

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування інституту, факультету)

Технологія машинобудування

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

другий (магістерський)

(повне найменування кафедри)

на тему: Забезпечення несучої здатності тонкостінних деталей ГТД типу
«Фланець» технологічними методами

Виконав: студент(ка) II курсу, групи Мз-119м
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(код і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
«Технології машинобудування»

Полуда О.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник Логомінов В.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Обдул В.Д.

(прізвище та ініціали)

2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Машинобудівний
 Кафедра Технологія машинобудування
 Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) другий (магістерський)
 Спеціальність 131 – Прикладна механіка
(код і назва)
 Освітня програма (спеціалізація) «Технології машинобудування»
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри **ТМБ**
 С.І. Дядя, к.т.н., доц.

«__» _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Полуда Олександр Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Забезпечення несучої здатності тонкостінних деталей ГТД типу «Фланець» технологічними методами

керівник проекту (роботи) Логомінов Віктор Олексійович, к.н.т., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “03” 12 2020 року №369

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 02.12.2020

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Креслення деталі «Фланець»

Річна програма випуску N=4500 деталей

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Технічна частина; 2. Конструкторська частина;

3. Автоматизація. Автоматизація контролю розмірів на верстатах з ЧПК;

4. Розрахунок деталі на міцність; 5. Спеціальне завдання. Азотування;

6. Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки або заходів;

7. Охорона праці.

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

Креслення деталі, креслення заготовки, креслення робочого та контрольного пристосувань. Плакат маршруту виготовлення деталі, три плакати зі

спеціальним завданням, плакат автоматизації, плакат з моделями заготовок, плакат з оцінкою деталі на міцність та розробленими програмами в NX.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1, 2, 3, 4. 5, 6	Логомінов В.О., к.н.т., доц.		
7	Шмирко В.І., к.н.т., доц.		
Нормоконтроль	Вишнепольський Є.В., ст.викл.		

7. Дата видачі завдання 03 вересня 2020

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Технічна частина	24.09.2020	
2	Конструкторська частина	08.10.2020	
3	Автоматизація. Автоматизація контролю розмірів на верстатах з ЧПК	15.10.2020	
4	Розрахунок деталі на міцність	22.10.2020	
5	Спеціальне завдання. Азотування	05.11.2020	
6	Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки або заходів	12.11.2020	
7	Охорона праці	19.11.2020	
8	Оформлення пояснювальної записки.	26.11.2020	
9	Нормоконтроль і рецензія.	30.12.2020	
10	Захист дипломного проекту.		

Студент

(підпис)

Полуда О.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Логомінов В.О.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 141 с., 53 рис., 193 табл., 3 додатки, 46 джерел.

ДЕТАЛЬ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, РОЗМІР, ПРИПУСК, НОРМА ЧАСУ, ШОРСТКІСТЬ, ІНСТРУМЕНТ, НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН, АМОРТИЗАЦІЯ, ЗАГОТОВКА.

Об'єкт дослідження – фланець.

Мета роботи – розробка технологічного процесу виготовлення деталі фланець.

Метод дослідження – розрахунково-аналітичний.

Задачею магістерської роботи за технологією машинобудування є закріплення й поглиблення отриманих знань, поповнення їх новими досягненнями сучасної прогресивної технології й застосування новітнього устаткування. Вивчення систем автоматизації й механізації технологічних процесів, нагромадження досвіду самостійної інженерної діяльності по розробці технології механічної обробки деталі підвищеної точності, конструювання технологічного оснащення, різального інструменту й контрольного пристосування.

В роботі спроектовано технологічний процес виготовлення деталі «Фланець», обрано обладнання, інструмент, розраховані режими різання та норми часу, спроектоване робоче і контрольне пристосування, проведена робота по автоматизації виробництва, виконано спеціальне завдання, виконані економічні розрахунки, передбачені заходи з охорони праці.

ЗМІСТ

Перелік скорочень і термінів	7
Вступ	8
1 Технологічна частина	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі.....	9
1.1.1 Опис деталі.....	9
1.1.2 Матеріал деталі та його властивості.....	10
1.1.3 Термообробка.....	12
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт.....	13
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	14
1.4 Проектування маршруту обробки деталі	18
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність	19
1.4.1.1 Технологічність конструкції деталі	19
1.4.1.2 Вибір технологічних баз	22
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	23
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	34
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	35
1.6 Розрахунок режимів різання	45
1.6.1 Операція 015 – токарна з ЧПК	45
1.6.2 Операція 020 – токарна з ЧПК	54
1.6.3 Операція 065 – токарна з ЧПК	60
1.6.4 Операція 070 – фрезерна з ЧПК	62
1.7 Технічне нормування операцій	72
1.7.1 Операція 015 – токарна з ЧПК	72
1.7.2 Операція 020 – токарна з ЧПК	76
1.7.3 Операція 065 – токарна з ЧПК	77
1.7.4 Операція 070 – фрезерна з ЧПК	79
1.8 Розрахунок трьох технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК	80

2 Конструкторська частина	85
2.1 Проектування робочого креслення	85
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристрою	85
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність	86
2.1.3 Визначення необхідної сили затичку. Вибір приводу	88
2.2 Проектування контрольного пристосування	92
3 Автоматизація. Автоматизація контролю розмірів на верстатах з ЧПК....	94
3.1 Основні відомості	94
3.2 Безконтактні датчики	95
3.3 Контактні датчики	96
4 Розрахунок деталі на міцність	99
4.1 Визначення напружено-деформованого стану деталі	99
4.2 Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конструкції	100
4.3 Оптимізація	101
5 Спеціальне завдання. Азотування	102
5.1 Сутність азотування	102
5.2 Процес азотування на фактори які впливають на нього	104
5.3 Структура та властивості сталі 30ХГСА після азотування	107
5.4 Висновок	108
6 Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки або заходів	109
7 Охорона праці	115
Висновки	116
Перелік джерел посилання	117
Додаток А. Специфікація робочого пристрою	120
Додаток Б. Специфікація контрольного пристрою	122
Додаток В. Охорона праці	123
Перелік джерел посилання додатку В	139

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ГКМ	- горизонтально-кувальна машина
ГОСТ	- государственный стандарт
ДБН	- державні будівельні норми
ДСанПіН	- державні санітарні норми та правила
ДСН	- державні санітарні норми
ДСТУ	- державний стандарт України
КГШП	- кривошипно гаряче-штампований прес
МВД	- маршрут виготовлення деталі
МОД	- маршрут обробки деталі
МОП	- маршрут обробки поверхні
НАПБ	- нормативні акти о пожежній безпеці
НПАОП	- нормативно-правові акти з охорони праці
ППТЯ	- послідовність показників точності та якості
ССБТ	- система стандартів безопасности труда
ТКД	- технологічність конструкції деталі
ТП	- технологічний процес
ЧПК	- числове програмне керування

ВСТУП

На ринку авіа- та машинобудуванні існує велика конкуренція. Топу виготовлення деталей даної промисловості вимагає постійного вдосконалення виробничого процесу та підвищення якості й мінімальною собівартістю виробу.

Якість та собівартість готової продукції закладається ще на етапі його проектування. Для забезпечення більшого відсотка контролюючих деталей і зменшення часу на контроль, зі збільшенням відсотка вірогідності вимірів необхідно застосовувати контрольні пристосування з автоматичним і напівавтоматичним циклом роботи, при використанні різних датчиків, а також систем обробних, що й аналізують отриману інформацію.

