Розточування напівчистове	1200	360	763,46	763,1	2,46	1,2	2,14	Ø746,1 ^{+0,36}
3	Розточування чистове	700	320	762,4	762,08	1,38	0,7	1,06	Ø747,16 ^{+0,14}
3	Розточування тонке	700	320	762,4	762,08	1,38	0,7	1,06	Ø748 ^{+0,08}

1.11 Розрахунок режимів різання

1.11.1 Операція 045 (токарна)

Вихідні дані:

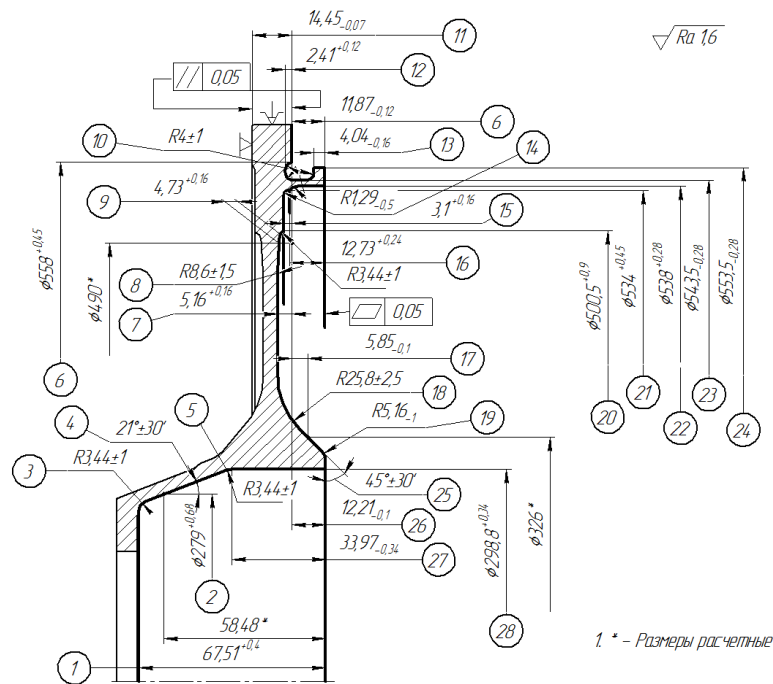
Операційний ескіз показаний на мал. 1.8;

Матеріал - жароміцний сплав ХН73МБТЮ-ВД, гр. XI по [4, табл. 1, с. 29];

Заготовка - штампування.

Твердість - 293 ... 341 НВ;

Верстат - токарний з ЧПК MDW-20.



Малюнок 1.8 –Ескіз обробки

Перехід 1.

Точити зовнішні циліндричні поверхні начорно за програмою.

Інструмент: різець підрізний з кріпленням змінних пластин прихватом зверху $\varphi = 45^\circ$, $25 \times 25 \times 150$, $R = 1$ мм, ВК 8, ГОСТ 26611-85.

МОР: 5%-ий розчин Аквол-10М [4, табл. 24, с. 233].

Призначаємо режими різання.

Глибина різання $t = 2$ мм.

Подачу визначається за формулою [4, с. 240]:

$$S_o = S_{o_m} \cdot K_{S_o} \quad (1.25)$$

$$K_{S_o} = K_{S_{oI}} \cdot K_{S_{oII}} \cdot K_{S_{o\Phi}} \cdot K_{S_{o3}} \cdot K_{S_{oЖ}} \cdot K_{S_{oM}}, \quad (1.26)$$

де S_{o_m} – табличне значення подачі, мм;

$K_{S_{oI}}$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

$K_{S_{oII}}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;

$K_{S_{o\Phi}}$ – коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні;

$K_{S_{oГ}}$ – коефіцієнт, що враховує вплив гартування;

$K_{S_{oЖ}}$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи;

$K_{S_{oM}}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал оброблюваної деталі.

Табличне значення подачі дорівнює [4, табл. 26, с. 237] – $S_{o_m} = 0,57$ мм/об.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 30, с. 239]:

$$K_{S_{oI}} = 1,0; K_{S_{oII}} = 1,0; K_{S_{o\Phi}} = 1,0; K_{S_{o3}} = 1,0; K_{S_{oЖ}} = 1,0; K_{S_{oM}} = 0,78.$$

Розрахункове значення подачі:

$$S_{o_p} = 0,57 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,78 = 0,44 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо $S_{o_m} = 0,4$ мм/об.

Розраховуємо швидкість різання за формулою [4, с. 240]:

$$v = v_m \cdot K_v, \quad K_v = K_{vM} \cdot K_{vII} \cdot K_{v\varphi} \cdot K_{vm} \cdot K_{vЖ} \cdot K_{vII} \cdot K_{vO}, \quad (1.27)$$

де v_m – табличне значення швидкості різання, м/хв;

K_{vM} – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу;

K_{vII} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;

K_{vm} – коефіцієнт, що враховує вид обробки;

$K_{vЖ}$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи;

K_{vII} – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

K_{vO} – коефіцієнт, що враховує вплив МОР.

Табличне значення швидкості різання [4, табл. 44, с. 248] - $v_m = 32$ м/хв.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 1, 48, с. 29, 249]:

$$K_{vM} = 0,3, K_{vII} = 1,0, K_{vm} = 1,14, K_{vЖ} = 1,0, K_{vII} = 1,0, K_{vO} = 1,0.$$

Розрахункове значення швидкості різання:

$$v_p = 32 \cdot 0,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 10,9, \text{ м/хв.}$$

Число обертів:

$$n_p = \frac{1000 \cdot v_p}{\pi \cdot D} \quad (1.28)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 10,9}{3,14 \cdot 500} = 6,11 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо по верстату $n_{cm} = 6$ об/хв.

Дійсна швидкість різання:

$$v_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (1.29)$$

$$v_d = \frac{3,14 \cdot 500 \cdot 6}{1000} = 9,4 \text{ м/хв.}$$

Довжина робочого ходу:

$$L_{p.x} = L_{pez} + y, \quad (1.30)$$

де $L_{piz} = 105$ мм – довжина різання ;

$y = 13$ мм – довжина врізання [5, карта 65, с. 165].

Основтй час:

$$t_o = \frac{L_{p.x}}{S_o \cdot n}. \quad (1.31)$$

$$t_o = \frac{L_{p.x}}{S_o \cdot n} = \frac{105 + 13}{0,4 \cdot 6} = 49,1, \text{ хв.}$$

Перехід 2.

Точити зовнішні циліндричні поверхні начорно за програмою.

Інструмент: різець підрізний з кріпленням змінних пластин прихватом зверху $\varphi = 93^\circ$, $25 \times 25 \times 150$, $R = 1,0$ мм, ВК 10 ХОМ, ГОСТ 26611-85.

МОР: 5%-ий розчин Аквол-10М [4, табл. 24, с. 233].

Режими різання призначаємо аналогічно переходу 1.

Перехід 3.

Точити зовнішні циліндричні поверхні начорно за програмою.

Інструмент: різець підрізний з кріпленням змінних пластин прихватом зверху $\varphi = 93^\circ$, $25 \times 25 \times 150$, $R = 1,0$ мм, ВК 10 ХОМ, ГОСТ 26611-85.

МОР: 5%-ий розчин Аквол-10М [4, табл. 24, с. 233].

Режими різання призначаємо аналогічно переходу 1.

Перехід 4.

Точити поверхні за програмою начисто, витримуючи розміри 1, 7, 8, 17, 18, 19, 20.

Інструмент: різець підрізний з кріпленням змінних пластин прихватом зверху $\varphi = 93^\circ$, $25 \times 25 \times 150$, $R = 1,0$ мм, ВК 8, ГОСТ 26611-85.

МОР: 5%-ий розчин Аквол-10М [4, табл. 24, с. 233].

Режими різання призначаємо аналогічно переходу 1.

Перехід 5.

Точити поверхні за програмою начисто, витримуючи розміри 11, 24.

Інструмент: різець підрізний з кріпленням змінних пластин прихватом зверху $\varphi = 93^\circ$, $25 \times 25 \times 150$, $R = 1,0$ мм, ВК 8, ГОСТ 26611-85.

МОР: 5%-ий розчин Аквол-10М [4, табл. 24, с. 233].

Режими різання призначаємо аналогічно переходу 1.

Перехід 6.

Точити поверхні за програмою начисто, витримуючи розміри 7, 14, 15, 21, 22.

Інструмент: різець підрізний з кріпленням змінних пластин прихватом зверху $\varphi = 93^\circ$, $25 \times 25 \times 150$, $R = 1,0$ мм, ВК 8, ГОСТ 26611-85.

МОР: 5%-ий розчин Аквол-10М [4, табл. 24, с. 233].

Режими різання призначаємо аналогічно переходу 1.

Перехід 7.

Точити канавку за програмою начорно.

Інструмент: різець підрізний з кріпленням змінних пластин прихватом зверху $\varphi = 93^\circ$, $25 \times 25 \times 150$, $R = 1,0$ мм, ВК 8, ГОСТ 26611-85.

МОР: 5%-ий розчин Аквол-10М [4, табл. 24, с. 233].

Режими різання призначаємо аналогічно переходу 1.

Перехід 8.

Точити канавку за програмою начисто, витримуючи розміри 10, 12, 13, 23, 24.

Інструмент: різець канавковий спеціальний $\varphi = 93^\circ$, $25 \times 25 \times 150$, $R = 1,0$ мм, ВК 8, ГОСТ 26611-85.

МОР: 5%-ий розчин Аквол-10М [4, табл. 24, с. 233].

Режими різання призначаємо аналогічно переходу 1.

Перехід 9.

Розточити внутрішню циліндричну поверхню по програмі начорно.

Інструмент: різець канавковий спеціальний $\varphi = 93^\circ$, $25 \times 25 \times 150$, $R = 1,0$ мм, ВК 8, ГОСТ 26611-85.

МОР: 5%-ий розчин Аквол-10М [4, табл. 24, с. 233].

Режими різання призначаємо аналогічно переходу 1.

Перехід 10.

Розточити внутрішню циліндричну поверхню по програмі начисто, витримуючи розміри 1, 2, 3, 4, 5, 27, 28.

Інструмент: різець підрізний з кріпленням змінних пластин прихватом зверху $\varphi = 93^\circ$, $25 \times 25 \times 150$, $R = 1,0$ мм, ВК 8, ГОСТ 26611-85.

МОР: 5%-ий розчин Аквол-10М [4, табл. 24, с. 233].

Режими різання призначаємо аналогічно переходу 1.

Загальна основний час операції становить 470 хв.

Таблиця 1.9 - Режими різання токарної операції 045

Режими	Переходи									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t , мм	2	2	2	1	1	1	3	1	2	1
S_{0m} , мм/об	0,57	0,57	0,57	0,22	0,22	0,22	0,4	0,2	0,5	0,2
K_{So}	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
S_{0s} , мм/об	0,4	0,4	0,4	0,15	0,15	0,15	0,3	0,15	0,4	0,15
v_m , м/хв	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
K_v	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,18	0,18	0,24	0,24
v_p , м/хв	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	5,76	5,76	7,68	7,68
D , мм	500	570	538	500	570	538	558	558	298	300
n_p , об/хв	6,11	5,36	5,68	6,11	5,3	5,6/	3,29	3,29	8,2	8,15
n , об/хв	6	5	5	6	5	5	3	3	8	8
v_θ , м/хв	9,42	8,95	8,45	9,42	8,95	8,45	5,26	5,26	7,49	7,53
$L_{p.x}$, мм	118	42	49	107	35	42	18	18	88	79
t_o , хв	49,1	21	24,5	118,9	46,7	56	20	40	27,5	65,8

1.11.2 Операція 85 (свердлильна)

Вихідні дані:

Операційний ескіз показаний на мал. 1.9;

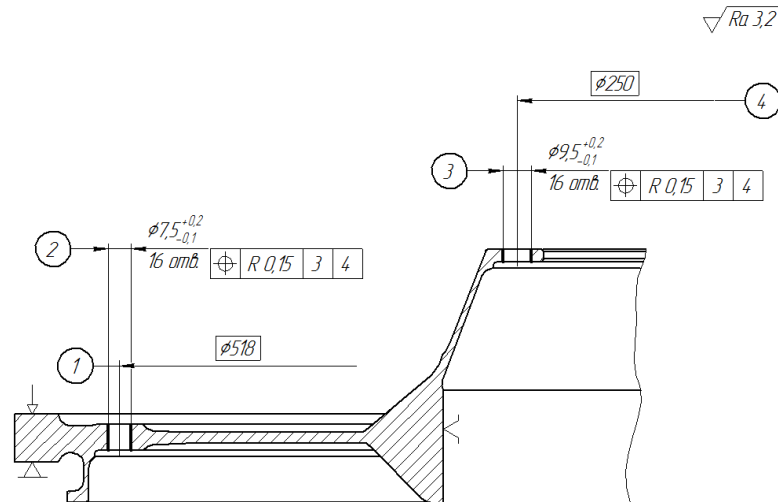
Матеріал - жароміцний сплав ХН73МБТЮ-ВД, гр. XI по [4, табл. 1, с. 29];

Заготовка - штампування.

Твердість - 293 ... 341 НВ;

Верстат - радіально-свердлильний 2А55.

МОР: 5% -ий розчин Аквол-10М [4, табл. 24, с. 233].



Малюнок 1.9 – Ескіз обробки

Перехід 1

Свердлити 16 отворів Ø 7,5мм , витримуючи розмір 1, 2.

Інструмент - свердло 2301-0011 ГОСТ 10903-77. Матеріал – Р6М5.

Призначаємо режими різання.

Глибина різання – $t = 7,5 / 2 = 3,5$ мм.

Подача визначається за формулою:

$$S_o = S_{o_m} \cdot K_S, K_{Sl} \cdot K_{SЖ} \cdot K_{SH} \cdot K_{Sd} \cdot K_{Sm}, \quad (1.32)$$

де S_{o_m} – табличне значення подачі на оберт, мм/об;

K_{Sl} – коефіцієнт, що враховує глибину свердління;

$K_{SЖ}$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи;

K_{SH} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;

K_{Sd} – коефіцієнт, що враховує тип оброблюваного отвору;

K_{Sm} – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу.

Табличне значення подачі [4, табл. 64, с. 267] – $So_m = 0,1$ мм/об.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 65, с. 276]:

$$K_{Sl} = 1, K_{SЖ} = 0,75, K_{SH} = 1,0, K_{Sd} = 1,0; K_{Sm} = 0,55.$$

Розрахункове значення подачі:

$$So_p = 0,1 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,55 = 0,041 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо по верстату $So = 0,04$ мм / об.

Розраховуємо швидкість різання за формулою:

$$v = v_m \cdot K_v, K_v = K_{vM} \cdot K_{vd} \cdot K_{vH} \cdot K_{vo} \cdot K_{vm} \cdot K_{vII}, \quad (1.33)$$

де v_m – табличне значення швидкості різання, м/хв;

K_{vM} – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу;

K_{vd} – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

K_{vH} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;

K_{vo} – коефіцієнт, що враховує тип свердління;

K_{vm} – коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні;

K_{vII} – коефіцієнт, що враховує умови обробки.