Для досягнення віще зазначених параметрів необхідно дуже відповідально підійти до проектування технологічного процесу (ТП) та вибору обладнання на якому будуть виготовлятися вироби.

У ході виконання магістерської роботи обраний оптимальний метод одержання заготовки, обране високопродуктивне технологічне встаткування, що забезпечує якість деталі, що виготовляється, розрахований економічний ефект від заміни встаткування на одній з операцій. Також виконано спеціальне завдання на тему «Азотування».

Двигун AI-22 – авіаційний турбореактивний двоконтурний двигун призначений для установки на пасажирські регіональні літаки Ту-324 і Як-48 та їх модифікації.

Двигуни AI-22 у свій час мали певний ряд переваг: висока надійність; оптимальні льотно-технічні характеристики; низький рівень шуму, емісії та інфрачервоного випромінювання; високий ресурс низькі експлуатаційні витрати.

До складу двигуна входить [1]:

- а) осьовий 6-ступеневий (Вентилятор і 5 підпірних ступенів) компресор низького тиску;
- б) осьовий 7-ступеневий компресор високого тиску;
- в) кільцева камера згоряння із 16 паливними форсунками;
- г) одноступенева турбіна високого тиску;
- д) триступенева турбіна низького тиску;
- є) реверсивний пристрій стулчастого типу з відхиляючими решітками.

Встановлений в зовнішньому контурі;

- ж) реактивне сопло комбіноване зі змішувачем.

Підвіска двигуна передбачає можливість встановлення одного й того ж двигуна на літак в різних варіантах кріплення: лівому, правому, верхньому.

1.1.2 Матеріал деталі та його властивості

Деталь «Фланець» виготовляється із конструкційної легованої сталі 30ХГСА за ГОСТ 4543-71.

Даний матеріал являє собою сплав у склад якого входять леговані елементи: хром, марганець та кремній. За рахунок легованих елементів сплав набуває таких властивостей, як: підвищення жароміцності, корозійної і окислювальної стійкості, міцності, здатності стали до термічній обробці, покращення ударної опірності, зниження викривлення при загартуванні, зниження пластичності, підвищенню гнучкості.

Недоліком сталі 30ХГСА є відносно невелика прокалюваність (25...40 мм) і чутливість до відпускнуї крихкості 1 і 2 роду.

Хімічний склад матеріалу наведено у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічні властивості сталі 30ХГСА за ГОСТ 4543-71 [3].

Хімічні властивості, %				
Вуглець	Кремній	Марганець	Нікель	Сіра
C	Si	Mn	Ni	S
0.28...0.34	0.9...1.2	0.8...1.1	до 0.3	до 0.025
Фосфор	Хром	Мідь	Залізо	
P	Cr	Cu	Fe	
до 0.025	0.8...1.1	до 0.3	~96	

Буква "А" говорить нам про те, що сталь 30ХГСА є високоякісною.

Даному матеріалу належать такі властивості, як [2]:

а) термообробка: загартування 880 °С, масло; відпустка 550...660 °С, вода;

б) Температура кування: початок 1240 °С, кінець 800 °С.

Сталь 30ХГСА перевершує в рази звичайну сталь по міцності, ударної в'язкості і зварюваності.

Недоліком сплаву є обмежена зварюваність, яка повинна проводитися при температурі від 100 до 120 °С. Потім виконується термічна обробка. Сталь чутлива до флокенов і схильна до відпускнуї крихкості.

Механічні та фізичні властивості матеріалу наведені у табл. 1.2 та 1.3, відповідно.

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 30ХГСА за ГОСТ 4543-71 [3].

Показник	Умовна межа плинності	Опір матеріалу	Відносне подовження після розриву	Відносне звуження	Ударна в'язкість	Твердість
	$\sigma_{0.2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	KCU, кДж/м ²	HB10 ⁻¹ , МПа
Значення	830	1080	10	45	49	229

Сплав 30ХГСА має п'ять аналогів, які майже не поступаються їй. Це сплави 40ХФА, 35ХМ, 40ХН, 25ХГСА, 35ХГСА.

Даний матеріал застосовується для виготовлення різноманітних деталей (вали, осі, зубчасті колеса, фланці, корпуси обшивки, лопатки компресорних машин) які працюють при температурі до 200°C [3].

Таблиця 1.3 – Фізичні властивості матеріалу [3].

Показник	Модуль пружності	Коефіцієнт температурного (лінійного) розширення	Теплопровідності	Щільність	Питома теплоємність	Питомий електроопір
	$E \cdot 10^{-5},$ МПа	$\alpha \cdot 10^6,$ 1/Град	$\lambda,$ Вт/(м·град)	$\rho,$ кг/м ³	$C,$ Дж/(кг·град)	$R \cdot 10^9,$ Ом·м
Значення	2.15	11.7	38	7850	496	210

У літакобудуванні даний сплав застосовується при виробництві фланців, валів та інших деталей. Він не підходить для виготовлення відповідальних деталей - тільки для витратних елементів. Також сплав придбав велику популярність в машинобудуванні. Саме там металевим виробам доводиться випробовувати регулярні змінні навантаження.

1.1.3 Термообробка

Термічна обробка – технологічний процес, сутність якого полягає у зміні структури металів і сплавів при нагріванні, витримці та охолодженні, згідно зі спеціальним режимом, і тим самим, у зміні механічних та фізичних властивостей останніх [4].

Залежно від мети термічної обробки існують різні її види, що відрізняються температурою нагрівання, тривалістю витримування та швидкістю охолодження. Розрізняють такі види термічної обробки: відпалювання; нормалізація; загартування (гартування); відпуск.

Для підвищення твердості та зменшення внутрішніх напружень деталей «Фланець» піддається загартуванню.

Загартування – термічна обробка, яка застосовується до тих металів і сплавів, у яких є фазові перетворення в твердому стані [5].

Для даної деталі ми виконуємо високоякісне об'ємну загартування. Суть цієї технології в тому, що при нагріванні стають більш зносостійкими і твердими не тільки верхні шари, але і глибинна частина металевих листів або форм.

Загартування проводитиметься при температурі 880 °С, а охолодження відбувається у маслі, занурюючи у це рідке середовище деталі до повного охолодження металу.

Після гартування сталь під час механічної обробки веде себе добре (ріжеться, перфорується, шліфується, кується, штампується, добре зварюється).

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Одним з основних принципів побудови технологічного процесу є принцип суміщення технічних, економічних та організаційних задач, що вирішуються за даних умов виробництва [6]. Проектувальний технологічний процес безумовно повинен забезпечити виконання всіх вимог до точності та якості виробу, які передбачені кресленням та технічними умовами. При цьому виготовлення виробу повинно супроводжуватися найменшими затратами праці й мінімальною собівартістю, а також характеризуватися виготовленням виробів потрібної кількості та в терміни, що встановлені виробничою програмою.

Один з факторів, що знижує собівартість продукції, є правильний вибір типу й організації виробництва та, відповідно, побудова технологічного процесу в повній відповідності до вибраного типу виробництва.

Організація виробництва – це комплекс заходів, спрямованих на раціональне поєднання процесів праці з речовинними елементами виробництва в просторі та часі з метою підвищення ефективності виробництва, тобто досягнення поставлених завдань у найкоротший строк за найкращого використання виробничих ресурсів [7].

Тип виробництва – це техніко-економічна характеристика виробничого процесу, яка обумовлена його спеціалізацією, повторюваністю, ритмічністю і обсягом виробництва [8].

Для визначення типу виробництва необхідно спиратися на такі данні:

- маса деталі – $m = 0.414$ кг;
- річна програма випуску – $N = 4500$ шт.