Табличне значення швидкості різання [4, табл. 70, с. 273] – $v_m = 10,4$ м/хв.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 71, с. 274]:

$$K_{vM} = 0,77, K_{vd} = 1,0, K_{vH} = 0,73, K_{vo} = 1,0, K_{vm} = 1,0, K_{vI} = 1,0.$$

Розрахункове значення швидкості різання:

$$v = 10,4 \cdot 0,77 \cdot 1,0 \cdot 0,73 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 5,85, \text{ м/хв.}$$

Число обертів:

$$n_p = \frac{1000 \cdot v_p}{\pi \cdot D} \quad (1.34)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 5,85}{3,14 \cdot 7,5} = 248 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо по верстату $n_{cm} = 200$ об/хв.

Дійсна швидкість різання:

$$v_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (1.35)$$

$$v_d = \frac{3,14 \cdot 7,5 \cdot 200}{1000} = 4,7 \text{ м/хв.}$$

Довжина робочого ходу:

$$L_{p.x} = L_{pez.} + y_{..} = 9 + 5 = 14 \text{ мм}$$

де: $L_{pez.} = 9$ мм – довжина різання;

$y = 5$ мм – довжина врізання [5, карта 43, с. 287];

Основний час:

$$t_o = \frac{L_{p.x}}{S_o \cdot n} = 16 \cdot \frac{14}{0,04 \cdot 200} = 28, \text{хв.}$$

Перехід 2

Свердлити 16 отворів $\varnothing 9,5$, витримуючи розмір 3, 4.

Інструмент - свердло 2301-0025 ГОСТ 10903-77. Матеріал – Р6М5.

Режими різання призначаємо аналогічно переходу 1.

Глибина різання:

$$t = 9,5 / 2 = 4,75 \text{ мм.}$$

Подача $S_o = 0,04$ мм/об.

Число обертів – $n_{cm} = 200$ об/хв.

Довжина робочого ходу:

$$L_{p.x} = L_{рез.} + y_{..} = 4,1 + 6 = 10,1 \text{ мм.}$$

Основний час – $t_o = 23,1$ хв.

Сумарний основний час:

$$t_o = 28,0 + 23,1 = 51,1 \text{ хв.}$$

1.11.3 Операція 150 (свердлильна)

Вихідні дані:

Операційний ескіз показаний на мал. 1.10;

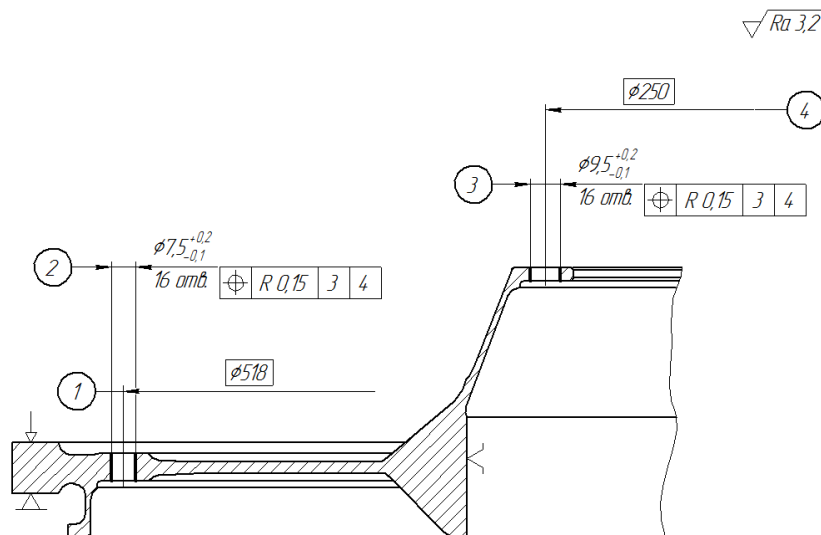
Матеріал - жароміцний сплав ХН73МБТЮ-ВД, гр. XI по [4, табл. 1, с. 29];

Заготовка - штампування.

Твердість - 293 ... 341 НВ;

Верстат - радіально-свердлильний 2А55.

МОР: 5% -ий розчин Аквол-10М [4, табл. 24, с. 233].



Малюнок 1.10 - Ескіз обробки

Перехід 1

Зенкерувати 16 отворів $\varnothing 8$ (рис. 1.10), витримуючи розмір 3.

Інструмент - Зенкер 2320-2552 h8 ГОСТ 12489-71. Матеріал Р6М5.

Призначаємо режими різання.

Глибина різання:

$$t = (8,0 - 7,5) / 2 = 0,25 \text{ мм.}$$

Подача визначається за формулою:

$$S_o = S_{o_m} \cdot K_S, \quad K_S = K_{S_d} \cdot K_{S_m}, \quad (1.36)$$

де S_{o_m} – табличне значення подачі на оберт, мм/об;

K_{S_d} – коефіцієнт, що враховує тип оброблюваного отвору;

K_{S_m} – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу.

Табличне значення подачі [4, табл. 73, с. 276] – $S_{o_m} = 0,7$ мм/об.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 73, с. 276]:

$$K_{S_d} = 1,0; \quad K_{S_m} = 0,23.$$

Розрахункове значення подачі:

$$S_{o_p} = 0,7 \cdot 1 \cdot 0,23 = 0,161 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо по верстату $S_o = 0,15 \text{ мм/об.}$

Розраховуємо швидкість різання за формулою:

$$v = v_m \cdot K_v, \quad K_v = K_{vM} \cdot K_{vd} \cdot K_{vII} \cdot K_{vo} \cdot K_{vm} \cdot K_{vII}, \quad (1.37)$$

де v_m – табличне значення швидкості різання, м/хв;

K_{vM} – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу;

K_{vd} – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

K_{vII} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;

K_{vo} – коефіцієнт, що враховує тип свердління;

K_{vm} – коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні;

K_{vII} – коефіцієнт, що враховує умови обробки .

Табличне значення швидкості різання [4, табл. 82, с. 282] – $v_m = 7,6 \text{ м/хв.}$

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 85, с. 283]:

$$K_{vM} = 0,67, \quad K_{vd} = 1,0, \quad K_{vII} = 0,76, \quad K_{vo} = 1,0, \quad K_{vm} = 1,0, \quad K_{vII} = 1,0.$$

Розрахункове значення швидкості різання:

$$v = 7,6 \cdot 0,67 \cdot 0,76 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 3,9, \text{ м/хв.}$$

Число обертів:

$$n_p = \frac{1000 \cdot v_p}{\pi \cdot D} \quad (1.38)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 3,9}{3,14 \cdot 8,0} = 154 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо по верстату $n_{cm} = 150 \text{ об/хв.}$

Дійсна швидкість різання:

$$v_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (1.39)$$

$$v_d = \frac{3,14 \cdot 8,0 \cdot 150}{1000} = 3,7 \text{ м/хв.}$$

Довжина робочого ходу:

$$L_{p.x} = L_{piz.} + y_{..} = 9 + 4 = 13 \text{ мм}$$

где: $L_{piz} = 9$ мм – длина резания;

$y = 4$ мм – довжина врізання [5, карта 43, с. 287];

Основний час:

$$t_o = \frac{L_{p.x}}{S_o \cdot n} = 16 \cdot \frac{13}{0,15 \cdot 150} = 9,2, \text{ хв.}$$

Перехід 2

Розгорнути 16 отворів (мал. 1.9), витримуючи розміри 1 і 3.

Інструмент - Розгортка спеціальна. матеріал Р6М5.

Призначаємо режими різання

Глибина різання:

$$t = (8,5 - 8,0) / 2 = 0,25 \text{ мм.}$$

Подача визначається за формулою:

$$S_o = S_{o_m} \cdot K_S, \quad K_S = K_{Sd} \cdot K_{Sm}, \quad (1.40)$$

де So_m – табличне значення подачі на оберт, мм/об;

K_{Sd} – коефіцієнт, що враховує тип оброблюваного отвору;

K_{Sm} – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу.

Табличне значення подачі [4, табл. 73, с. 276] – $So_m = 0,5$ мм/об.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 73, с. 276]:

$K_{Sd} = 1,0$; $K_{Sm} = 0,23$.

Розрахункове значення подачі:

$$So_p = 0,5 \cdot 1 \cdot 0,23 = 0,115 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо по верстату $So = 0,15$ мм/об.

Розраховуємо швидкість різання за формулою:

$$v = v_m \cdot K_v, \quad K_v = K_{vM} \cdot K_{vd} \cdot K_{vH} \cdot K_{vo} \cdot K_{vm} \cdot K_{vII}, \quad (1.41)$$

де v_m – табличне значення швидкості різання, м/хв;

K_{vM} – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу;

K_{vd} – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

K_{vH} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;

K_{vo} – коефіцієнт, що враховує тип свердління;

K_{vm} – коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні;

K_{vII} – коефіцієнт, що враховує умови обробки.

Табличне значення швидкості різання [4, табл. 82, с. 282] – $v_m = 4,1$ м/хв.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 85, с. 283]:

$$K_{vM} = 0,8, \quad K_{vd} = 1,0, \quad K_{vH} = 0,76, \quad K_{vo} = 1,0, \quad K_{vm} = 1,0, \quad K_{vII} = 1,0.$$

Розрахункове значення швидкості різання:

$$v = 4,1 \cdot 0,8 \cdot 0,76 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,5, \text{ м/хв.}$$

Число обертів:

$$n_p = \frac{1000 \cdot v_p}{\pi \cdot D} \quad (1.42)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 2,5}{3,14 \cdot 8,5} = 93,3 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо по верстату $n_{cm} = 90$ об/хв.

Дійсна швидкість різання:

$$v_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (1.43)$$

$$v_d = \frac{3,14 \cdot 8,5 \cdot 90}{1000} = 2,4 \text{ м/хв.}$$

Довжина робочого ходу:

$$L_{p.x} = L_{piz.} + y_{..} = 9 + 6 = 15 \text{ мм}$$

где: $L_{piz} = 9$ мм – Довжина різання;

$y = 6$ мм – довжина врізання [5, карта 43, с. 287];

Основний час:

$$t_o = \frac{L_{p.x}}{S_o \cdot n} = 16 \cdot \frac{15}{0,15 \cdot 90} = 17,8, \text{ хв.}$$

Перехід 3

Зенкерувати 16 отворів $\varnothing 10$, витримуючи розмір 7 (мал. 1.10).

Інструмент – Зенкер 2320-2556 h8 ГОСТ 12489-71. Матеріал Р6М5.

Режими різання призначаємо аналогічно переходу 1. Результати розрахунків заносимо в табл. 1.10.

Перехід 4

Розгорнути 16 отворів (мал. 1.10), витримуючи розміри 6 і 7

Інструмент – Розгортка спеціальна. Матеріал Р6М5.

Режими різання призначаємо аналогічно переходу 1. Результати розрахунків заносимо в табл. 1.10.

Перехід 5

Зенкорувати 16 отворів, витримуючи розміри 2, 4, 5, 8 (мал. 1.10).

Інструмент - Зенковка спеціальна. Матеріал Р6М5.

Режими різання призначаємо аналогічно переходу 1. Результати розрахунків заносимо в табл. 1.10.

Сумарний основний час:

$$t_o = 28,1 + 11,2 + 21,3 + 2,5 + 2,8 + 4,0 = 69,9 \text{ хв.}$$

Таблиця 1.10 - Зведена таблиця режимів різання

Перехід	Режими різання					
	t , мм	S_o , мм/об	n , об/хв	v , м/хв	$L_{p.x}$, мм	t_o , хв
1	0,25	0,15	150	3,8	13	9,24
2	0,25	0,15	90	2,4	15	17,78
3	0,3	0,15	150	2,7	8,1	5,76
4	0,1	0,15	125	2,4	10,1	8,62
5	0,2	0,15	150	3,8	5	3,56
						45,0

1.11.4 Операція 125 (шліфувальна)

Вихідні дані:

Операційний ескіз показаний на мал. 1.11;

Матеріал - жароміцний сплав ХН73МБТЮ-ВД, гр. XI по [4, табл. 1, с. 29];

Заготовка - штампування.

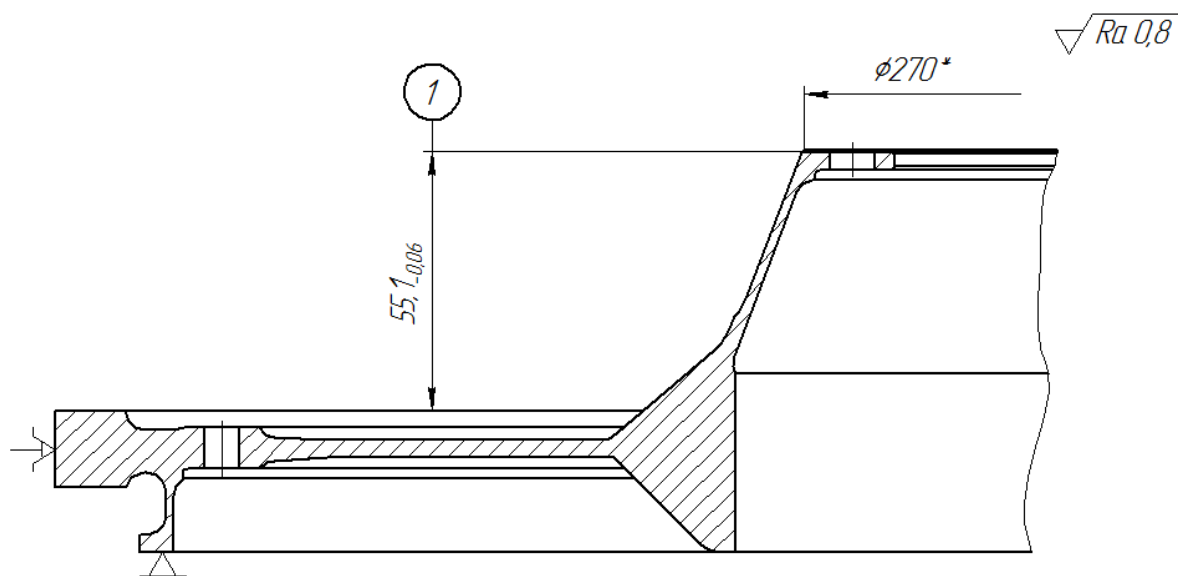
Твердість - 293 ... 341 НВ;

Верстат - карусельно шліфувальний 3Д741.

Обробка виконується в один перехід торцем шліфувального круга методом врізання.

Інструмент: круг прямого профілю 63С, зернистість - 32, твердість - СМ2, зв'язка - К [4, табл. 158 с. 340] (позначення - Круг 1 600×125×305 63CF46L6V35Б3 ГОСТ Р 52781-2007).

МОР: 5% -ий розчин Аквол-2 [4, табл. 24, с. 233].



* - Размер для справок

Малюнок 1.11 –Ескіз обробки

Перехід 1

Шліфувати зовнішню циліндричну поверхню, витримуючи розмір 1.

Призначаємо режими різання.

Величина припуску, що знімається дорівнює: $h = 0,4$ мм.

Розрахуємо швидкість шліфувального круга:

Перехід 1

$$v_{кр} = \frac{\pi D n_{кр}}{1000 \cdot 60}, \quad (1.44)$$

де: $D = 600$ мм. – діаметр круга;

$n_{кр} = 1112$ об/хв. – частота обертання шліфувального круга по верстату.

$$v_{кр} = \frac{3,14 \cdot 600 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 34,9 \text{ м/с.}$$

Вибираємо швидкість деталі [4, табл. 161 с. 343] – $v_{\partial} = 30$ м/хв.