Згідно з вихідними даними та даними з [9] визначаємо середній тип та змінно-потокову форму організації виробництва.

Також необхідно провести розрахунок кількості деталей у партії за формулою (1.1):

$$n = \frac{a \cdot N}{\Phi_d}, \text{ шт} \quad (1.1)$$

де a – період запуску партії, $a = 2 \dots 10$ днів;

Φ – число робочих днів у 2020 році, $\Phi = 251$ день

$$n = \frac{10 \cdot 4500}{251} = 179.28 \text{ шт}$$

Приймаємо партію деталей: $n = 180$ шт

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Під час розробки ТП одним з важливих етапів є вибір методу отримання заготовки. Для цього необхідно враховувати параметри деталі, властивості матеріалу з якого її виготовляють, а також річна програма випуску.

Так фланець виготовляють з легованої сталі 30ХГСА. Заготовки з даного матеріалу частіше за все отримують за допомогою прокату або штампування.

Штампування металу - процес контрольованої деформації, при якому тіло змінює свою форму під впливом надлишкового тиску [10]. Завдяки такій обробці

металевим виробам надають найрізноманітніші форми, які необхідні їм для виконання своїх функціональних обов'язків. Штампуванні піддаються деталі невеликої товщини, так як згинати товсту продукцію вельми проблематично.

У даній магістерській роботі будемо проводити порівняння двох методів отримання заготовки: штампуванням на горизонтально-кувальних машинах (ГКМ) і штампування гарячештампувальному пресі кривошипного типу (КГШП).

Кожна штампована заготовка має свій клас точності, група сталі та ступінь складності. Для деталі «Фланець» заготовка матиме такі параметри: клас точності – Т3; ступінь складності – С3; група сталі – М1.

З огляду на приведені параметри призначаємо припуски згідно [11, с. 12, табл. 1.3] та допуски [12, с. 16-17, табл. 3.3] на розміри заготовок згідно, дані заносимо до табл. 1.4 та 1.5.

Таблиця 1.4 – Номінальні розміри заготовки ГКМ

Номінальні розміри деталі, мм	Основний припуск, мм	Допуск номінального розміну, мм	Фактичний розмір заготовки, мм
Ø170	4.3	$1.5 = \begin{smallmatrix} +1.0 \\ -0.5 \end{smallmatrix}$	$\varnothing 178.6 \begin{smallmatrix} +1.0 \\ -0.5 \end{smallmatrix}$
Ø130	4.3	$1.5 = \begin{smallmatrix} +1.0 \\ -0.5 \end{smallmatrix}$	$\varnothing 138.6 \begin{smallmatrix} +1.0 \\ -0.5 \end{smallmatrix}$
Ø115	3.7	$1.4 = \begin{smallmatrix} +1.0 \\ -0.4 \end{smallmatrix}$	$\varnothing 116.4 \begin{smallmatrix} +1.0 \\ -0.4 \end{smallmatrix}$
Ø93	3.7	$1.4 = \begin{smallmatrix} +1.0 \\ -0.4 \end{smallmatrix}$	$\varnothing 85.6 \begin{smallmatrix} +1.0 \\ -0.4 \end{smallmatrix}$
Ø125	4.3	$1.5 = \begin{smallmatrix} +1.0 \\ -0.5 \end{smallmatrix}$	$\varnothing 122.4 \begin{smallmatrix} +1.0 \\ -0.4 \end{smallmatrix}$
50	3.4	$1.3 = \begin{smallmatrix} +0.9 \\ -0.4 \end{smallmatrix}$	$56.8 \begin{smallmatrix} +0.9 \\ -0.4 \end{smallmatrix}$
22	-	$1.3 = \begin{smallmatrix} +0.9 \\ -0.4 \end{smallmatrix}$	$22 \begin{smallmatrix} +0.9 \\ -0.4 \end{smallmatrix}$
2.5	3.4	$1.3 = \begin{smallmatrix} +0.9 \\ -0.4 \end{smallmatrix}$	$9.3 \begin{smallmatrix} +0.9 \\ -0.4 \end{smallmatrix}$

Таблиця 1.5 – Номінальні розміри заготовки КГШП

Номінальні розміри деталі, мм	Основний припуск, мм	Допуск номінального розміну, мм	Фактичний розмір заготовки, мм
1	2	3	4
Ø170	3.0	$1.5 = \begin{smallmatrix} +1.0 \\ -0.5 \end{smallmatrix}$	$\varnothing 176 \begin{smallmatrix} +1.0 \\ -0.5 \end{smallmatrix}$
Ø130	3.0	$1.5 = \begin{smallmatrix} +1.0 \\ -0.5 \end{smallmatrix}$	$\varnothing 136 \begin{smallmatrix} +1.0 \\ -0.5 \end{smallmatrix}$
Ø115	2.6	$1.4 = \begin{smallmatrix} +1.0 \\ -0.4 \end{smallmatrix}$	$\varnothing 119 \begin{smallmatrix} +1.0 \\ -0.4 \end{smallmatrix}$
Ø93	2.6	$1.4 = \begin{smallmatrix} +1.0 \\ -0.4 \end{smallmatrix}$	$\varnothing 87.8 \begin{smallmatrix} +1.0 \\ -0.4 \end{smallmatrix}$
Ø125	3.0	$1.5 = \begin{smallmatrix} +1.0 \\ -0.5 \end{smallmatrix}$	$\varnothing 120.2 \begin{smallmatrix} +1.0 \\ -0.4 \end{smallmatrix}$
50	2.4	$1.3 = \begin{smallmatrix} +0.9 \\ -0.4 \end{smallmatrix}$	$54.8 \begin{smallmatrix} +0.9 \\ -0.4 \end{smallmatrix}$
22	-	$1.3 = \begin{smallmatrix} +0.9 \\ -0.4 \end{smallmatrix}$	$22 \begin{smallmatrix} +0.9 \\ -0.4 \end{smallmatrix}$

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4
2.5	2.4	$1.3 = \begin{smallmatrix} +0.9 \\ -0.4 \end{smallmatrix}$	$7.3 \begin{smallmatrix} +0.9 \\ -0.4 \end{smallmatrix}$

Визначення мас заготовок можливо за допомогою двох методів: розрахункового та за допомогою спеціальної САПР програми. У даній роботі масу будемо визначати за допомогою програми КОМПАС-3D v18.1. Модель та маса заготовок показані на рис. 1.5-1.7, для штампування на КГШП, ГKM та деталі відповідно.