Число обертів деталі:

$$n_p = \frac{1000 \cdot v_{\partial}}{\pi \cdot D} \quad (1.45)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 270} = 35,4 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо по верстату $n_{\partial} = 35$ об/хв.

Дійсна швидкість різання:

$$v_{\partial} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (1.46)$$

$$v_{\partial} = \frac{3,14 \cdot 35,7 \cdot 270}{1000} = 29,7 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо радіальну подачу на оберт S_t за формулою:

$$S_t = S_{tm} \cdot K_{S_t}, \quad K_{S_t} = K_M \cdot K_{S_R} \cdot K_{S_D} \cdot K_{V_k} \cdot K_{S_T} \cdot K_{S_{IT}} \cdot K_{S_h}, \quad (1.47)$$

де S_{tm} – табличне значення радіальної подачі, м/об;

K_M – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу;

K_{S_R} – коефіцієнт, що враховує радіус галтелі деталі;

K_{S_D} – коефіцієнт, що враховує діаметр шліфувального кола;

K_{V_k} – коефіцієнт, що враховує швидкість кола;

K_{S_T} – коефіцієнт, що враховує стійкість кола;

$K_{S_{IT}}$ – коефіцієнт, що враховує точність обробки;

K_{S_h} – коефіцієнт, що враховує припуск на обробку.

Табличне значення радіальної подачі на оберт одно [4, табл. 163, с. 346] –

$$S_{tm} = 0,01 \text{ м/хв.}$$

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 165, с. 348]:

$$K_M = 0,38, \quad K_{S_R} = 1,0, \quad K_{S_D} = 1,0, \quad K_{V_k} = 1,0, \quad K_{S_T} = 1,0, \quad K_{S_{IT}} = 0,6, \quad K_{S_h} = 1,3.$$

$$S_t = 0,005 \cdot 0,6 \cdot 1,0 \cdot 0,92 \cdot 1,5 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 1,0 = 0,0015, \text{ мм/об.}$$

Основний час:

$$t_o = \frac{h}{1000 \cdot n_o \cdot S_t} \cdot K, \quad (1.48)$$

де $K = 1,3$ – коефіцієнт виходжування.

$$t_o = \frac{0,4}{35 \cdot 0,0015} \cdot 1,3 = 10,1 \text{ хв.}$$

1.12 Нормування операцій

Технічні норми часу в умовах серійного виробництва встановлюються розрахунково-аналітичним методом.

Норма часу в серійному виробництві називається штучно-калькуляційною нормою часу:

$$t_{шт-к} = t_{шт} + \frac{t_{н.з}}{n}, \quad (1.49)$$

де: n – число деталей в партії;

$t_{нз}$ – підготовчо-заклучний час, хв;

$t_{шт}$ – штучний час на одну деталь, хв

$$t_{шт} = t_o + t_{\epsilon} + t_{об} + t_n, \quad (1.50)$$

де: t_o – основний (машинний) час, хв;

t_{ϵ} – допоміжний час, хв;

$t_{об}$ – час обслуговування робочого місця, хв;

t_n – час перерви на відпочинок, хв.

Допоміжний час:

$$t_{\epsilon} = t_{y.з} + t_{з.б} + t_{y.n} + t_{\epsilon.д}, \quad (1.51)$$

де: $t_{y.з}$ – час на установку і зняття деталі, хв;

$t_{з.б}$ – час на закріплення і відкріплення деталі, хв;

$t_{y.n}$ – час на прийоми управління, хв;

$t_{\epsilon.д}$ – час на вимірювання деталі, хв.

Оперативний час:

$$t_{on} = t_o + t_{\varepsilon}, \quad (1.52)$$

де: t_o – машинний час;

t_{ε} – допоміжний час.

Час на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби:

$$t_{обс} + t_{від} = (t_o + t_{\varepsilon}) \cdot \left(\frac{a_{обс} + a_{від}}{100} \right), \quad (1.53)$$

где: $a_{обс}$ и $a_{від}$ – час на обслуговування робочого місця, перерва на відпочинок і природні потреби в % від оперативного часу.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску визначається за формулою:

$$n = \frac{N \cdot a}{251}, \quad (1.54)$$

где: N – річна програма випуску, шт;

a – періодичність випуску, дні;

251 – кількість робочих днів у році.

$$n = \frac{600 \cdot 10}{251} = 24 \text{ дет},$$

Підготовчо-заключний час складається з часу на наладку верстата, інструменту та пристосування (20 хв), і отримання і здача інструменту і пристосування (10 хв). Таким чином $t_{n-з} = 30$ хв., [7, карта 49, с.136]. Проведемо розрахунок технічної норми часу для токарної операції 045.

Допоміжний час:

$$t_o = t_{y.z.} + t_{z.o} + t_{y.n} + t_{вим} = 6,8 + 0,48 + 0,45 = 7,73 \text{ хв},$$

где: $t_{y.z.} + t_{z.o} = 6,8$ хв - час на установку і зняття деталі [7, карта 12, с. 74];

$t_{yn.} = 0,48$ хв - час на прийоми управління [7, карта 93, с.95];

$t_{вим.} = 0,45$ хв – час на вимірювання деталі калібром і штангенциркулем.. [7, карта 15, с. 86].

Оперативний час дорівнює:

$$t_{on} = t_o + t_g = 470 + 7,73 = 477,73 \text{ хв}.$$

Час на обслуговування робочого місця і природні потреби становить 5,6% від оперативного часу [8, с.133]:

$$t_{обс} + t_{омд} = (t_o + t_g) \cdot \left(\frac{a_{обс} + a_{омд}}{100} \right) = 477,73 \cdot 0,052 = 24,84 \text{ хв}$$

Штучний час дорівнює:

$$t_{um} = t_o + t_g + t_{обс} + t_n, = 477,73 + 24,84 = 417,89 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час дорівнює:

$$t_{um-k} = 477,73 + \frac{30}{24} = 503,8 \text{ хв}.$$

Проведемо розрахунок технічної норми часу для свердлильної операції 85. Підготовчо-заключний час складається з часу на наладку верстата, інструменту та

пристосування (16 хв), і отримання і здача інструменту і пристосування (7 хв).
Таким чином $t_{n-3} = 23$ хв., [7, карта 30, с.106].

Допоміжний час:

$$t_{\partial} = t_{y.z} + t_{z.o} + t_{y.n} + t_{вим} = 5,5 + 0,27 + 0,15 = 5,92 \text{ хв},$$

где: $t_{y.z} + t_{z.o} = 5,5$ хв - час на установку і зняття деталі [7, карта 12, с. 74];

$t_{yn} = 0,27$ хв - час на прийоми управління [7, карта 93, с.95];

$t_{вим} = 0,15$ хв – час на вимірювання деталі калібром і штангенциркулем.. [7, карта 15, с. 86].

Оперативний час дорівнює:

$$t_{on} = t_o + t_{\partial} = 51,1 + 3,6 = 54,7 \text{ хв}.$$

Час на обслуговування робочого місця і природні потреби становить 4,1% від оперативного часу [7, табл. 94, с.160]:

$$t_{обс} + t_{омд} = (t_o + t_{\partial}) \cdot \left(\frac{a_{обс} + a_{омд}}{100} \right) = 54,7 \cdot 0,041 = 2,24 \text{ хв}$$

Штучний час дорівнює:

$$t_{шт} = t_o + t_{\partial} + t_{обс} + t_n = 54,7 + 2,24 = 56,94 \text{ хв}.$$

Штучно-калькуляційний час дорівнює:

$$t_{шт-к} = 56,94 + \frac{23}{24} = 57,90 \text{ хв}.$$

Проведемо розрахунок технічної норми часу для шліфувальної операції 125.

Підготовчо-заключний час складається з часу на наладку верстата, інструменту та пристосування ($5,5 + 2,5 + 1,5 = 9,5$ хв), і отримання і здача інструменту і пристосування (7 хв). Таким чином $t_{n-3} = 16,5$ хв., [6, табл. 6.6, с.219].

Допоміжний час:

$$t_o = t_{y.z} + t_{z.o} + t_{y.n} + t_{вим} = 2,3 + 0,37 + 0,16 = 2,72 \text{ хв},$$

где: $t_{y.z} + t_{z.o} = 2,3$ хв - час на установку і зняття деталі [7, карта 12, с. 74];

$t_{yn} = 0,37$ хв - час на прийоми управління [7, карта 93, с.95];

$t_{вим} = 0,16$ хв – час на вимірювання деталі калібром і штангенциркулем.. [5, карта 67, с. 446].

Оперативний час дорівнює:

$$t_{on} = t_o + t_g = 10,1 + 2,72 = 12,82 \text{ хв}.$$

Час на обслуговування робочого місця і природні потреби становить 5,2% від оперативного часу [7, табл. 110, с.188]: [7, табл. 110, с.188]:

$$t_{обс} + t_{омд} = (t_o + t_g) \cdot \left(\frac{a_{обс} + a_{омд}}{100} \right) = 12,82 \cdot 0,052 = 0,67 \text{ хв..}$$

Штучний час дорівнює:

$$t_{um} = t_o + t_g + t_{обс} + t_n = 12,82 + 0,67 = 13,49 \text{ хв}.$$

Штучно-калькуляційний час дорівнює:

$$t_{um-\kappa} = 13,49 + \frac{16,5}{24} = 14,17 \text{ хв.}$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 1.12.

Таблиця 1.12 – Технічне нормування

№ операції	Найменування операції	t_o , хв	t_{θ} , хв			t_{θ} , хв	t_{on} , хв	$t_{oo} + t_{omd}$, хв	t_{um} , хв	t_{n3} , хв	n , шт	t_{um-k} , хв
			$t_{y.c} + t_{3.o}$, хв	$t_{y.n.}$, хв	t_{uzm} , хв							
10	Токарна	45,00				5,30	50,30	5,03	55,33	25	24	56,37
15	Токарна	15,00				5,30	20,30	2,03	22,33	25	24	23,37
25	Токарна з ЧПК	52,00				4,20	56,20	5,62	61,82	30	24	63,07
30	Токарна з ЧПК	73,00				4,20	77,20	7,72	84,92	30	24	86,17
35	Токарна з ЧПК	86,00				4,20	90,20	9,02	99,22	30	24	100,47
40	Шліфувальна	16,00				3,10	19,10	1,91	21,01	16,5	24	21,70
45	Токарна з ЧПК	470,00	6,80	0,48	0,45	7,73	477,73	24,84	502,57	30	24	503,82
50	Токарна з ЧПК	450,00				7,50	457,50	45,75	503,25	30	24	504,50
65	Токарна з ЧПК	290,00				7,50	297,50	29,75	327,25	30	24	328,50
70	Токарна з ЧПК	410,00				7,50	417,50	41,75	459,25	30	24	460,50
75	Токарна з ЧПК	230,00				7,50	237,50	23,75	261,25	30	24	262,50
80	Токарна з ЧПК	270,00				7,50	277,50	27,75	305,25	30	24	306,50
85	Сверлильна	51,10	5,50	0,27	0,15	3,60	54,70	2,24	56,94	23	24	57,90
90	Фрезерна	52,00				2,50	54,50	5,45	59,95	35	24	61,41
125	Шліфувальна	10,10	2,30	0,27	0,15	2,72	12,82	0,67	13,49	16,5	24	14,17
130	Шліфувальна	16,00				2,80	18,80	1,88	20,68	16,5	24	21,37
135	Шліфувальна	21,00				2,80	23,80	2,38	26,18	16,5	24	26,87
140	Шліфувальна	23,00				2,80	25,80	2,58	28,38	16,5	24	29,07
145	Шліфувальна	18,00				2,80	20,80	2,08	22,88	16,5	24	23,57
150	Сверлильна	45,00	5,50	0,27	0,15	3,10	48,10	4,81	52,91	23	24	53,87
155	Сверлильна	27,00	5,50	0,27	0,15	3,20	30,20	3,02	33,22	23	24	34,18
160	Протяжна	460,00				4,10	464,10	46,41	510,51	35	24	511,97
190	Токарна з ЧПК	27,00				7,50	34,50	3,45	37,95	30	24	39,20

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Конструювання робочого пристосування

2.1.1 Опис конструкції та принципу роботи

Робоче пристосування для операції 085 Свердлильна.

Це збірне пристосування, яке складається з корпусу, планшайби, прихвату, гідроциліндра, кондукторної плити і шпонки. На корпусі 1 закріплений гідроциліндр 4, далі встановлюється планшайба 2 і закріплюється болтами 3. Заготовка встановлюється на плиту 2. Кондукторна плита 5 кріпиться за $\varnothing 50H7/f7$, і через фіксатор 6 за допомогою штиря 7 заготовка закріплюється при включенні пневмосистеми. Інструмент для обробки отворів направляється за швидкознімними кондукторними втулками 8.

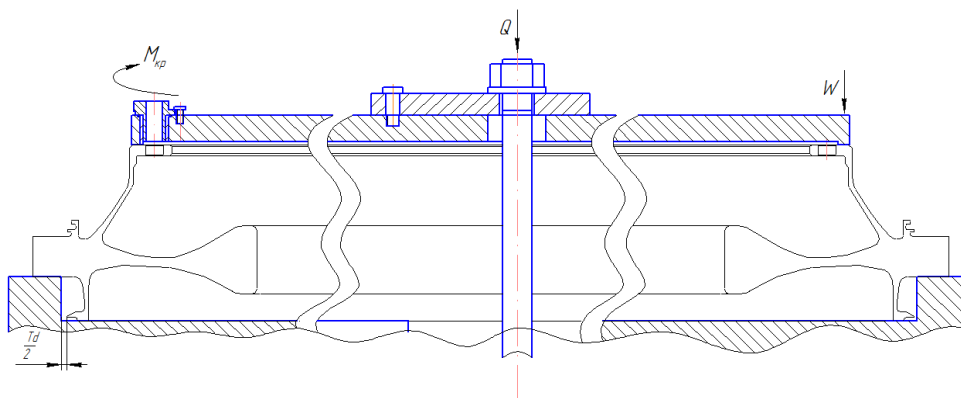
За допомогою даного пристосування свердлиться 16 отворів.

2.1.2 Розрахунок необхідного зусилля кріплення заготовки і вибір приводу

Похибка установки – це частина похибки обробки, що складається з похибки базування і закріплення.

Похибка базування - проекція на напрямок виконуваного розміру різниці граничних відстаней між вимірювальною базою і встановленим на розмір ріжучим інструментом або упором, яка виникає внаслідок неспівпадання вимірювальної і налагоджувальної бази.

Похибка закріплення – це проекція на напрямок виконуваного розміру відхилення вимірювальної бази щодо встановленого на розмір ріжучого інструменту виникає під дією прикладених сил закріплення.



Малюнок 2.1 – Розрахункова схема при свердлінні

$$\varepsilon_{уст} = \varepsilon_{б} + \varepsilon_{з} \quad (2.1)$$

де $\varepsilon_{б}$ – похибка базування;

$\varepsilon_{з}$ – похибка закріплення.

Похибки базування типових розмірів будуть визначатись наступними виразами:

$$\varepsilon_{б} = S_{max} = 0,15 \text{ мм}$$

$$S_{max} = \frac{T_o}{2} = \frac{0.3}{2} = 0,15 \text{ мм}$$

Похибка закріплення $\varepsilon_{з} = 0$, так як напрямок розміру обробки і сили закріплення взаємно перпендикулярні.

Похибка установки:

$$\varepsilon_{уст} = \varepsilon_{б} + \varepsilon_{з} = 0,15 + 0 = 0,15 \text{ мм.}$$

Розрахунок пристосування на точність:

1. Визначаємо номінальні розміри між всіма кондукторних втулок.

$$D_k = D_d = 250 \text{ мм}$$

2. Розраховуємо допуск на розмір D_k за формулою:

$$T_k \leq T_d - k \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + (\Delta_1 \times \frac{H + 2a}{H})^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2} \quad (2.2)$$

де T_d – повне поле допуску на розмір обробки;

$k=1,2$ - коефіцієнт, що враховує відхилення відстані складових величин від закону нормального розподілу, і залежить від кількості складових похибок. Прийmemo значення коефіцієнта $k=1$.

Δ_1 – частка похибки обробки, що залежить від зсуву осі свердла щодо осі отвору змінної втулки;

$$\Delta_1 = S_{\max 1} = d_{\text{см. max}} - d_{\text{св. min}} \quad (2.3)$$

де $d_{\text{см}} = 9,5_{+0,1}^{+0,2}$; $d_{\text{св.}} = 9,5_{-0,036}$

Δ_2 – частка похибки обробки, що залежить від зміщення осі змінної втулки щодо постійної втулки;

$$\Delta_2 = S_{\max 2} = d_{\max} + d_{\min} \quad (2.4)$$

де $d = 15_{-0,017}^{+0,018}$; $d_0 = 15_{-0,017}^{-0,006}$

Δ_3 – частка похибки обробки, викликана зміщенням осі свердла в наслідок ексцентриситету обох втулок. Величина допустимого ексцентриситету однієї кондукторної втулки, приймається рівною 0,005 мм.

Звідси

$$\Delta_3 = 2e = 0,01 \text{ мм};$$

Δ_4 – частка похибки обробки, що залежить від величини допустимого зносу змінної втулки за напрямним діаметром.

За формулою (2.3) розрахуємо Δ_1 :

$$\Delta_1 = S_{\max 1} = 9,7 - 9,4 = 0,3 \text{ мм}$$

За формулою (2.4) розрахуємо Δ_2 :

$$\Delta_2 = S_{\max 2} = 0,018 + 0,017 = 0,035 \text{ мм}$$

Розрахуємо допуск на розмір D_k за формулою (2.2) :

$$T_k \leq 1,78 - \sqrt{0,15^2 + 0 + (0,3 \cdot \frac{34 + 2 \cdot 4}{34})^2 + 0,035^2 + 0,01^2 + 0,020^2} = 0,12$$

3. Призначаємо виконавчий розмір розташування вісей кондукторних втулок в пристосуванні:

$$T_k \leq 1,66$$

$$T_k \leq \pm 0,8$$

Коефіцієнт запасу закріплення визначається за формулою:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \quad (2.6)$$

де k_0 – гарантований коефіцієнт запасу;

$$k_0 = k'_0 \cdot k''_0 \cdot k'''_0 \quad (2.7)$$

де $k'_0 = 1,1 - 1,3$ – коефіцієнт, що враховує недосконалість формул для розрахунку сил різання;

$k_0'' = 1,1 - 1,3$ – коефіцієнт, що враховує недосконалість розрахункової схеми.

$k_0''' = 1,2 - 1,3$ – коефіцієнт, що застосовується для забезпечення більш високого ступеня надійності, враховує раптові фактори (тверді включення в оброблюваному матеріалі, передчасне викришування ріжучої кромки і т. д.).

$k_1 = 1 - 1,2$ – враховує зміну (коливання) сил різання в процесі обробки через нерівномірність припуску на заготовці і враховується тільки для чорнових переходів.

k_2 – враховується у всіх випадках обробки і залежить від виду обробки, оброблюваного матеріалу і нерівномірного зносу ріжучого інструменту, вибирається з таблиці.

k_3 – враховує умови переривчастого виду обробки. $k_3 = 1,0$ – в умовах плавного різання; $k_3 = 1,2$ – при переривчастому різанні (фрезерування);

k_4 – характеризує заживний пристрій з точки зору постійності сил затиску. $k_4 = 1,0$ – для всіх механізованих приводів (пневматичних, механічних, гідравлічних); $k_4 = 1,3$ – для ручних затисків.

k_5 – характеризує ручні затискачі з точки зору зручності закріплення деталі. При зручному розташуванні рукоятки і куті її повороту в межах 90° $k_5 = 1,0$.

k_6 – враховується тільки при наявності крутних моментів, які прагнуть повернути заготовку, і залежить від виду опорної поверхні пристосування. $k_6 = 1$ – для точкових опор (опорні штирі, призми); $k_6 = 1,5$ – для суцільних опор (опорне кільце).

Складається рівняння рівноваги:

$$\sum M_{\text{акт}} = \sum M_{\text{пр}} \quad (2.8)$$

де $\sum M_{\text{акт}}$ – сума активних сил і моментів, які прагнуть зрушити або повернути заготовку щодо відповідних осей координат пристосування;

$\sum M_{\text{пр}}$ – сума сил і моментів, що протидіють зсуву і повороту заготовки.

Розрахункова формула для сили затиску:

$$W = \frac{3kM_{\text{рез}}}{f \left(\frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right)} \quad (2.9)$$

де – k коефіцієнт запасу кріплення;

f – коефіцієнт тертя.

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 = 1,872 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,15$$

$$k_0 = k'_0 \cdot k''_0 \cdot k'''_0 = 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,2 = 1,872$$

Силу затиснення визначаємо за формулою (2.9):

$$W = \frac{3 \cdot 2,15 \cdot 3,08}{0,18 \cdot \left(\frac{860^3 - 845^3}{860^2 - 845^2} \right)} = 86 \text{ Н}$$

де: $M_{\text{рез}} = 3,08 \text{ Н}\cdot\text{м}$

M – крутний момент при свердлінні;

$f = 0,18$ – коефіцієнт тертя;

$k = 2,15$ – коефіцієнт запасу кріплення.

Розрахунок гідроциліндра:

Розрахуємо площу поршня і штокової порожнини:

$$F_1 = 0,01 \cdot 0,785 D^2 \quad (2.9)$$

$$F_2 = 0,01 \cdot 0,785 (D^2 - d^2) \quad (2.10)$$

де D – діаметр циліндра, мм;

d – діаметр штоку, мм

Розрахунок зусилля по формулі: штовхаюче, тягуче:

$$Q = 100F_1p\eta \quad (2.11)$$

$$Q = 100F_2p\eta \quad (2.12)$$

де p – тиск рідини, МПа;

η – механічний хід гідроциліндра ($\eta = 0.46 \dots 0.9$)

Діаметр гідроциліндра :

$$D = 1.13\sqrt{Q_1/p\eta} \quad (2.13)$$

Розрахуємо площу поршня та штокової порожнини за формулами (2.9) та (2.10):

$$F_1 = 0.01 \cdot 0.785 \cdot 60^2 = 31,15 \text{ см}^2$$

$$F_2 = 0.01 \cdot 0.785(60^2 - 20^2) = 28,01 \text{ см}^2$$

Розрахунок зусилля штовхаюче, тягуче за формулами (2.11) та (2.12):

$$Q = 100 \cdot 31,15 \cdot 10 \cdot 0,5 = 15575 \text{ Н}$$

$$Q = 100 \cdot 28,01 \cdot 10 \cdot 0,5 = 14005 \text{ Н}$$

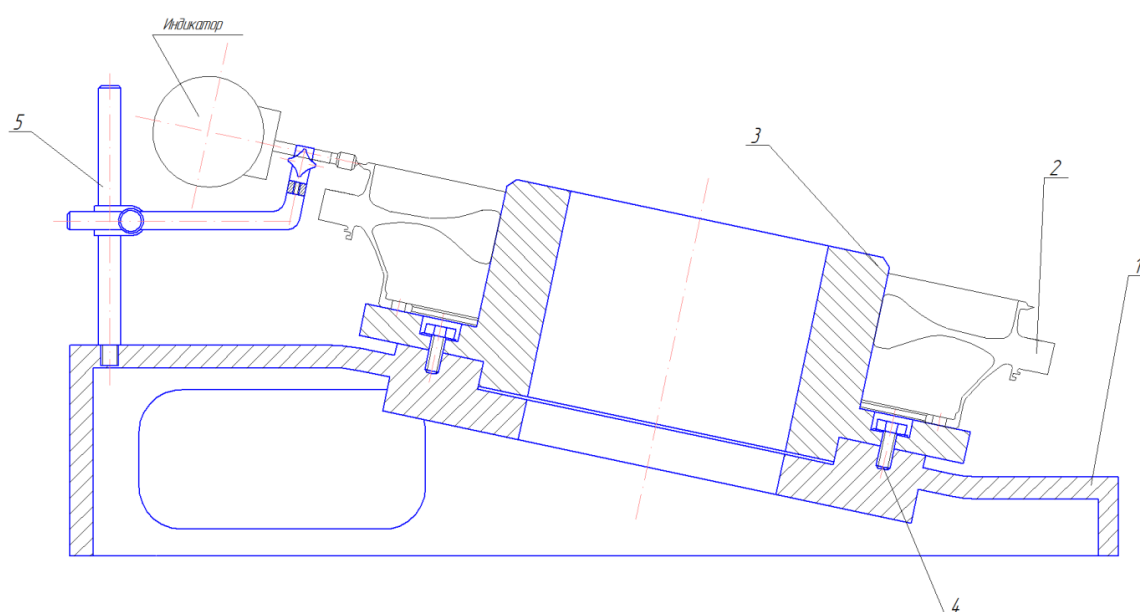
Діаметр гідроциліндра знаходимо за формулою (2.13):

$$D = 1.13\sqrt{15575/10 \cdot 0,5} = 63,06 \text{ мм}$$

Отримані розрахункові параметри гідроциліндра зводяться до найближчих розмірів, відповідно до [3, табл. 7.8, с.151]:

Приймаємо $D = 63 \text{ мм}$, $d = 32 \text{ мм}$

2.2 Контрольне пристосування



Малюнок 2.2 – Контрольне пристосування для виміру радіального биття:

1-металева основа; 2-деталь; 3-втулка; 4-кріпильний болт; 5-стояк

Принцип роботи:

На металеву основу 1, з допомогою 2-х болтів 4, встановлюється втулка 3; за допомогою якої кріпиться деталь 2; також на металеву основу встановлюється стійка 5 на яку кріпиться вимірювальний індикатор. Деталь встановлюється в втулку, обертається, з індикатора знімаються покази.

3 ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ

3.1. Визначення необхідної кількості обладнання на ділянці

Розрахунок кількості верстатів проводимо за формулою:

$$S_{pi} = \frac{t_{umi} \cdot N}{F_{\delta} \cdot 60 \cdot m}, \quad (3.1)$$

де t_{umi} — штучний час i -ої операції, хв;

$N = 400$ шт — річна програма випуску;

$F_{\delta} = 4015$ часов — дійсний річний фонд часу роботи обладнання.

Коефіцієнт завантаження обладнання розрахуємо за формулою:

$$K_{3.o.i} = \frac{S_{p.i}}{S_{n.i}} \quad (3.2)$$

Розрахуємо кількість верстатів та коефіцієнт завантаження за операціями.

$$\begin{aligned} S_{p10} &= \frac{56,37 \cdot 400}{240900} = 0,093 \Rightarrow S_{n15} = 1; & K_{3.o.10} &= \frac{S_{p.10}}{S_{n.10}} = \frac{0,093}{1} = 0,093; \\ S_{p15} &= \frac{23,37 \cdot 400}{240900} = 0,038 \Rightarrow S_{n15} = 1; & K_{3.o.15} &= \frac{S_{p.15}}{S_{n.15}} = \frac{0,038}{1} = 0,038; \\ S_{p25} &= \frac{63,07 \cdot 400}{240900} = 0,104 \Rightarrow S_{n25} = 1; & K_{3.o.25} &= \frac{S_{p.25}}{S_{n.25}} = \frac{0,104}{1} = 0,104; \\ S_{p30} &= \frac{86,17 \cdot 400}{240900} = 0,143 \Rightarrow S_{n30} = 1; & K_{3.o.30} &= \frac{S_{p.30}}{S_{n.30}} = \frac{0,143}{1} = 0,143; \\ S_{p35} &= \frac{100,47 \cdot 400}{240900} = 0,166 \Rightarrow S_{n35} = 1; & K_{3.o.35} &= \frac{S_{p.35}}{S_{n.35}} = \frac{0,166}{1} = 0,166; \end{aligned}$$

$$S_{p40} = \frac{21,7 \cdot 400}{240900} = 0,036 \Rightarrow S_{n40} = 1 ; K_{3.o.40} = \frac{S_{p.40}}{S_{n.40}} = \frac{0,036}{1} = 0,036 ;$$

$$S_{p45} = \frac{503,82 \cdot 400}{240900} = 0,836 \Rightarrow S_{n45} = 1 ; K_{3.o.45} = \frac{S_{p.45}}{S_{n.45}} = \frac{0,836}{1} = 0,836 ;$$

$$S_{p50} = \frac{504,5 \cdot 400}{240900} = 0,837 \Rightarrow S_{n50} = 1 ; K_{3.o.50} = \frac{S_{p.50}}{S_{n.50}} = \frac{0,837}{1} = 0,837 ;$$

$$S_{p65} = \frac{328,5 \cdot 400}{240900} = 0,545 \Rightarrow S_{n65} = 1 ; K_{3.o.65} = \frac{S_{p.65}}{S_{n.65}} = \frac{0,545}{1} = 0,545 ;$$

$$S_{p70} = \frac{460,5 \cdot 400}{240900} = 0,764 \Rightarrow S_{n70} = 1 ; K_{3.o.70} = \frac{S_{p.70}}{S_{n.70}} = \frac{0,764}{1} = 0,764 ;$$

$$S_{p75} = \frac{262,5 \cdot 400}{240900} = 0,435 \Rightarrow S_{n75} = 1 ; K_{3.o.75} = \frac{S_{p.75}}{S_{n.75}} = \frac{0,435}{1} = 0,435 ;$$

$$S_{p80} = \frac{306,5 \cdot 400}{240900} = 0,508 \Rightarrow S_{n80} = 1 ; K_{3.o.80} = \frac{S_{p.80}}{S_{n.80}} = \frac{0,508}{1} = 0,508 ;$$

$$S_{p85} = \frac{57,9 \cdot 400}{240900} = 0,096 \Rightarrow S_{n85} = 1 ; K_{3.o.85} = \frac{S_{p.85}}{S_{n.85}} = \frac{0,096}{1} = 0,096 ;$$

$$S_{p90} = \frac{61,41 \cdot 400}{240900} = 0,102 \Rightarrow S_{n90} = 1 ; K_{3.o.90} = \frac{S_{p.90}}{S_{n.90}} = \frac{0,102}{1} = 0,102 ;$$

$$S_{p125} = \frac{14,17 \cdot 400}{240900} = 0,235 \Rightarrow S_{n125} = 1 ; K_{3.o.125} = \frac{S_{p.125}}{S_{n.125}} = \frac{0,235}{1} = 0,235 ;$$

$$S_{p130} = \frac{21,37 \cdot 400}{240900} = 0,035 \Rightarrow S_{n130} = 1 ; K_{3.o.130} = \frac{S_{p.130}}{S_{n.130}} = \frac{0,035}{1} = 0,035 ;$$

$$S_{p135} = \frac{26,87 \cdot 400}{240900} = 0,044 \Rightarrow S_{n135} = 1 ; K_{3.o.135} = \frac{S_{p.135}}{S_{n.135}} = \frac{0,044}{1} = 0,044 ;$$

$$S_{p140} = \frac{29,07 \cdot 400}{240900} = 0,048 \Rightarrow S_{n140} = 1 ; K_{3.o.140} = \frac{S_{p.140}}{S_{n.140}} = \frac{0,048}{1} = 0,048 ;$$

$$S_{p145} = \frac{23,57 \cdot 400}{240900} = 0,039 \Rightarrow S_{n145} = 1 ; K_{3.o.145} = \frac{S_{p.145}}{S_{n.145}} = \frac{0,039}{1} = 0,039 ;$$

$$S_{p150} = \frac{53,87 \cdot 400}{240900} = 0,089 \Rightarrow S_{n150} = 1 ; K_{3.o.150} = \frac{S_{p.150}}{S_{n.150}} = \frac{0,089}{1} = 0,089 ;$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\bar{K}_3 = \frac{\sum S_p}{\sum S_n}$$

$$(3.3) \quad \bar{K}_3 = \frac{5,2}{20} = 0,26$$

Результати розрахунків вносимо в табл. 3.1.