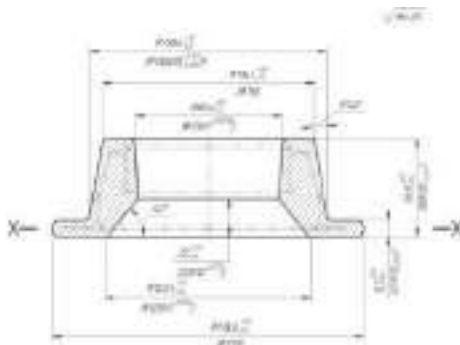


Рисунок 1.3 – Ескіз заготовки штамповки на ГKM

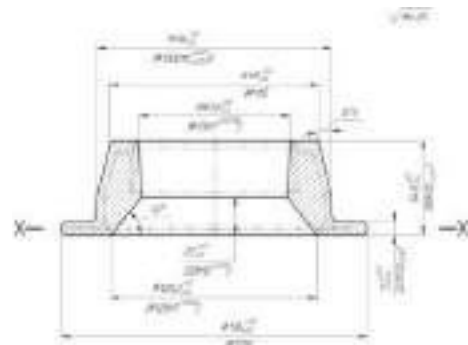


Рисунок 1.4 – Ескіз заготовки штамповки на КГШП



Рисунок 1.5 – Модель та маса заготовки штампованої на ГKM

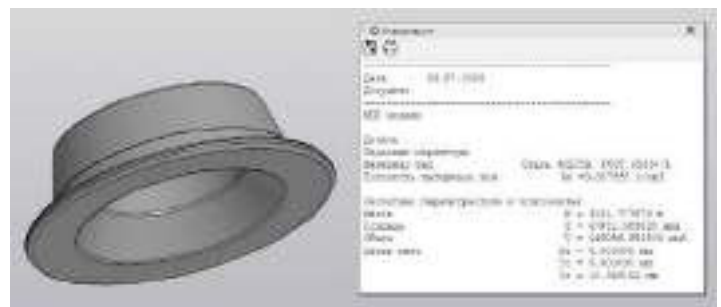


Рисунок 1.6 – Модель та маса заготовки штампованої на КГШП

$$B = \frac{B_6}{1000} \cdot M \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_C \cdot K_P - (M - m) \cdot \frac{B_{отх}}{1000}, \text{ грн} \quad (1.2)$$

де B_6 – базова вартість виготовлення 1т. заготовок [11,с. 12,табл. 1.4], грн.;

M, m – відповідно вага заготовки і готової деталі, кг;

K_T, K_M, K_B, K_C, K_P - коефіцієнти, що враховують відповідно клас точності,

матеріал, групу складності, масу заготовки, програму випуску [11,с. 17-18,табл. 1.24-1.28];

$V_{отх}$ - вартість 1т. стружки [11,с. 14,табл. 1.5], грн.

Для цього визначаємо вартість однієї заготовки за формулою (1.2):



Рисунок 1.7 – Модель та маса деталі

$$V_{ГКМ} = \frac{3150}{1000} \cdot 3.98 \cdot 0.9 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 - (3.98 - 0.414) \cdot \frac{140}{1000} = 10.78 \text{ грн}$$

$$V_{КГШП} = \frac{350}{1000} \cdot 3.5 \cdot 0.9 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 - (3.5 - 0.414) \cdot \frac{140}{1000} = 0.67 \text{ грн}$$

Також необхідно визначити коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) за формулою (1.3):

$$\eta = \frac{m}{M} \quad (1.3)$$

$$\eta_{ГКМ} = \frac{0.414}{3.98} = 0.104$$

$$\eta_{КГШП} = \frac{0.414}{3.5} = 0.118$$

Вихідні та розраховані дані заносимо до табл. 1.6.

Для визначення який з методів вигідніший проводимо порівняння:

$$V_{ГКМ} = 10.78 \text{ грн} > V_{КГШП} = 0.67 \text{ грн}$$

$$\eta_{ГКМ} = 0.104 < \eta_{КГШП} = 0.118$$

Таблиця 1.6 – Порівняльні показники за варіантами

Показники	Позначення	Вимір	Метод отримання заготовки	
			штампування на ГKM	штампування на КГШП
Вага деталі	m	кг	0.414	
Вага заготовки	M	кг	3.98	3.5
Базова вартість 1т. заготовки	ВВ	грн.	3150	350
Коефіцієнт	K _T	-	0.9	
	K _M	-	1.0	
	K _C	-	1.0	
	K _B	-	1.0	
Коефіцієнт	K _П	-	1.0	
Вартість 1т. стружки	В _{отх}	грн.	140	
Вартість однієї заготовки.	B	грн.	10.78	0.67
Коефіцієнт використання заготовок	η	-	0.104	0.118

З даних порівняння бачимо, що вигіднішим буде використовувати заготовку штамповка на КГШП, так як вона коштує менше, а КВМ більше ніж у заготовки штамповка на ГKM.

1.4 Проектування маршруту обробки деталі

МОД встановлює послідовність операцій обробки різанням, а також зміст і місце термічних, гальванічних, слюсарних та контрольних операцій [13]. Як довідковий матеріал при проектуванні маршруту можуть бути використані типові, групові або робочі заводські технологічні процеси.

При проектуванні МОД можливо декілька варіантів обробки, з яких необхідно вибрати найбільш оптимальний та економічно вигідний.

МОД складається з таких етапів:

- аналіз конструкції деталі на технологічність;
- вибір технологічних баз;
- проектування МОП;
- проектування МВД.

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

1.4.1.1 Технологічність конструкції деталі

Технологічність конструкції деталі (ТКД) розглядається як сукупність властивостей конструкції деталі, які визначають її пристосованість до досягнення оптимальних затрат праці, коштів, матеріалів і часу під час технологічної підготовки виробництва, виготовлення, експлуатації та ремонту порівняно з відповідними показниками однотипних конструкцій виробів того самого призначення при забезпеченні встановлених значень показників якості і прийнятих умовах виготовлення, експлуатації та ремонту.

Розрізняють такі види технологічності: виробничу, експлуатаційну, технічного обслуговування, ремонтну, заготовки, деталі, складальної одиниці, виготовлення, форми поверхні, розмірів, матеріалів.

Під ТКД розуміють сукупність конструктивних особливостей виробу, що забезпечує зручність в експлуатації, ремонт та технічне обслуговування при використанні економічних та продуктивних методів обробки. Існує два види оцінки технологічності деталі: якісна і кількісна [14].

Виконуємо якісну оцінку:

- а) деталь має геометричну форму середньої складності;
- б) деталь має жорстку конструкцію;
- в) деталь має клас точності – Т3;
- г) уніфіковані елементи: фаски, радіуси та різьба, що виконані з урахуванням можливості обробки;
- д) деталь можна обробляти звичайним інструментом;
- ж) усі поверхні доступні для обробки.

Для проведення аналізу деталі на технологічність необхідно провести технологічну розмітку поверхонь на ескізі деталі, яка наведена на рис. 1.8.

Кількісна оцінка ж визначається за формулою (1.4):

$$K_{\text{тех}} = \frac{K_{\text{ге}} + K_{\text{точ}} + K_{\text{ш}}}{3} > (0.6 \dots 1) \quad (1.4)$$

де K_{ye} – коефіцієнт уніфікованих елементів;

$K_{точ}$ – коефіцієнт точності;

$K_{ш}$ – коефіцієнт шорсткості, визначаємо за формулою (1.5):

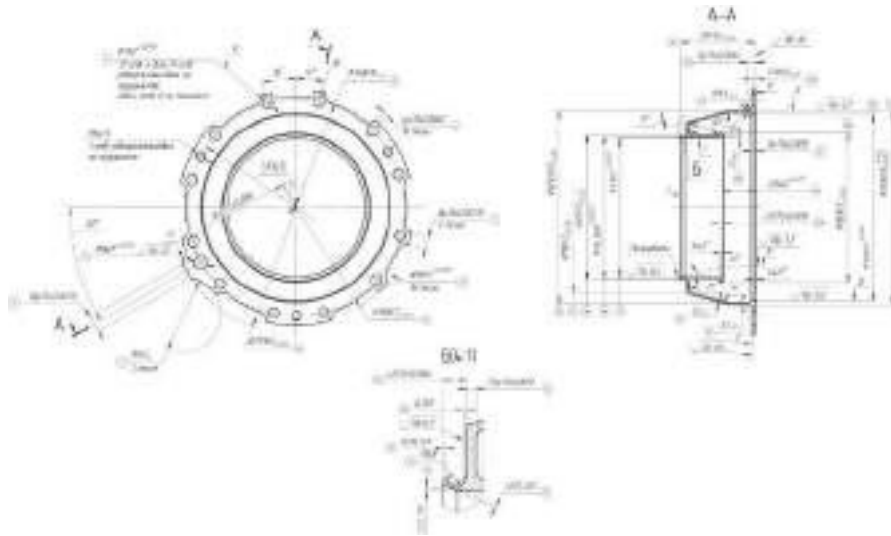


Рисунок 1.8 – Ескіз деталі з технологічною розміткою розмірів

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{B_{cp}} > 0.6 \quad (1.5)$$

де B_{cp} – середній квалітет шорсткості визначається який розраховується за формулою (1.6):

$$B_{cp} = \frac{K_3 \cdot n_1 + K_5 \cdot n_2 + \dots + K_n \cdot n_n}{\sum n} \quad (1.6)$$

де K – клас шорсткості;

n – кількість розмірів, що мають відповідний клас шорсткості.

$$B_{cp} = \frac{3 \cdot 30 + 4 \cdot 1 + 5 \cdot 3 + 6 \cdot 2 + 8 \cdot 1}{37} = 3.49$$

Розраховуємо коефіцієнт шорсткості по формулі (1.5):

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{3.49} = 0.71 > 0.6$$

Визначення коефіцієнта точності проводимо по формулі (1.7):

$$K_{\text{точ}} = 1 - \frac{1}{A_{\text{ср}}} > 0.6 \quad (1.7)$$

де $A_{\text{ср}}$ – середній квалітет точності визначається який розраховується за формулою (1.8):

$$A_{\text{ср}} = \frac{18 \cdot n_1 + 17 \cdot n_2 + \dots + 7 \cdot n_n}{\sum n} \quad (1.8)$$

де n – кількість розмірів, що мають відповідний клас шорсткості.

$$A_{\text{ср}} = \frac{18 \cdot 1 + 14 \cdot 1 + 13 \cdot 6 + 12 \cdot 3 + 11 \cdot 1 + 9 \cdot 1 + 7 \cdot 20}{37} = 62.86$$

Розраховуємо коефіцієнт точності по формулі (1.7):

$$K_{\text{точ}} = 1 - \frac{1}{62.86} = 0.98 > 0.6$$

Визначаємо коефіцієнт уніфікованості елементів за формулою (1.9):

$$K_{\text{ye}} = \frac{Q_{\text{ye}}}{Q_3} > 0.6 \quad (1.9)$$

де Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів;

Q_3 – загальна кількість елементів.

$$K_{\text{точ}} = \frac{28}{37} = 0.76 > 0.6$$

Проводимо розрахунок кількісної оцінки за формулою (1.4)

$$K_{\text{тех}} = \frac{0.78 + 0.98 + 0.76}{3} = 0.82 > (0.6 \dots 1)$$

Проаналізувавши проведені розрахунки можливо зробити висновок, що деталь являється технологічною за усіма показниками.

1.4.1.2 Вибір технологічних баз

Від правильного вибору технічних баз залежить увесь подальший принцип обробки деталі. Технологічні бази бувають двох видів:

а) чорнова база – приймається для закріплення деталі на першій механічній операції. За чорнову базу приймаються поверхні з найменшим припуском.

б) чистова база – приймається для подальшої механічної обробки. За чистову базу слід приймати попередньо оброблені поверхні, які у подальшій обробці можуть прийматися за технологічні бази.

Під час проектування ТП обробки деталі «Фланець» визначаємо чорнову та чистові бази.

У розроблювальному ТП першою механічною операцією йде токарна, тому чорнову базу визначаємо для неї, як показано на рис. 1.9.

Чистова база вибирається шляхом аналізу поверхонь які були оброблені на попередніх операціях. Так для токарних, фрезерних та свердлильних операцій будуть різні чистові бази. На рис. 1.10 та 1.11 показуємо ескіз чистових баз для токарних та фрезерної операції відповідно.

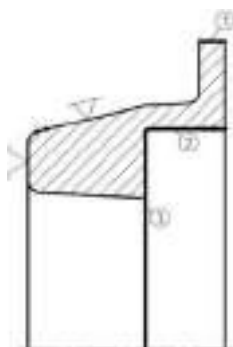


Рисунок 1.9 – Ескіз чорнової бази



Рисунок 1.10 – Ескіз чистової бази для токарної операції

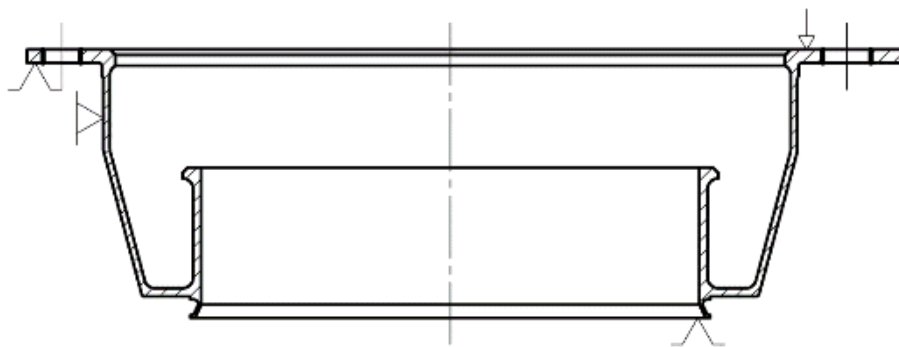


Рисунок 1.11 – Ескіз чистової бази для фрезерної операції

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

МОП встановлює послідовність операцій обробки різанням, а також зміст і місце термічних, гальванічних, слюсарних і контрольних операцій.

При МОП необхідно взяти до уваги дані про заготівлю: метод її отримання, її точність, визначальну величину припусків, що знімаються в процесі обробки.

Обробка повинна починатися з поверхні, яка буде технологічною базою для установки деталі в процесі її виготовлення.

Послідовність видів обробки (точіння, свердління, фрезерування і т.д.) Може бути різною, залежно від типу виробництва, але прагнути треба до їх концентрації в межах одного верстата.

Для планування маршруту обробки поверхонь необхідно провести технологічну розмітку поверхонь (рис. 1.12) та скласти таблицю з її характеристиками (табл. 1.7).

Таблиця 1.7 – Показники якості та точності поверхонь

№ пов.	Габаритні розміри поверхні, мм	Характеристика поверхні		Показник							
				квалітет точності		допуски, мм		шорсткість Ra, мкм		твердість	
		вид	тип	заготовка	деталь	заготовка	деталь	заготовка	деталь	заготовка	деталь
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Ø158	циліндрична	зовнішня	-	h7	-	0.04	25	12.5	HB	25...35 HRC
2	4	плоска	зовнішня	-	js7	-	0.012		12.5		
3	Ø148	циліндрична	зовнішня	-	h7	-	1		12.5		
4	4	плоска	зовнішня	-	js7	-	0.012		12.5		
5	Ø50	циліндрична	зовнішня	-	IT18	-	5		12.5		
6	Ø170	циліндрична	зовнішня	IT15	h7	1.5	0.04		12.5		
7	Ø50	циліндрична	зовнішня	-	IT18	-	5		12.5		
8	Ø9	циліндрична	внутрішня	-	H7	-	0.015		12.5		
9	Ø7	циліндрична	внутрішня	-	H7	-	0.015		12.5		
10	M6x1.5	різьба	внутрішня	-	H7	-	0.015		12.5		
11	Ø115x15°	конусна	зовнішня	IT15	h7	1.4	0.035		12.5		
12	4	плоска	зовнішня	-	js7	-	0.012		12.5		
13	Ø97	циліндрична	зовнішня	-	h7	-	0.035		12.5		
14	50	плоска	зовнішня	IT16	h12	1.3	0.25		12.5		
15	0.25...0.5 x25°	конусна	внутрішня	-	-	-	-		12.5		
16	Ø129.5	циліндрична	зовнішня	-	h7	-	0.04		12.5		
17	50	плоска	зовнішня	IT16	h12	1.3	0.25		1.6		
18	1x45°	конусна	внутрішня	-	-	-	-		12.5		
19	1.2	циліндрична	внутрішня	-	IT13	-	0.2		12.5		
20	1x45°	конусна	зовнішня	-	-	-	-		12.5		