Таблица 3.1 – Розрахунок необхідної кількості технологічного обладнання

№ операції	Модель верстата	$t_{ум}, \text{хв}$	S_{pi}	S_{ni}	K_{zi}
10	151M	56,37	0,09	1	0,09
15	151M	23,37	0,04	1	0,04
25	MDW-20	63,07	0,1	1	0,1
30	MDW-20	86,17	0,14	1	0,14
35	MDW-20	100,47	0,16	1	0,16
40	3Д741	21,70	0,04	1	0,04
45	MDW-20	503,82	0,84	1	0,84
50	MDW-20	504,50	0,84	1	0,84
65	MDW-20	328,50	0,55	1	0,55
70	MDW-20	460,50	0,76	1	0,76
75	MDW-20	262,50	0,44	1	0,44
80	MDW-20	306,50	0,51	1	0,51
85	2A55	57,90	0,1	1	0,1
90	6M13CH2	61,41	0,1	1	0,1
125	3Д741	14,17	0,24	1	0,24
130	Si-8	21,37	0,035	1	0,035
135	3Д741	26,87	0,04	1	0,04
140	Si-8	29,07	0,05	1	0,05
145	Si-8	23,57	0,04	1	0,04
150	2A55	53,87	0,09	1	0,09

Так як коефіцієнт завантаження обладнання не великий, то верстати додатково довантажуюмо аналогічними деталями до середнього коефіцієнту завантаження обладнання 0,75. Результати розрахунків вносимо в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахунок необхідної кількості технологічного обладнання на ділянці

№ операції	Модель верстата	t_{um} , хв, N=400 шт.			S_{pi}	S_{ni}	K_{zi}
		Деталь 1	Деталь 2	Деталь 3			
10	151M	56,37	154,00	165,00	0,64	1	0,64
15	151M	23,37	240,00	215,00	0,55	1	0,55
25	MDW-20	63,07	81,00	235,00	0,63	1	0,63
30	MDW-20	86,17	120,00	208,00	0,66	1	0,66
35	MDW-20	100,47	215,00	205,00	0,95	1	0,95
40	3Д741	21,70	148,00	241,00	0,86	1	0,86
45	MDW-20	503,82	0,00	56,00	0,93	1	0,93
50	MDW-20	504,50	0,00	87,00	0,87	1	0,87
65	MDW-20	328,50	125,00	0,00	0,82	1	0,82
70	MDW-20	460,50	53,00	0,00	0,90	1	0,90
75	MDW-20	262,50	350,00	285,00	0,89	1	0,89
80	MDW-20	306,50	285,00	0,00	0,92	1	0,92
85	2A55	57,90	210,00	195,00	0,72	1	0,72
90	6M13CH2	61,41	115,00	238,00	0,68	1	0,68
125	3Д741	14,17	79,00	190,00	0,64	1	0,64
130	Si-8	21,37	92,00	360,00	0,80	1	0,80
135	3Д741	26,87	135,00	270,00	0,61	1	0,61
140	Si-8	29,07	34,00	180,00	0,56	1	0,56
145	Si-8	23,57	115,00	250,00	0,64	1	0,64
150	2A55	53,87	32,00	310,00	0,73	1	0,73

Середній коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\bar{K}'_3 = \frac{\sum S_p}{\sum S_n};$$

$$\bar{K}'_3 = \frac{\sum S_p}{\sum S_n} = \frac{15,05}{20} = 0,75$$

3.2 Опис планування обладнання на ділянці

В залежності від масштабу виробництва, розмірів цеху та організації роботи проектується додаткові відділення цеху. До них відносяться:

Інструментальна служба цеху, до якої відноситься:

Заточне відділення;

Відділення з ремонту та оснастки;

Інструментально-роздаточна кладова;

Кладові пристосувань та абразивів;

Склади;

БТК;

Цехові та санітарно-технічні приміщення.

Для транспортування заготовок по цеху, від верстата до верстата, використовується кран-балка вантажопідйомністю 5000 кг. При переміщенні заготовок між цехами використовують електрокари.

Прибирання стружки на верстатах проводиться автоматично. Для цього на ділянці є конвеєр.

Основним принципом при розробці плану розміщення обладнання є принцип забезпечення прямоочності руху деталей в процесі їх обробки, а також установкою оптимальних відстаней між обладнанням. При цьому необхідно врахувати такі правила:

- відстані беруть між зовнішніми розмірами верстата;
- при установці верстата на фундамент, відстань приймають з врахуванням конструкції та глибини фундаменту;
- відстані повинні враховувати промислові дроти, площі для зберігання деталей.

Враховуючи всі ці вимоги, приймаємо проїзд – 4500 мм, прохід – 2000 мм, відстань між верстатами – 1000 мм.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В процесі виконання дипломної роботи та обробки, аналізу та обчислення отриманих даних використовувались персональні електронно-обчислювальні машини (ПК). Для усунення ризиків травматизму, нещасних випадків та створення безпечних умов роботи необхідно дотримуватися правил техніки безпеки під час роботи на металорізальному обладнанні та за ПК. В даному розділі пояснювальної записки наведений аналіз потенційно небезпечних факторів, що характеризують умови роботи, заходи по забезпеченню безпеки, виробничої санітарії та гігієни праці, а також пожежної безпеки.

4.1 Аналіз потенційних небезпек

При роботі на металорізальних верстатах існують наступні потенційні небезпеки фізичного характеру:

- руйнування ріжучого інструменту внаслідок порушення технологічного процесу може привести до травм різного ступеню важкості робітника або оточуючих людей через загрозу вильоту зруйнованих частин інструменту або деталі з робочої зони;
- ймовірні травми очей під час виконання робіт без захисних окулярів або щитків;
- ураження електричним струмом у зв'язку з невиконанням правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, відсутності захисного заземлення, можливе падіння у випадку забруднення підлоги змащувально-охолоджувальною рідиною та стружкою, що відлітає.

До потенційних небезпек санітарно-гігієнічного характеру відносяться:

- підвищений рівень вібрації призводить до погіршення чутливості, головного болю, може стати причиною розвитку віброхвороби, згодом, спостерігається порушення діяльності центральної нервової системи;

- недостатня освітленість робочого місця може призвести до погіршення зору і появи ризику отримання травми, а також до розвитку професійних захворювань.

- незадовільні параметри мікроклімату, у зв'язку з відсутністю приладів, що забезпечують необхідний повітрообмін та опалювальної системи, можуть викликати загальні захворювання.

Робота за ПК пов'язана з впливом великої кількості психофізичних факторів, що впливають на людину:

- тривала робота в не рухомому положенні, призводить до перенапруження м'язів спини та ніг, що в свою чергу, викликає болі в спині, шийному відділі хребта та руках та може стати передумовою для виникнення захворювань опорно-рухового апарату.

- робота за монітором ПК має негативний вплив обумовлений електричними полями та електромагнітними випромінюваннями, що може призвести до зниження імунітету, бронхолегеневих та шкірних захворювань.

- монотонність праці, може привести до гальмування реакцій не тільки під час праці але і після неї;

Вірогідність загоряння, у зв'язку із несправністю електричного обладнання, недотримання, або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, що призводить до пожежі;

Неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, які призводять до паніки та загибелі людей.

4.2 Заходи з забезпечення техніки безпеки

Щоб уникнути механічних та електричних травм під час роботи за обладнанням передбачені заходи по проведенню навчання, перевірки знань з питань охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також правил поведінки та дій при виникненні аварійних ситуацій, пожеж і стихійних лих згідно НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці».

Небезпека ураження електричним струмом при використанні верстатів, персональних комп'ютерів, принтеру, ксероксу, освітлювальних приладів та іншого обладнання з'являється при недотриманні заходів безпеки, а також при відмові або несправності цього обладнання. Наслідки ураження електричним струмом залежать від багатьох факторів: опору організму, величини, тривалості дії, роду і частоти струму, шляхів його проходження через життєво важливі органи, умов зовнішнього середовища.

Для попередження ураження електричним струмом на механічній ділянці та робочих кімнатах враховано вимоги ПУЕ «Правила улаштування електроустановок» та ДНАОП 0.00-1.21 – 98 «Правила безпечної експлуатації споживачів».

Згідно ПУЕ приміщення конструкторського бюро та дослідницькі лабораторії за ступенем електробезпеки класифікуються як приміщення без підвищеної небезпеки (відсутній струмопровідний пил, струмопровідні поверхні, не струмопровідні поли, температура не більше 25⁰С, вологість не більше 60%).

Приміщення механічної ділянці за ступенем електробезпеки класифікуються як приміщення з підвищеною небезпекою (наявність струмопровідного пилу, струмопровідні поверхні, струмопровідні поли, але температура не більше 25⁰С, вологість не більше 60%).

Для запобігання ураження електричним струмом встановлено електроустаткування, яке відповідає вимогам: ПУЕ («Правила устрою електроустановок») і ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность.

Защитное заземление, зануление», величина опоры захисного заземлення електрообладнання приміщення – 4 Ом.

Згідно вимог НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок», приміщення, в яких розташовуються електрообчислювальне обладнання, різноманітне устаткування, верстати відноситься до класу пожежонебезпечної зони П-Па, тому передбачений мінімальний ступінь захисту ізоляції обладнання IP44; ГОСТ 12.1.009-76 (1999) «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения» обладнання має подвійну ізоляцію, яка складається з робочої та додаткової ізоляції;

Відповідно ГОСТ 12.2.007.0-75* (2001) «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» ЕОМ, периферійні пристрої ЕОМ та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ по способу захисту людини від ураження електричним струмом, належать до I класу, оскільки мають подвійну ізоляцію, елемент для заземлення та провід для приєднання до джерела живлення, що має заземлюючу жилу і вилку з заземлюючим контактом. Експлуатація електроустановок і електроустаткування проводиться відповідно до НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безопасной эксплуатации электроустановок» та НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безопасной эксплуатации электроустановок потребителей».

Для забезпечення безпеки при виконанні технологічного процесу та проведенні дослідів використовується обладнання, що відповідає ГОСТ 12.2.003-91. ССБТ. «Оборудование производственное. Общие требования безопасности». Органи керування верстатом відповідають вимогам ГОСТ 12.2.064-81. ССБТ. «Органы управления производственным оборудованием. Общие эргономические требования». Обладнання задовольняє вимогам безпеки при монтажі, експлуатації, ремонті та транспортуванні й зберіганні при використанні окремо або у складі комплексів і технологічних систем. В процесі експлуатації обладнання не забруднює навколишнє середовище.

Робітники дотримуються правил безпеки при роботі згідно НПАОП 28.5-1.34-90 «Правила по безопасности труда при обработке металлов резанием». Відповідальність за дотримання справного стану і безпечну експлуатацію

металорізального верстату покладається на керівника підрозділу, за яким закріплений верстат.

Для уникнення можливих травм при контакті з рухомими частинами обладнання конструктивно передбачені захисні огорожі згідно ГОСТ 12.2.062-81 «ССБТ. Оборудование производственное. Ограждения защитные».

При проектуванні та експлуатації технологічного обладнання передбачено застосування пристроїв, які виключають ймовірність контакту людини з небезпечною зоною, або знижують небезпеку контакту (засоби захисту робітників).

Для уникнення травм внаслідок руйнування інструменту необхідно працювати тільки з огороженим інструментом. При проведенні розрахунків на міцність огорож, необхідно враховувати ймовірність вильоту та удару об огорожу заготовок і ріжучого інструменту.

Конструкцією виробничого обладнання передбачена сигналізація, що попереджає по порушення нормального режиму роботи, а в необхідних випадках - засоби автоматичної зупинки і відключення від джерел енергії при небезпечних несправностях чи аваріях.

Засоби керування обладнанням відповідають ергономічним вимогам ГОСТу 12.2.064-81 «ССБТ. Органы управления производственным оборудованием. Общие эргономические требования», ДСТУ 7234:2011 «Дизайн и эргономика. Оборудование производственное. Общие требования дизайна и эргономики», «Мінімальні вимоги по охороні праці» директиви ЕС90/270 ЕЕС. Засоби керування обладнанням мають форму і розміри поверхні, що безпечні і зручні для роботи. Їх розміщують в робочій зоні так, щоб відстань між ними, а також до інших елементів конструкції не утруднювали виконання операцій, зусилля та напрямки при переміщенні є оптимальними для виконавців.

Для зручної та безпечної установки заготовок та деталей, масою більше 8кг, а також інструментів та пристосувань масою більше ніж 20кг верстати оснащені підйомним механізмом. Підймальний пристрій утримує вантаж у будь-якому положенні, навіть у разі відключення електроенергії, подачі мастила чи повітря. Для

установлення заготовок масою більше за 25кг застосовуються внутрішньо цехові підіймальні засоби.

Розташування обладнання з точки зору безпеки та ергономіки відповідає ГОСТ ДСТУ 7234:2011 «Дизайн и эргономика. Оборудование производственное. Общие требования дизайна и эргономики».

4.3 Заходи з забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії і гігієни праці розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МІОУ 06.05.2014 р. за № 472/25249 (далі – «Гігієнічна класифікація праці»).

Метеорологічні умови (температура повітря, відносна вологість повітря й швидкість його переміщення) відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». На механічній дільниці роботи виконуються стоячи, належать до категорії П₆ – робота середньої важкості, тому передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

- у холодний період року: температура 18-20°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,1 м/с;
- у теплий період року: температура 21-23°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с.