Продовження таблиці 1.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
21	Ø93	циліндрична	внутрішня	IT15	H7	1.4	0.035		0.4		
22	22	плоска	внутрішня	IT16	H12	1.3	0.21		12.5		
23	Ø100	циліндрична	зовнішня	-	h7	-	0.035		12.5		
24	2	плоска	зовнішня	-	js7	-	0.01		12.5		
25	3	плоска	зовнішня	-	js7	-	0.01		12.5		
26	Ø125	циліндрична	внутрішня	IT15	H7	1.4	0.04		3.2		
27	2.5	плоска	зовнішня	IT18	h12	1.3	0.1		1.6		
28	Ø130	циліндрична	зовнішня	IT16	d11	1.5	0.25		3.2		
29	5	плоска	зовнішня	-	js7	-	0.012		12.5		
30	Ø95.3x25°	конусна	внутрішня	-	H7	-	0.035		3.2		
31	0.25...0.5	плоска	внутрішня	-	-	-	-		12.5		
32	0...0.5	плоска	внутрішня	-	-	-	-		6.3		
33	Ø97	циліндрична	зовнішня	-	h7	-	0.035		12.5		
34	1.2x15°	конусна	внутрішня	-	IT13	-	0.2		12.5		
35	1.5	плоска	внутрішня	-	js7	-	0.01		12.5		
36	1.5	циліндрична	внутрішня	-	IT13	-	0.2		12.5		

$$\varepsilon_{Ra_i} = \frac{Ra_{\text{заг.}}}{Ra_{\text{дет.}}} \quad (1.11)$$

де $Ra_{\text{заг}}$ – шорсткість заготовки;

$Ra_{\text{дет}}$ – шорсткість деталі.

$$\varepsilon_{d_i} = \frac{1.5}{0.04} = 37.5 \qquad \varepsilon_{Ra_i} = \frac{25}{12.5} = 2$$

Превалюючий коефіцієнт визначається з огляду на більше значення з розрахованого загального уточнення.

Так, для даного розміру превалюючим коефіцієнтом буде слугувати показник якості за допуском, а сам коефіцієнт буде розраховуватися за формулою (1.12):

$$k \approx 2 \cdot \lg \varepsilon \quad (1.10)$$

де ε – більший за розрахунком показний якості.

$$k = 2 \cdot \lg(37.5) = 3.15$$

Так як, кількість механічних переходів не може бути непарним, то превалюючий коефіцієнт приймаємо: $k = 4$.

За кількістю розрахований переходів визначаємо різність показників та розділяємо її по формулі (1.11):

$$\Delta_{\text{кв}} = IT_{\text{заг}} - IT_{\text{дет}} \quad (1.11)$$

$$\Delta_{\text{кв}} = 15 - 7 = 8 \quad (4 + 2 + 1 + 1)$$

Уточнюємо послідовність показники точності та якості (ППТЯ):

а) квалітет: $IT15 \rightarrow IT11 \rightarrow IT9 \rightarrow IT8 \rightarrow IT7$;

б) шорсткість: $Ra25 \rightarrow Ra12.5 \rightarrow Ra6.3 \rightarrow Ra3.2 \rightarrow Ra1.6$.

На креслені задана шорсткість на даний розмір $Ra\ 12.5$ мкм, для отримання заданого допуску на розмір ($T_d = 0.04$ мм) необхідно виконати 4 механічні

переходи, а отже шорсткість буде отримана $Ra\ 1.6$ мкм, що вразі підвищить якість обробленої поверхні.

Складаємо МОП:

- заготовка – IT15, $Td=1.5$ мм, $Ra\ 25$ мкм;
- термічна обробка
- точіння чорнове – h11, $Td=0.25$ мм, $Ra\ 12.5$ мкм;
- точіння напівчистове – h9, $Td=0.1$ мм, $Ra\ 6.3$ мкм;
- точіння чистове – h8, $Td=0.063$ мм, $Ra\ 3.2$ мкм;
- шліфування – h7, $Td=0.04$ мм, $Ra\ 1.6$ мкм;

Щоб перевірити правильність проведеного розподілу проводимо розрахунок проміжних уточнюючих коефіцієнтів за формулами (1.12) та (1.13), за допусками та шорсткістю відповідно:

$$\varepsilon_{d_i} = \frac{Td_{i-1}}{Td_i} \quad (1.12)$$

де Td_{i-1} – допуск геометричного розміру попереднього переходу;

Td_i – допуск геометричного розміру даного переходу.

$$\varepsilon_{Ra_i} = \frac{Ra_{i-1}}{Ra_i} \quad (1.13)$$

де Ra_{i-1} – шорсткість попереднього переходу;

Ra_i – шорсткість даного переходу.

$$\begin{array}{ll} \varepsilon_{d_3} = \frac{1.5}{0.25} = 6 & \varepsilon_{Ra_3} = \frac{25}{12.5} = 2 \\ \varepsilon_{d_4} = \frac{0.25}{0.1} = 2.5 & \varepsilon_{Ra_4} = \frac{12.5}{6.3} \approx 2 \\ \varepsilon_{d_5} = \frac{0.1}{0.063} = 1.59 & \varepsilon_{Ra_5} = \frac{6.3}{3.2} \approx 2 \\ \varepsilon_{d_6} = \frac{0.063}{0.04} = 1.58 & \varepsilon_{Ra_6} = \frac{3.2}{1.6} = 2 \end{array}$$

Проводимо перевірку результатів розрахунків за формулами (1.14) та (1.15) для обох показників:

$$\varepsilon_{oTd} = \prod_{i=1}^k \Sigma \varepsilon_i \geq \varepsilon_o \quad (1.14)$$

$$\varepsilon_{oRa} = \prod_{i=1}^k \Sigma \varepsilon_i \geq \varepsilon_o \quad (1.15)$$

$$\varepsilon_{oTd} = 6 \cdot 2.5 \cdot 1.59 \cdot 1.58 = 37.5 > 37.5$$

$$\varepsilon_{oRa} = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 16 > 2$$

З огляду на перевірку МОП складено вірно.

II. Поверхня 21 – циліндрична внутрішня.

Вихідні данні:

а) параметри деталі: розмір – $\varnothing 93H7^{(+0.035)}$; шорсткість – Ra 0.4 мкм;
квалітет - H7; допуск – Td = 0.035 мм;

б) параметри заготовки: розмір - $\varnothing 87.8_{-0.4}^{+1.0}$; шорсткість – Ra 25 мкм;
квалітет – IT15; допуск – Td = 1.5 мм.

Загальне уточнення визначаємо за формулами (1.10) та (1.11), відповідно для показника якості за допуском та шорсткістю.

$$\varepsilon_{d_i} = \frac{1.5}{0.035} = 42.86$$

$$\varepsilon_{Ra_i} = \frac{25}{0.4} = 62.5$$

Для даного розміру превалюючим коефіцієнтом буде слугувати показник якості за шорсткістю, а сам коефіцієнт буде розраховуватися за формулою (1.12):

$$k = 2 \cdot \lg(62.5) = 3.59$$

Превалюючий коефіцієнт приймаємо: $k = 4$.

За кількістю розрахований переходів визначаємо різницю показників та розділяємо її по формулі (1.11):

$$\Delta_{KB} = 15 - 7 = 8 \quad (4 + 2 + 1 + 1)$$

Уточнюємо послідовність показники точності та якості (ППТЯ):

1) квалітет: IT15→H11→H9→H8→H7;

2) шорсткість: Ra25→Ra6.3→Ra1.6→Ra0.8→Ra0.4.

Складаємо МОП:

- заготовка – IT15, Td=1.5 мм, Ra 25 мкм;
- термічна обробка;
- розточування чорнове – H11, Td=0.22 мм, Ra 3.2 мкм;
- розточування напівчистове – H9, Td=0.87 мм, Ra 1.6 мкм;
- розточування чистове – H8, Td=0.54 мм, Ra 0.8 мкм;
- шліфування – H7, Td=0.035 мм, Ra 0.4 мкм.

Щоб перевірити правильність проведеного розподілу проводимо розрахунок проміжних уточнюючих коефіцієнтів за формулами (1.12) та (1.13), за допусками та шорсткістю відповідно:

$$\varepsilon_{d_3} = \frac{1.5}{0.22} = 6.82$$

$$\varepsilon_{d_4} = \frac{0.22}{0.087} = 2.53$$

$$\varepsilon_{d_5} = \frac{0.087}{0.054} = 1.61$$

$$\varepsilon_{d_6} = \frac{0.054}{0.035} = 1.54$$

$$\varepsilon_{Ra_3} = \frac{25}{6.3} = 3.97$$

$$\varepsilon_{Ra_4} = \frac{6.3}{1.6} = 3.94$$

$$\varepsilon_{Ra_5} = \frac{1.6}{0.8} = 2$$

$$\varepsilon_{Ra_6} = \frac{0.8}{0.4} = 2$$

Проводимо перевірку результатів розрахунків за формулами (1.14) та (1.15) для обох показників:

$$\varepsilon_{oTd} = 6.82 \cdot 2.53 \cdot 1.61 \cdot 1.54 = 42.86 > 42.86$$

$$\varepsilon_{oRa} = 3.97 \cdot 3.94 \cdot 2 \cdot 2 = 62.5 > 62.5$$

З огляду на перевірку МОП складено вірно.

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

При розробці МВД необхідно враховувати декілька обов'язкових правил [15]: використовувати по можливості стандартний ріжучий і вимірювальний інструмент; обробляти найбільшу кількість поверхонь деталі за одну установку; у першу чергу обробити поверхні, які будуть базовими для наступних операцій; чим точніше повинна бути поверхня, тим пізніше вона повинна оброблятися; не рекомендується сполучення чорнової й чистової обробок немірним інструментом на тому самому верстаті.

Для механічної обробки деталі «Фланець» при розробці даного ТП використовуватимемо сучасне обладнання таке як обробні центрі з числовим програмним керуванням (ЧПК) та універсальні верстати.

Детально МВД буде приведено у графічній частині магістерської роботи та вказано на ескізі рисунок 1.13.

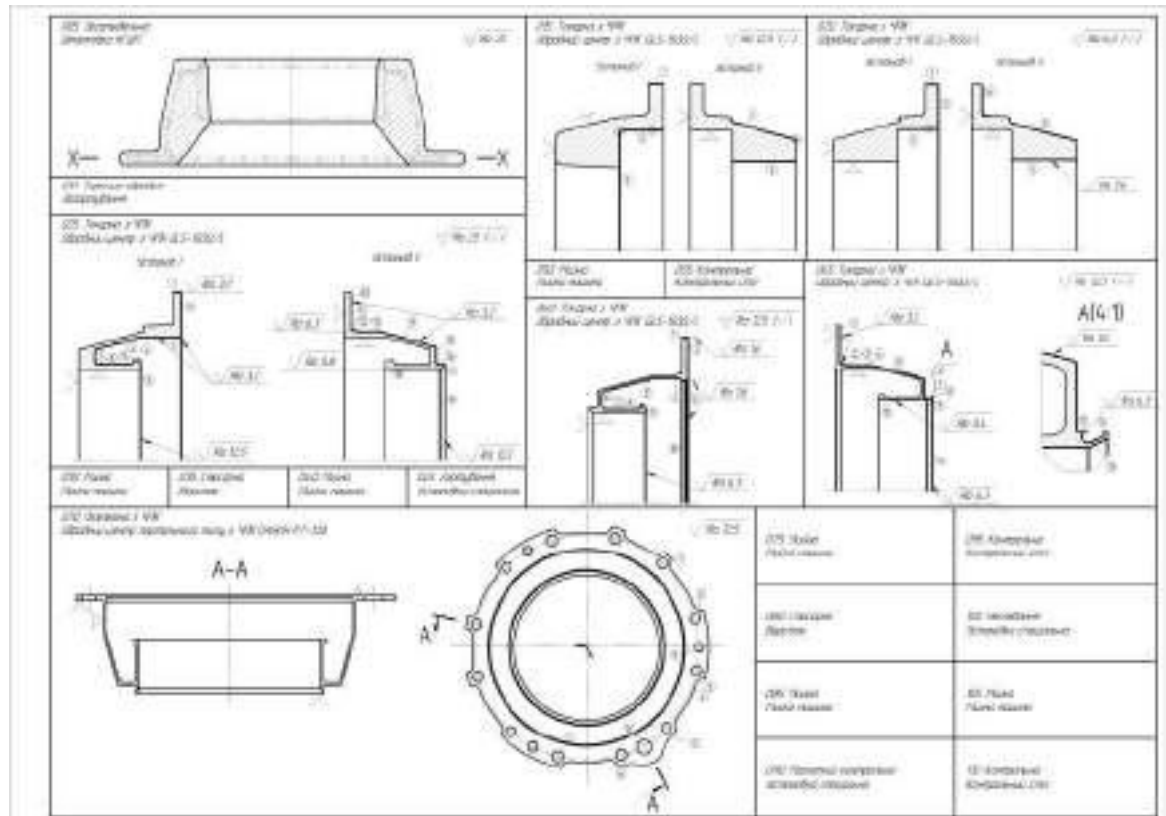


Рисунок 1.13 – Ескіз маршруту виготовлення деталі

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Припуски та технологічні розміри розраховуються для визначення розміру який буде отримуватися у ході виготовлення деталі на різних операціях.

Під припуском розуміють слой матеріалу, який видаляють з поверхні деталі під час обробки. Припуски бувають двох видів: операційний припуск; припуск на перехід.

Технологічний розмір визначається проектувальником та встановлюється у технологічну документацію.

Для даної деталі розрахунки проводитимемо двома методами: розрахунково-аналітичним та табличним. Розрахунки розпишемо лише для трьох поверхонь, а для інших занесемо дані до таблиць 1.9 та 1.10.

I. Розрахунково-аналітичний метод – поверхня 6.

Вихідні дання:

- деталь: циліндрична зовнішня поверхня, $\varnothing 170h7_{(-0.04)}$, Ra 12.5 мкм;
- заготовка: штамповка КГШМ, клас точності – Т3, ступінь складності – С3, група сталі – М1, Ra 25 мкм.