Неправильне проектування або несправність систем опалення та вентиляції в приміщенні може призвести до негативних впливів на здоров'я працівників у вигляді простудних захворювань, перегрівань, проблем із дихальними шляхами тощо. Для запобігання запиленості та загазованості приміщення пилом і парами

речовин, що утворюються при випаровуванні змащувально-охолоджувальної рідини та мастил передбачена система вентиляції, що відповідає вимогам ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування», ГОСТ 12.4.021-75 «ССБТ. Системы вентиляции. Общие требования». При розрахунках та виборі системи вентиляції враховується повітрообмін (процес заміни відпрацьованого і забрудненого повітря у виробничому приміщенні свіжим за допомогою природної і (або) механічної вентиляції). Величина обміну повітря, м/год, – один з головних показників, необхідних для проектування будь-якої з систем вентиляції виробничого приміщення. Обмін повітря розраховуватись так, щоб концентрація шкідливих речовин (пари, газу, волога, пилю або аерозолі та ін.) в приміщенні під час роботи вентиляції не перевищувала допустимих рівнів чи гранично допустимих концентрацій (ГДК). ГДК деяких шкідливих речовин встановлюються згідно ГОСТ 12.1.005- 88 і ДСН 3.3.5.042 — 99 "Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень".

Оцінку впливу рівня вібрацій проводиться за ДСТУ ISO 2631-1:2004«Вібрація та удар механічні. Оцінка впливу загальної вібрації на людину». Необхідно дотримуватися санітарних норм при роботі з наявністю вібрацій згідно ДСН 3.3.6.039-99. «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрацій». При роботі, яка супроводжується вібраціями необхідно робити перерву через кожні 10-15 хвилин роботи. Потрібно зменшувати вібрації за рахунок застосування конструктивних і технологічних методів, застосовувати засоби віброізоляції та вібропоглинання, своєчасно проводити плановий та попереджувальний ремонт обладнання. Потрібно застосовувати заходи лікувально-профілактичного характеру.

При проведенні робіт за металорізальним обладнанням необхідно застосовувати систему комбінованого освітлення. Освітленість при роботі за верстатом в зоні обробки повинна бути не менше 2000 лк, що досягається за рахунок місцевого освітлення, яке передбачається конструкцією обладнання. Вимоги природного та штучного освітлення в приміщеннях повинні виконуватись згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне

освітлення». Значення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів має становити 300-500 лк, якщо ці значення неможливо забезпечити системою загального освітлення, допускається використовувати місцеве освітлення. Штучне освітлення – освітлення будинків, приміщень, споруд та створення зовнішнього освітлення за допомогою спеціальних електроосвітлювальних установок – світильників. Система загального освітлення призначена для освітлення всього приміщення. Правильно спроектоване та виконане освітлення забезпечує можливість нормальної діяльності, зберігає зір людини, стан його центральної нервової системи. В значній мірі від умов освітленості залежить безпека та продуктивність праці. На механічній дільниці рівень загального освітлення становить 200 люкс. Штучне освітлення в приміщенні, здійснено системою загального рівномірного освітлення. Як джерела штучного освітлення в приміщенні застосовані люмінесцентні лампи типу ЛБ. При застосуванні яких дотримались наступних умов:

- температура навколишнього повітря не повинна бути нижче, ніж 5°C;
- напруга на освітлювальних приладах повинна бути не менше, ніж 90% номінальної.

Рівень шуму в робочих кімнатах та лабораторіях не повинен перевищувати 65 дБ згідно вимог ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности», ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку», а на механічній дільниці-80дБ. При організації робочого місця необхідно приймати всі необхідні заходи для зменшення шуму, який впливає на людину на робочих місцях до значень, котрі не перевищують допустимі.

4.4 Заходи з пожежної безпеки

Пожежі представляють собою велику загрозу життю та здоров'ю працівників та можуть призвести до величезних матеріальних збитків. Питання забезпечення

пожежної безпеки будівель і споруд має велике значення та регламентується спеціальними державними постановами і рішеннями. Пожежна безпека забезпечується системою запобігання пожежі і системою пожежного захисту згідно НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». Ці правила встановлюють загальні вимоги з пожежної безпеки до будівель, обладнання, майна.

Відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», механічна дільниця належить до категорії «Д» у якій перебувають тверді горючі речовини та матеріали.

Згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» у приміщенні дослідницької лабораторії, обладнаному ПК з ВДТ можлива пожежа класу – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів) та Е (горіння електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В), на дільниці також можливі пожежі класу А.

Причинами пожежі можуть бути: несправність електрообладнання (коротке замикання, перевантаження); тривале перевантаження двигунів, приводів; порушення ізоляції, потрапляння іскор або стружки з високою температурою на легкозаймисті матеріали або спецодяг.

Оскільки механічна дільниця та приміщення дослідницької лабораторії, належать до категорії «Д», тому згідно вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» воно має II ступінь вогнестійкості.

У разі виникнення пожежі у приміщенні для евакуації персоналу відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» передбачені виходи, по обидві сторони приміщення, з одного боку вікно (на пожежні сходи), а з іншого – вхідні двері. Згідно п. 2.29 (табл. 2) СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания», відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу не обмежується, у адміністративних приміщеннях та у цеху становить 75 метрів.

Згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту», в приміщенні (дільниці, дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, тощо)

встановлена система пожежної й охоронної сигналізації «Сигнал-ВК6». Сигналізація забезпечує виявлення теплових і димових ознак пожежі і місця виникнення пожежі з точністю до місця розміщення датчика. Пожежна сигналізація використовується для виклику пожежних команд при виникненні пожеж. До основних елементів пожежної сигналізації належать: повідомлювачі (сигнал тривоги про пожежу), які встановлюються поза або всередині споруди; приймальні апарати або установки для приймання і фіксації сигналів від повідомлювачів; повітряні або кабельні лінії, які з'єднують повідомлювачів з пожежною службою (найчастіше це телефонний зв'язок за номером 01).

Система пожежної сигналізації швидко виявляє місце виникнення пожежі. Сигналізації перетворює сигнал про пожежу у форму, зручну для сприймання персоналом, залишається нечутливою до впливу зовнішніх факторів, що відмінні від факторів пожежі; швидко виявляє та передає сповіщення про несправності, що перешкоджають нормальному функціонуванню системи.

Для даної категорії приміщення і класу пожежі рекомендується оснащувати приміщення порошковими вогнегасниками місткістю 5л в кількості 2 шт згідно «Правила експлуатації та типові норми належності вогнегасників», затверджені наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстровані в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677. В порошкових вогнегасниках джерелом гасіння є сухий порошок. Призначаються для гасіння твердих, рідких та газоподібних речовин, а також для матеріалів, які тліють. Рекомендуються для гасіння електроустановок з напругою до 1000 В. Зберігати потрібно у вертикальному стані в легкодоступному місці, захищеному від прямих сонячних променів і далеко від нагрівальних приладів.

4.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Склад та основні завдання сил цивільного захисту, оперативно-рятувальна служба та громадські організації, згідно Кодексу цивільного захисту України.

Цивільний захист – система організаційних, інженерно-технічних, санітарно-гігієнічних, протиепідемічних та інших заходів, які здійснюються центральними і місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, підпорядкованими їм силами і засобами, підприємствами, установами та організаціями незалежно від форм власності. Добровільними рятувальними формуваннями, що забезпечують виконання цих заходів з метою запобігання та ліквідації надзвичайних ситуацій, які загрожують життю та здоров'ю людей, завдають матеріальних збитків у мирний час і особливий період. Цивільний захист здійснюється з метою:

- реалізації державної політики, спрямованої на забезпечення безпеки та захисту населення і територій, матеріальних і культурних цінностей та довкілля від негативних наслідків надзвичайних ситуацій у мирний час та в особливий період;
- подолання наслідків надзвичайних ситуацій, у тому числі наслідків надзвичайних ситуацій на територіях іноземних держав відповідно до міжнародних договорів України, згода на обов'язковість яких надана Верховною Радою України.

Цивільний захист здійснюється на принципах:

- гарантування державою громадянам конституційного права на захист життя, здоров'я та їх майна, а юридичним особам – право на безпечне функціонування;
- добровільності при залучення людей до здійснення заходів у сфері цивільного захисту, пов'язаних з ризиком для життя і здоров'я;
- комплексного підходу до вирішення завдань цивільного захисту;
- створення системи раціональної превентивної безпеки з метою максимально можливого, економічно обґрунтованого зменшення ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій і мінімізації їх наслідків;
- територіальності та функціональності єдиної системи цивільного захисту;
- мінімізації заподіяння шкоди довкіллю;
- гласності, вільного доступу населення до інформації у сфері цивільного захисту відповідно до законодавства.

До сил цивільного захисту належать:

- Оперативно-рятувальна служба цивільного захисту;
- Аварійно-рятувальні служби;
- Формування цивільного захисту;
- Спеціалізовані служби цивільного захисту;
- Пожежно-рятувальні підрозділи (частини);
- Добровільні формування цивільного захисту.

Основними завданнями цивільного захисту є:

- збирання, аналітичне опрацювання інформації про надзвичайні ситуації;
- прогнозування та оцінка соціально-економічних наслідків надзвичайних ситуацій;
- здійснення нагляду і контролю у сфері цивільного захисту;
- розроблення і виконання законодавчих та інших нормативно-правових актів, дотримання норм і стандартів у сфері цивільного захисту;
- розроблення і здійснення запобіжних заходів у сфері цивільного захисту;
- створення, збереження і раціональне використання матеріальних ресурсів, необхідних для запобігання надзвичайним ситуаціям;
- розроблення і виконання науково-технічних програм, спрямованих на запобігання надзвичайним ситуаціям;
- оперативне оповіщення населення про виникнення або загрозу виникнення надзвичайної ситуації, своєчасне достовірне інформування про обстановку, яка складається, та заходи, що вживаються для запобігання надзвичайним ситуаціям та подолання їх наслідків;
- організація захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій, надання невідкладної психологічної, медичної та іншої допомоги потерпілим;
- проведення невідкладних робіт із ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та організація життєзабезпечення постраждалого населення;

- забезпечення постійної готовності сил і засобів цивільного захисту до запобігання надзвичайним ситуаціям та ліквідації їх наслідків;
- надання з використанням засобів цивільного захисту оперативної допомоги населенню в разі виникнення несприятливих побутових або нестандартних ситуацій;
- навчання населення способам захисту в разі виникнення надзвичайних, несприятливих побутових або нестандартних ситуацій та організація тренувань;
- міжнародне співробітництво у сфері цивільного захисту.

З метою ефективної реалізації завдань цивільного захисту, зменшення матеріальних втрат та недопущення шкоди об'єктам, матеріальних і культурним цінностям та довкіллю в разі виникнення надзвичайних ситуацій центральні та місцеві органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування, підпорядковані їм сили і засоби, підприємства, установи та організації незалежно від форм власності, добровільні рятувальні формування здійснюють наступні заходи у сфері цивільного захисту: оповіщення та інформування; спостереження і лабораторний контроль; укриття у захисних спорудах; евакуацію; інженерний захист; медичний захист; психологічний захист; біологічний захист; екологічний захист; радіаційний та хімічний захист.

Формування цивільного захисту утворюються як пости, ланки, групи, бригади, колони, команди та загони на непрофесійній основі і входять до складу сил цивільного захисту.

Залежно від призначення формування цивільного захисту можуть бути рятувальні, аварійно-відновлювальні, аварійно-технічні, пожежні, інженерні, медичні, транспортні, ремонтні, а також формування радіаційного і хімічного спостереження, санітарної обробки людей, спеціальної обробки майна, одягу та транспорту, матеріально-технічного та продовольчого забезпечення, зв'язку, захисту сільськогосподарських тварин та рослин, обслуговування захисних споруд цивільного захисту та інші.

Об'єктові формування цивільного захисту утворюються суб'єктами

господарювання, які мають чисельність працюючого персоналу понад 50 осіб та володіють транспортною, будівельною, комунальною, медичною, пожежною та іншою спеціальною технікою і відповідають одній з таких умов:

- віднесені до відповідної категорії цивільного захисту (особливої важливості, першої або другої категорії);
- мають стратегічне значення для економіки і безпеки держави та (або) продовжують свою виробничу діяльність в особливий період;
- експлуатують об'єкти підвищеної небезпеки або потенційно небезпечні об'єкти.

Зазначені формування призначені для проведення великих обсягів робіт з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, у тому числі тих, що виникли внаслідок воєнних (бойових) дій чи терористичних актів, а також проведення відновлювальних робіт, які потребують залучення великої кількості населення і техніки (далі - проведення аварійно-відновлювальних робіт), на об'єктах суб'єктів господарювання, що їх утворили.

За рішенням Ради міністрів Автономної Республіки Крим, місцевих держадміністрацій, міських рад у містах обласного значення та за згодою керівників суб'єктів господарювання об'єктові формування цивільного захисту можуть залучатися до виконання завдань за призначенням на об'єктах інших суб'єктів господарювання чи на визначених територіях.

Територіальні формування цивільного захисту утворюються шляхом об'єднання об'єктових формувань цивільного захисту на відповідній території, у тому числі за згодою центральних органів виконавчої влади, до сфери управління яких належать суб'єкти господарювання, що їх утворили: в Автономній Республіці Крим - Радою міністрів Автономної Республіки Крим; в областях, м. Києві та Севастополі, районах - відповідними місцевими держадміністраціями; у містах обласного значення - міськими радами.

Органи управління територіальних формувань цивільного захисту утворюються суб'єктами господарювання, що належать до сфери управління

місцевих органів виконавчої влади або перебувають у комунальній власності.

Організаційна структура кожного виду формувань цивільного захисту, порядок їх оснащення технікою і майном визначаються в положеннях, що затверджуються Радою міністрів Автономної Республіки Крим, місцевими держадміністраціями, міськими радами у містах обласного значення та керівниками суб'єктів господарювання, які ці формування утворили, згідно з Примірним положенням про формування цивільного захисту.

До формувань цивільного захисту призначаються на добровільній основі працівники суб'єктів господарювання, які здатні за станом здоров'я виконувати роботи в умовах надзвичайної ситуацій, у тому числі чоловіки віком від 18 до 60 років та жінки - від 18 до 55 років, за винятком вагітних жінок, жінок, які мають дітей віком до 8 років, інвалідів I та II групи, та осіб, що входять до складу професійних аварійно-рятувальних служб.

Залучення формувань цивільного захисту до дій за призначенням здійснюється згідно з планами реагування на надзвичайні ситуації, планами взаємодії органів управління та сил цивільного захисту у разі виникнення надзвичайних ситуацій, планами локалізації і ліквідації наслідків аварії, а також планами цивільного захисту на особливий період.

- Рішення про залучення об'єктових формувань цивільного захисту до дій за призначенням приймають керівники суб'єктів господарювання, які утворили ці формування.

- Рішення про залучення територіальних формувань цивільного захисту до дій за призначенням приймають відповідно Рада міністрів Автономної Республіки Крим, місцеві держадміністрації та міські ради у містах обласного значення, які утворили ці формування.

Добровільні формування цивільного захисту утворюються під час загрози або виникнення надзвичайних ситуацій для проведення допоміжних робіт із запобігання або ліквідації наслідків таких ситуацій за рішенням Ради міністрів Автономної Республіки Крим, центрального органу виконавчої влади, місцевої державної адміністрації, органу місцевого самоврядування.

Добровільні формування цивільного захисту мають право:

- на отримання від місцевих державних адміністрацій, органів місцевого самоврядування, суб'єктів господарювання та аварійно-рятувальних служб, що працюють у зоні надзвичайної ситуації, інформації, необхідної для проведення заходів і робіт із запобігання та ліквідації наслідків надзвичайної ситуації;
- на безперешкодний доступ на об'єкти суб'єктів господарювання і їх територію для виконання аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт, робіт з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій;
- вимагати додержання заходів безпеки від усіх осіб, які перебувають у зоні надзвичайної ситуації.

До добровільних формувань цивільного захисту включаються громадяни на добровільних засадах. Громадяни, які виконують завдання із запобігання або ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій у складі добровільного формування цивільного захисту, мають право на:

- отримання інформації про надзвичайну ситуацію та про заходи необхідної безпеки;
- забезпечення і використання під час виконання завдань із запобігання та ліквідації наслідків надзвичайної ситуації засобами індивідуального захисту;
- відшкодування шкоди, заподіяної їхньому життю, здоров'ю під час виконання завдань із запобігання та ліквідації наслідків надзвичайної ситуації;
- медичну допомогу та медико-психологічну реабілітацію у разі отримання фізичних та психологічних травм під час виконання завдань із запобігання та ліквідації наслідків надзвичайної ситуації.

Громадяни, які виконують завдання із запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій у складі добровільного формування цивільного захисту, зобов'язані:

- виконувати завдання та обсяг робіт, визначені залежно від характеру надзвичайної ситуації;

- дотримуватися заходів безпеки під час виконання завдань із запобігання та ліквідації наслідків надзвичайної ситуації, правил поведінки в зоні надзвичайної ситуації;
- вивчати способи захисту від надзвичайних ситуацій, надання домедичної допомоги, правила користування засобами захисту.

Положення про добровільні формування цивільного захисту затверджується Кабінетом Міністрів України.

Залучення Збройних Сил України, інших військових формувань та правоохоронних органів спеціального призначення, які утворені відповідно до законів України, для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. Для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій відповідно до закону можуть залучатися Збройні Сили України, інші військові формування та правоохоронні органи спеціального призначення, утворені відповідно до законів України. Умови залучення Збройних Сил України, інших військових формувань та правоохоронних органів спеціального призначення, утворених відповідно до законів України, для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій визначаються відповідно до Конституції України, законів України “Про правовий режим надзвичайного стану”, “Про Збройні Сили України” та інших законів.

З метою виконання окремих функцій у сфері цивільного захисту можуть утворюватися громадські організації. Громадські організації залучаються на добровільних або договірних засадах до робіт із запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій за наявності в учасників ліквідації відповідного рівня підготовки.

Кодекс цивільного захисту України регулює відносини, пов’язані із захистом населення, територій, навколишнього природного середовища та майна від надзвичайних ситуацій, реагуванням на них, функціонуванням єдиної державної системи цивільного захисту, та визначає повноваження органів державної влади, Ради міністрів Автономної Республіки Крим, органів місцевого самоврядування, права та обов’язки громадян України, іноземців та осіб без громадянства, підприємств, установ та організацій незалежно від форми власності.

З 01.07.2013 року набрав чинності Кодекс цивільного захисту України, який регулює відносини, пов'язані із захистом населення, територій, навколишнього природного середовища та майна від надзвичайних ситуацій, реагуванням на них, функціонуванням єдиної державної системи цивільного захисту, та визначає повноваження органів державної влади, Ради міністрів Автономної Республіки Крим, органів місцевого самоврядування, права та обов'язки громадян України, іноземців та осіб без громадянства, підприємств, установ та організацій незалежно від форми власності.

Кодекс враховує нормативну базу та вимоги до реформування економіки, суспільного життя, державну політику щодо сприяння підприємництву і спрощення державного регулювання діяльності суб'єктів господарювання з питань ЦЗ.

Документом встановлюється нове поняття і сутність терміну «цивільний захист» і визначається, що цивільний захист є функцією держави. Тобто, з 01.07.2013 в Україні існує одна структура протидії надзвичайним ситуаціям – Єдина державна система цивільного захисту.

Зазначено, також, що ЦЗ є одним із основних пріоритетів діяльності органів влади, адміністрацій підприємств, установ та організацій, які є суб'єктами забезпечення цивільного захисту.

5 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ МЕТОДАМИ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

5.1 Характерні ознаки основних дефектів деталей

Виникнення найбільш типових дефектів деталей авіаційної техніки є результатом їх зносу через тертя, корозії, термомеханічних впливів і ін. Як правило, руйнування відбувається одночасно у декількох із зазначених факторів.

Знос при терті деталей проявляється в руйнуванні і відділенні матеріалу на поверхні тертя і призводить до поступової зміни розмірів, форми і стану поверхні деталей. Залежно від умов роботи пар тертя і характеру руйнування поверхні розрізняють наступні види зносу при терті: окислювальний, знос захоплюванням, абразивний, втомний, осповидний, корозійно-механічний.

5.1.1 Окислювальний знос

Окислювальний знос є допустимим і найбільш поширеним. Він може виникати при терті ковзання і терті кочення в умовах сухого контакту і при обмеженій кількості мастила. Процес окислювального зносу полягає в насиченні поверхні металу киснем і утворенням тендітних найтонших окислів, які при роботі пар тертя руйнуються і утворюються у вигляді порошкоподібних частинок оксидів металу. Інтенсивність зношування при окислювальному зносі складає 0,1-0,5 мкм / год.

5.1.2 Знос захоплюванням

Знос захоплюванням є небезпечним і неприпустимим видом зносу. Він характерний для деталей, що працюють в складних умовах, при підвищених швидкостях, великих питомих навантаженнях, високих температурах і т.д. Наприклад, в авіаційних деталях захоплювання може виникати на 30% поверхонь деталей, що труться.

Захоплювання виникає в тому випадку, коли напруга в місцях фактичного контакту пар тертя перевищує межу текучості металу, де згодом і відбувається його пластичне деформування. При цьому на ювенільних ділянках (ділянки із зруйнованими захисними плівками оксидів, адсорбованих газів і рідин) можливе утворення металевих зв'язків, аналогічних міжатомним зв'язкам в суцільному металі.

При захоплюванні зазвичай відбувається глибинний вириг частинок менш міцного металу в місцях виникнення металевих зв'язків і перенесення металу з однієї поверхні тертя на іншу. Подальше переміщення ділянки з налиплим металом сполученої деталі викликає дряпання і місцеве руйнування сполученої поверхні.

Різновидом зносу захоплюванням є знос при заїданні, який зазвичай виникає в умовах сухого тертя при великих питомих навантаженнях і малих швидкостях відносного переміщення, що призводить до інтенсивного розігріву деталей, що труться. Заїдання в деяких випадках може привести до припинення відносного переміщення поверхонь тертя. Заїданню, як правило, передують поява на поверхнях, що труться задирів у вигляді широких і глибоких борозд в напрямку ковзання.

Інтенсивність зносу при заїданні найбільша в порівнянні з іншими видами зносу (більше 3 мкм / год).

5.1.3 Абразивний знос

Абразивний знос відбувається через потрапляння в зону тертя абразивних частинок, твердість яких найчастіше вище, ніж у металів, і полягає в руйнуванні поверхні деталей, що труться шляхом пластичної деформації, мікроподряпин і мікрорізання. Абразивний знос нерідко супроводжується захопленням на оголених ділянках. Попадання абразивних частинок в точні пари тертя може привести до заклинювання і відмови агрегату.

Інтенсивність абразивного зносу залежить головним чином від розмірів і форми абразивних частинок і від співвідношення механічних властивостей абразивів і металів, що труться. Швидкість зношування становить 0,5-5 мкм / год.

5.1.4 Втомний знос

Втомний знос поверхні характерний для деталей, що працюють в умовах кочення (підшипники, зубчасті колеса, шестерні і т.д.), при виникненні знакозмінних напружень в поверхневих шарах.

Основними ознаками втомного зносу є:

- напруження стиску і зсуву, що виникають під дією переданого зусилля при одночасному коченні і ковзанні;
- залишкові напруження, що виникли в результаті неякісної механічної обробки деталі (наприклад, шліфуванні) і динамічного деформування в процесі експлуатації деталі.

Зовнішніми ознаками втомного зносу поверхні є тріщини, відшарування, викришування матеріалу (осповидного зносу). З поверхні тертя матеріал відшаровується в формі лусочок.

Осповидний знос (піттинг), що є окремим випадком втомного зносу, виникає в результаті утворення на поверхні тертя мікротріщин, які сходяться в одну точку, і потім в таких точках відбувається викришування матеріалу з утворенням одиничних і групових западин у вигляді оспин.

5.1.5 Корозійно-механічний знос

Корозійно-механічне зношування (фретинг-корозія) характерне для деталей, що працюють в умовах мікропереміщень дотичних поверхонь відносно один одного, в умовах вібрацій. Так, наприклад, фретинг-корозія може зустрічатися на ділянках пресової посадки втулок на вал, в місцях торкання листів в клепаних і болтових з'єднаннях, в шліцьових з'єднаннях, в обіймах шарикопідшипників і інших з'єднаннях.

Причиною фретинг-корозії є втомні поверхневі руйнування, створюють сприятливі умови для протікання електрохімічних корозійних процесів.

5.1.6 Корозійне руйнування

Корозійне руйнування - це руйнування поверхні деталей в результаті хімічної або електрохімічної взаємодії із зовнішнім середовищем.

Корозійні пошкодження є поширеними і небезпечними дефектами. Оскільки прояви корозії дуже різноманітні, існує кілька способів її класифікації: за характером протікання корозійних процесів, за особливостями впливу зовнішніх агресивних чинників, за зовнішнім виглядом корозійних руйнувань.

За характером протікання корозійних процесів розрізняють:

- хімічну корозію, що протікає в агресивних середовищах, які є діелектриками (гази, мінеральні масла, спирти, гідросуміші і т.д.), в результаті безпосередньої хімічної взаємодії металу з навколишнім середовищем;

- до електрохімічної корозії, яка виникає в електролітах при контакті металів або структурних складових сплаву, що відрізняються електродним потенціалом.

За характером впливу зовнішніх факторів виділяють такі види корозії:

- атмосферну, яка вражає деталі, що схильні до дії атмосферних опадів, агресивних газів; атмосферна корозія протікає, як правило, під тонкими плівками електроліту (найбільш інтенсивно піддаються корозії авіаційні сплави в морській атмосфері);

- рідинну корозію, що вражає деталі гідравлічних, паливних, масляних і інших рідинних системах;

- газову корозію, що розвивається в середовищі гарячих газів і характерна для деталей двигуна;

- корозію під напругою, що розвивається при одночасному впливі корозійного середовища і статичних або динамічних навантажень.

За зовнішнім виглядом корозійних руйнувань прийнято розрізняти такі види корозії:

- суцільну, що охоплює всю поверхню металу; суцільна корозія може бути рівномірною, тобто протікає з однаковою швидкістю по всій поверхні металу, або нерівномірною, тобто з неоднаковою глибиною корозії на різних ділянках;

- місцеву, що охоплює окремі ділянки поверхні металу; до місцевої корозії відноситься точкова (у вигляді дрібних точок) і виразкова (у вигляді окремих глибоких раковин) корозія;

- межкристалітну, розвивається по межах зерен в результаті електрохімічної взаємодії зерна (катод) і межі зерна (анод);

- інтеркристалітну, що поширюється через окремі кристали (інтеркристалітна корозія характерна для випадку корозії під напругою);

- підповерхневу, що зароджується на поверхні, але поширюється під шаром металу таким чином, що продукти корозії виявляються зосередженими в деяких областях всередині металу.

5.1.7 Ерозійне руйнування

Ерозійне руйнування - це процес поверхневого руйнування матеріалів під впливом руху зовнішнього середовища. Ерозія металів спостерігається при обтіканні їх поверхні потоком газоподібних, рідких або твердих частинок, а також при електричних розрядах.

Процес ерозії істотно інтенсифікується при підвищеній температурі і впливі хімічно активних середовищ.

Розрізняють такі види ерозії: газову, рідинну, абразивну і електричну.

Газова ерозія виникає внаслідок впливу потоку, що рухається газових молекул на поверхню матеріалу і руйнування тонкого поверхневого шару. Найбільш схильні до газової ерозії передні кромки несучих поверхонь надзвукових літальних апаратів (ЛА), робочі і соплові лопатки газових турбін, жарові труби камер згоряння і багато інших деталей гарячого тракту авіадвигунів.

Механічні і теплові ефекти, властиві гарячій газовій ерозії, аналогічні ефектам, що спостерігаються при абляції.

Абляція - це процес руйнування неметалевих матеріалів, що супроводжується винесенням їх маси, під впливом аеродинамічного нагріву і високотемпературних газів. Абляція - це результат сумарного впливу механічних сил, тепла і агресивних середовищ потоку.

Рідинна ерозія - це руйнування поверхневого шару матеріалів молекулами рідини, що рухаються. Найбільш ймовірними місцями ерозійного руйнування є завужені перетини гідросистем, ділянки зміни швидкості та напрямків потоку, ділянки динамічного впливу потоку (деталі насосів, запірні крани, клапани і т.д.).

Окремим випадком рідинної ерозії є кавітаційна ерозія, яка спостерігається при впливі на поверхню матеріалів парогазових бульбашок.

Абразивна ерозія має багато спільного з абразивним зносом поверхонь тертя.

Руйнування вважається ерозійним, якщо абразивні частинки знаходяться в підвищеному стані в струмені рідини або газу і впливають на поверхню матеріалу спільно з середовищем.

До абразивної ерозії схильні повітрязбірники, деталі газоповітряного тракту ГТД, лопасті гвинтів і інші деталі ЛА, експлуатованих на непідготовлених аеродромах.

Електрична ерозія обумовлена плавленням і випаровуванням металів під впливом електричних розрядів. Вона супроводжується, як правило, перенесенням металу з одного електрода на інший і утворенням кратерів і наростів на поверхнях, між якими відбувається розряд. Електрична ерозія характерна для ковзних і розривних контактів електричних ланцюгів (колекторні кільця, вимикачі, реле і т.д.).

5.1.8 Втомні руйнування

Втомні руйнування - є наслідком поступового накопичення мікроруйнування матеріалу під дією повторно-змінних напружень. Мікроруйнування сприяють зародженню тріщин при напругах нижче межі текучості. Тріщини утворюються переважно на поверхні деталі незалежно від того, чи був спосіб навантаження пов'язаний з поверхневими напруженнями (як при зносі) чи ні. Втомні тріщини частіше виникають в місцях концентрації напружень (галтелі, шпонкові канавки, отвори і т.д.).

За зовнішнім виглядом втомна тріщина на ділянці зародження має зигзагоподібну форму, а на ділянці розвитку переходить в магістральну тріщину - більш плавну. На деталі в районі тріщини відсутні сліди пластичної деформації (зміна форми і розмірів).

При втомному навантаженні значно підвищується чутливість матеріалу до стану поверхні, наявності структурних неоднорідностей, поверхневої (зволожувальної) активності робочого середовища, корозійного і теплового впливу.

Розрізняють такі види втомного руйнування:

- від повторно-змінних механічних навантажень (в тому числі аеродинамічних, акустичних і ін.);
- корозійну втому, що виникає при одночасному впливі повторно-змінних механічних навантажень і корозійно-активного середовища;
- термомеханічну втому, обумовлену зниженням межі втоми матеріалів при підвищених температурах.

Від повторно-змінних температурних впливів виникають відповідні повторно-змінні напруги, що викликають втому матеріалу.

5.1.9 Термічні пошкодження

Термічні пошкодження є наслідком місцевого перегріву, як правило, тонкостінних деталей авіаційних конструкцій. Залежно від ступеня перегріву, конструкції деталі і умов їх роботи місцевий перегрів може призводити до пластичних деформацій, тобто порушення форми деталей (викривлення) або навіть до утворення тріщин і руйнування.

5.1.10 Механічні пошкодження

Механічні пошкодження можуть бути наслідком недбалої експлуатації, аварій, поломок і бойових ушкоджень. Механічний вплив на деталь може привести до забоїнам, подряпин, ризикам, деформацій, тріщин і руйнувань.

Зовнішньою ознакою механічного пошкодження є наявність слідів пластичної деформації і різання на деталі.

5.1.11 Природне старіння матеріалів

Природне старіння матеріалів - це зміна з плином часу структури і властивостей матеріалів під дією навколишнього середовища. Старіння характерно для таких неметалевих матеріалів, як лакофарбові плівки, гуми, конструкційні та електротехнічні пластмаси. Старіння є результатом фізико-механічних процесів, швидкість яких істотно зростає при підвищенні температури, дії окислювачів і сонячної радіації. Старіння лакофарбових покриттів проявляється у вигляді омилення, втрати блиску, окрихчування і появи дрібної сітки тріщин. Старіння гум супроводжується втратою еластичності, окрихчуванням, а при розтягуванні - дрібною сіткою тріщин. Старіння пластмас виявляється погіршенням механічних і діелектричних характеристик.

5.1.12 Інші дефекти

До інших дефектів відносять такі технологічні дефекти:

- шліфувальні тріщини,
- дефекти лиття,
- дефекти пластичної деформації,
- дефекти термообробки,
- дефекти покриттів і ін.

Причиною появи шліфувальних тріщин є порушення режимів шліфування, що ведуть до надмірного тепловиділення на поверхні оброблюваної деталі.

Ознаки шліфувальних тріщин:

- розташовуються на поверхні незалежно від наявності концентратора;
- число їх зазвичай велике, розташовуються вони групами паралельно один одному і перпендикулярно напрямку обробки.

Дефектами лиття є усадочні раковини, рихлоти, неметалеві включення, ліквації і ін. Вони виникають при порушенні технології виготовлення форм і режимів лиття.

Дефекти пластичної деформації (волосовини, розшарування, закови, надриви, і ін.) Найчастіше є наслідком порушення температурних режимів пластичної деформації.

Порушення режимів термічної обробки може призвести до утворення сітки міжкристалічних тріщин (гартівні тріщини). Кувальні, штампувальні, зварні, а також гартівні тріщини мають вигляд різко окреслених ламаних ліній з щільним осадженням порошку при магнітному контролі або контрастних червоних ліній при кольоровій дефектоскопії.

Неякісна підготовка поверхні деталі під будь-які види покриттів і порушення режимів процесу покриття можуть привести до лущення, спучуванню, сповзанню або їх відшаровуванню. Не слід плутати даний дефект з процесом корозії під покриттями через неякісні матеріали, які також викликають спучування і місцеве відшаровування покриття.

5.2 Методи визначення технічного стану деталей

Для визначення дефекту слід проаналізувати прийнятні методи неруйнівного контролю і вибрати найбільш оптимальний.

Різноманітність використовуваних в експлуатації та ремонті методів пояснюється широтою поставлених завдань і обмеженими технічними

можливостями кожного з методів. Гранично досяжна чутливість МНК при їх застосуванні вказана в табл. 5.1.

В даний час в експлуатації та ремонті для контролю деталей ЛА застосовують такі методи неруйнівного контролю (МНК): магнітно-порошковий, капілярний кольоровий, ультразвукової, імпедансний акустичний, струмовихровий, оптико-візуальний, рентгенівський.

Всі методи, за винятком оптико-візуального, є методами непрямого контролю. Рентгенівський метод фахівці експлуатуючих підрозділів не застосовують. Контроль рентгенівським методом виконують промислові бригади або спеціальні підрозділи авіації.

5.2.1 Магнітно-порошковий метод

Є основним для контролю деталей з магнітних сталей. Він дозволяє виявити поверхневі дефекти, відрізняється високою чутливістю і достовірністю, простотою і універсальністю методик контролю (за результатами контролю можна точно встановити місце і протяжність дефекту), дає можливість фотографувати малюнок дефекту або знімати дефектограми.

До недоліків методу відносяться:

- необхідність видалення захисних покриттів товщиною більше 0,03 мм;
- можливість попадання частинок магнітного порошку в підшипники, прецезійні з'єднання;
- складність розмагнічування деяких вузлів і в разі неповного розмагнічування деталей можливість їх впливу на датчики курсових індикаторів і на зношування сполучень;
- складність в деяких випадках розшифровки результатів контролю.

5.2.2 Капілярно - кольоровий метод

Застосовують для перевірки деталей в основному з немагнітних матеріалів з метою виявлення їх відкритих поверхневих дефектів. Він дозволяє контролювати деталі складної форми відразу по всій поверхні. Метод відрізняється високою чутливістю і роздільною здатністю, наочністю результатів, за якими можна точно встановити місце розташування дефекту, його протяжність, а часто і вид; універсальністю основних технологічних операцій при контролі різних за формою деталей; дає можливість знімати дефектограми або фотографувати малюнок виявлених дефектів.

До недоліків методу відносяться:

- необхідність видалення залитих покриттів і забруднень;
- велика трудомісткість контролю;
- велика тривалість процесу контролю (1,5-4 години до виявлення дефектів);
- низька достовірність при негативних температурах;
- низька достовірність контролю сталевих і магнієвих деталей (без спеціальних способів очищення);
- малий контраст малюнка при контролі деталей з темною поверхнею;
- чутливість до точності виконання технологічних операцій.

На підприємствах, що експлуатують авіаційну техніку, застосування кольорового методу обмежена.

Таблиця 5.1 – Гранично досягається чутливість МНК. Рекомендована апаратура для застосування її в експлуатації та ремонті

Методи неруйнівного контролю	Мінімальні розміри де виявляються тріщини			Рекомендована апаратура	
	Ширина розкриття біля виходу на поверхню	Глибина	Протяжність поверхні деталі	Для польових умов	для ремонтних органів
1	2	3	4	5	6
Оптико-візуальний	0,005-0,01	-	близько 0,1	Лупы типа ПП1-1, ЛА-3, ЛИ-1	Мікроскопи: МПБ-2,

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5	6
				Мікроскопи: МИР-1М, МИР-2. Прибори: РВП- 457,РВП-473	МБС-1, МБС-2, МИР-2, МИР- 1М, Ц-20, ЭГ- 12-1
Капілярно- кольоровий	0,001-0,03	0,01- 0,1	0,1-0,3	ДМК-4	ДМК-4, УДМК-5
люмінесцентний	0,001-0,03	0,01- 0,1	0,1	ПЛУ-2	ЛД-4, ЛЮМ-1, ПЛУ-2
Магнітно- порошковий з магнітною суспензією	0,001-0,01	0,01- 0,05	0,3	77ПМД-3М, ПМД-70	У-601-64, УМДЭ-2500, ПМД-70
ультразвуковий	0,001-0,03	0,1	1,0	УЗДЛ-61-2М	ДУК-6Б, УЗДЛ-61-2М
Вихрострумний	0,0005-0,001	0,15	1,5-5	ВДЛ-2М, ВДЦ- 1, ДНМ-500	ВДЗЛ-64, ВДЦ- 1, ЭМИД-8, ДНМ-500, ЭДМ-66
Акустичний імпедансний	-	-	Мін. площа дефекту 15 мм ²	ИАД-2, ИАД-3	ИАД-2, ИАД-3
Рентгенівський	0,1	1,5-3% від просвіч уємої товщи ни деталі	0,1	-	РУП-60-20-1М, ИРА-2Д, РУП- 100-5-1
Просвічування гамма-променями	0,1	1,5-4% від просвіч уємої товщи ни деталі	2-3	-	РИД-31(32,33), ГУП-СО-5-1, РИД-11

5.2.2 Ультразвуковий імпульсний метод

Ультразвуковий імпульсний метод знаходить все більш широке застосування при експлуатаційному контролі. Їм перевіряють лопатки турбін і компресорів, вали, лопасті повітряних гвинтів, рами, скоби, та ін. Метод дозволяє виявляти з високою чутливістю поверхневі, підповерхневі і внутрішні дефекти, має високу продуктивність.

Недоліками цього методу є:

- необхідність розробки спеціальних методик для кожного типу деталей і матеріалу;
- відносна складність розшифровки результатів контролю визначення місця і виду дефекту;
- відносна складність, а в ряді випадків неможливість контролю деталей складної форми;
- відсутність наочності результатів контролю.

5.2.3 Акустичний імпедансний метод

Застосовують для виявлення непокля між обшивкою і стільниковим наповнювачем лопастей гвинтів вертольотів, інтерцепторів, закрилків, керма повороту і крилових притискних щитків.

5.2.4 Метод вихрових струмів

Дозволяє виявляти тільки поверхневі і підповерхневі дефекти. Використовується в експлуатації в основному для контролю деталей з немагнітних

матеріалів: лопаток турбін і компресорів, лопатей повітряних гвинтів. Для контролю не потрібно видаляти захисні покриття і не обов'язковий механічний контакт датчика з деталлю. Метод вихрових струмів в порівнянні з кольоровим методом дозволяє виявляти малораскритні тріщини, дефекти, перекриті металевими «містками», відрізняється незначною трудомісткістю.

Недоліками методу є:

- залежність чутливості від розмірів датчиків, в зв'язку з чим вона нижча, ніж чутливість (по довжині і глибині дефекту) магнітного, кольорового і ультразвукового методів;
- відсутність наочності результатів контролю;
- висока трудомісткість ручного контролю великих поверхонь деталей;
- складність контролю деталей з магнітних матеріалів через значного впливу на його результати магнітної неоднорідності сталі.

5.2.5 Оптико-візуальний метод

Характеризується низькою чутливістю при визначенні дефектів. Він дозволяє виявляти великі розкриті тріщини (шириною 0,1 -0,01 мм), механічний знос, поверхневу корозію і ерозійні пошкодження, пробоїни, обриви, залишкову деформацію, порушення цілісності захисних покриттів, наявність на деталях відкладень і забруднень, течі в системах і т.д.

Для контролю деталей, розташованих в важкодоступних місцях, найбільш придатні оптико-візуальний, струмовихровий і ультразвуковий методи.

5.2.6 Рентгенівський метод

Застосовується в експлуатації при цільових оглядах і розслідуванні причин відмов на авіаційній техніці. Дозволяє оцінити розташування і цілісність внутрішніх деталей у вузлах і агрегатах. Їм також виявляють корозію на прихованих поверхнях

балонів, елементів силового набору, розкриті тріщини, внутрішні дефекти у вигляді рихлоти, непровари, наявність сторонніх предметів.

Недоліками методу є:

- необхідність спеціального захисту людей від опромінення;
- громіздкість апаратури.

ВИСНОВКИ

Згідно з завданням на дипломний проект:

1. Удосконалений технологічний процес обробки диску 1-ої ступені компресора ТВ двигуна Д-436 і запропонована планування обладнання на ділянці.

2. Детально розроблений технологічний процес виготовлення диску.

3. Обрано і економічно обгрунтований метод отримання заготовки. Призначено припуски на заготовку.

3. Режими різання і технічні норми часу призначені і визначені за рекомендаціями нормативних документів.

4. Розроблено розрахунково-технологічні карти обробки на верстатах з ЧПК.

5. Технологічний процес розроблений з урахуванням вимог охорони праці та стійкості до надзвичайних ситуацій.

6. Спроектowana верстатне пристосування дозволяє швидко і надійно закріпити заготовку під час обробки, що в умовах крупносерійного виробництва дуже важливо.

7. Приведена повна характеристика ділянки механічної обробки з точки зору безпеки проведення робіт, проведена характеристики за ступенем пожежної безпеки.

8. Спецзавдання виконано на тему: неруйнівний контроль.

9. Складено альбом технологічної документації на виготовлення диску.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Руденко П.А. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: Учеб. пособие / П.А. Руденко, Ю.А. Харламов, В.М. Плескач; Под. общ. ред. В.М. Плескача – К.: Вища шк., 1991. – 247 с.
2. Методические указания к практическим занятиям по технологии машиностроения (раздел – проектирование технологических процессов) для студентов специальностей: 8.090205, 8.090203, 8.090214, 7.100102, 8.090211 всех форм обучения / В. Д. Хорошков, О. В. Алексеенко, Д. В. Павленко – Запорожье, ЗГТУ, 1999. – 78 с.
3. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т. 1/ Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. 656 с., ил.
4. Додатки до методичних вказівок для виконання практичних занять з дисциплін «Технологічні основи машинобудування», «Технологія машинобудування», «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин» для студентів спеціальності 6.05050201 – технологія машинобудування всіх форм навчання // Укл.: В.І. Ципак (перевидання 2-е). Під ред., Гончар Н.В. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2012 – 62 с.
5. Прогрессивные режущие инструменты режимы резания металлов. Справочник. / Под ред. Баранчикова В. И. – М.: Машиностроение. 1990. 274с.
6. Справочник нормировщика-машиностроителя. В 4-х т. Т. 2/ Под ред. Е. И. Стружестраха. – М.: МАШГИЗ, 1961. 892 с.
7. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительного-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. Изд. 2-е. – М.: Машиностроение, 1974. – 421 с.
8. Миллер Э.Э. Техническое нормирование труда в машиностроении / Э.Э. Миллер. – М.: Машиностроение, 1972. – 248 с.

9. Методичні вказівки до дипломного проектування з технології авіабудування та машинобудування для студентів спеціальностей “Технологія машинобудування” /8.090202/, та “Двигуни та енергетичні установки літальних апаратів” /7.100.102/, Склали: Яценко В. К., Ципак В. І., Корневский Є. Я., Кононов В. В. та інші. – Запоріжжя, ЗДТУ, 2000 – 244с.

10. Антонюк В.Е. Справочник конструктора по расчету и проектированию станочных приспособлений. – Минск.: «Беларусь», 1969. – 392 с., ил.

11. Богуслаев В. А. Станочные приспособления / В. А. Богуслаев, В. А. Леховицер, А. С. Смирнов. – Запорожье: ОАО «Мотор Сич», 2000. – 461 с.

12. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1972. – 574 с., ил.

13. Приложения к методическим указаниям “Расчёт технологических размеров при проектировании технологических процессов механической обработки”, для выполнения курсовых и дипломных проектов по технологии машиностроения /7.090202/, авиационных двигателей и энергетических установок /7.100103/. 55с.

14. Справочник режимы резания металлов. / Под ред. Ю. В. Барановского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1972. 409с.

15. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – 4 изд., перераб. и доп. – Мн.: Высш. школа. 1983. 256с.

16. Методичні вказівки по економічному обґрунтуванню дипломних проєктів для студентів спеціальності “Технологія машинобудування”. / автори Жупіна Л. В., Бобровнікова Р. Г., Федерякін І. А., Азаров І. І. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2001 – 23с.

17. Мозговой В.Ф., Попенко А.И., Качан А.Я. Новый метод отделочно-упрочняющей обработки тонкостенных валов роторов ГТД / Технологические системы, №3(5). Киев, 2000.

18. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. – М.: Машиностроение. 1979. 302с.