Проводимо визначення елементів припуску:

а) якість поверхні та похибка на встановлення згідно з [16,с.186-188,табл. 12, 24] та [16,с.41-42,табл. 12-13]:

$Rz_1 = 160$ мкм	$h_1 = 200$ мкм	$\varepsilon_1 = 0$ мкм
$Rz_3 = 125$ мкм	$h_3 = 120$ мкм	$\varepsilon_3 = 100$
$Rz_4 = 40$ мкм	$h_4 = 40$ мкм	$\varepsilon_4 = 80$
$Rz_5 = 5$ мкм	$h_5 = 5$ мкм	$\varepsilon_5 = 50$
$Rz_6 = 2.5$ мкм	$h_6 = 5$ мкм	$\varepsilon_6 = 15$

б) просторове відхилення заготовки визначається за формулою (1.16):

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{кор}^2}, \text{ мм} \quad (1.16)$$

де $\rho_{зм}$ - зміщення поверхні, визначається згідно з [16,с.187,табл. 18],

$$\rho_{зм} = 1 \text{ мм};$$

$\rho_{кор}$ - короблення поверхні, яке розраховується за формулою (1.17):

$$\rho_{кор} = \Delta_{кор} \cdot l, \text{ мм} \quad (1.17)$$

де $\Delta_{кор}$ – відхилення короблення, визначається згідно з [16,с.186,табл. 16],

$$\Delta_{кор} = 1.6 \text{ мкм};$$

l – довжина поверхні, $l = 2.5 \text{ мм}$.

$$\rho_{кор} = 1.6 \cdot 2.5 \cdot 10^{-3} = 0.004 \text{ мм}$$

Проводимо розрахунок просторового відхилення заготовки за формулою (1.16):

$$\rho_1 = \sqrt{1^2 + 0.004^2} = 1.004 \text{ мм} \approx 1000 \text{ мкм}$$

Просторові відхилення для інших механічних переходів визначаємо за формулою (1.18):

$$\rho_i = K_y \cdot \rho_{i-1}, \text{ мкм} \quad (1.18)$$

де K_y - коефіцієнт уточнення, визначається згідно з [16,с.190,табл. 29];

ρ_{i-1} - просторове відхилення попереднього переходу, мкм.

$$\rho_3 = 0.06 \cdot 1000 = 60 \text{ мкм}$$

$$\rho_4 = 0.05 \cdot 60 = 3 \text{ мкм}$$

$$\rho_5 = 0.04 \cdot 3 = 0.12 \approx 0 \text{ мкм}$$

$$\rho_6 = 0.12 \cdot 0.02 = 0.0024 \approx 0 \text{ мкм}$$

Для визначення розмірів на переходах та заготовки необхідно визначити мінімальні, максимальні на номінальні припуски.

Мінімальні припуски визначаємо за формулою (1.19):

$$2Z_i^{min} = 2 \left[(Rz_{i-1} + h_{i-1}) + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right], \text{ мкм} \quad (1.19)$$

$$2Z_3^{min} = 2 \left[(160 + 200) + \sqrt{1000^2 + 100^2} \right] = 2730 \text{ мкм}$$

$$2Z_4^{min} = 2 \left[(125 + 120) + \sqrt{60^2 + 80^2} \right] = 690 \text{ мкм}$$

$$2Z_5^{min} = 2 \left[(40 + 40) + \sqrt{3^2 + 50^2} \right] = 260 \text{ мкм}$$

$$2Z_6^{min} = 2 \left[(5 + 5) + \sqrt{0^2 + 15^2} \right] = 50 \text{ мкм}$$

Максимальні припуски визначаємо за формулою (1.20):

$$2Z_i^{max} = Td_{i-1} + 2Z_i^{min} + Td_i, \text{ мм} \quad (1.20)$$

$$2Z_3^{max} = 1.5 + 2.73 + 0.25 = 4.48 \text{ мм}$$

$$2Z_4^{max} = 0.25 + 0.69 + 0.1 = 1.04 \text{ мм}$$

$$2Z_5^{max} = 0.1 + 0.26 + 0.063 = 0.423 \text{ мм}$$

$$2Z_6^{max} = 0.063 + 0.05 + 0.04 = 0.153 \text{ мм}$$

Номінальні припуски розраховуємо за формулою (1.21):

$$2Z_i^H = 2Z_i^{min} + Td_{i-1}, \text{ мм} \quad (1.21)$$

$$2Z_3^H = 2.73 + 1 = 3.73 \text{ мм}$$

$$2Z_4^H = 0.69 + 0.25 = 0.94 \text{ мм}$$

$$2Z_5^H = 0.26 + 0.1 = 0.36 \text{ мм}$$

$$2Z_6^H = 0.05 + 0.063 = 0.113 \text{ мм}$$

Проводимо розрахунок номінального розміру згідно переходів за формулою (1.22):

$$d_i^H = d_{i+1} \pm 2Z_i^H, \text{ мм} \quad (1.22)$$

$$d_6^H = 170 \text{ мм}$$

$$d_5^H = 170 + 0.013 = 170.113 \text{ мм}$$

$$d_4^H = 170.113 + 0.36 = 170.473 \text{ мм}$$

$$d_3^H = 170.473 + 0.94 = 171.413 \text{ мм}$$

$$d_1^H = 171.413 + 3.73 = 175.143 \text{ мм}$$

Для визначення правильності проведених розрахунків необхідно виконати перевірку. Для проведення перевірки по перше розрахуємо загальний номінальний припуск за формулою (1.23):

$$2Z_0^H = \sum_{i=2}^k 2Z_i^H, \text{ мм} \quad (1.23)$$

$$2Z_0^H = 3.73 + 0.94 + 0.36 + 0.113 = 5.143 \text{ мм}$$

Після чого спираючись на рівність (1.24) проведемо перевірку розрахунків:

$$2Z_0 = D_{\text{заг}}^H - d_{\text{дет}}^H \quad (1.24)$$

$$5.143 = 175.143 - 170$$

$$5.143 \text{ мм} = 5.143 \text{ мм}$$

Згідно з проведеної перевірки можливо зробити висновок, що розрахунки проведені вірно.

Визначаємо технологічні виконавчі розміри:

– заготовка – $\emptyset 175.14_{-0.5}^{+1}$ мм;

– Т/О;

– точіння чорнове – $\emptyset 171.4_{-0.25}$ мм;

- точіння напівчистове – $\varnothing 170.5_{-0.1}^{+0.1}$ мм;
- точіння чистове – $\varnothing 170.1_{-0.063}^{+0.063}$ мм;
- шліфування – $\varnothing 170_{-0.4}^{+0.4}$ мм.

Результаті розрахунків заносимо до табл. 1.10.

На рис. 1.14 показано розрахункову схему для поверхні 6.



Рисунок 1.14 – Розрахункова схема для поверхні 6

Розрахуємо табличним методом поверхню 21 – циліндричну внутрішню.

Вихідні дані:

- деталь: циліндрична внутрішня, $\varnothing 93H7^{(+0.035)}$, Ra 0.4 мкм;
- заготовка: штамповка КГШМ, клас точності – Т3, ступінь складності – С3, група сталі – М1, Ra 25 мкм.

Мінімальні припуски визначаємо за формулою (1.25):

$$2Z_i^{min} = \gamma_i \cdot 2Z_o^{min}, \text{ мм} \quad (1.25)$$

де γ_i – коефіцієнт співвідношення;

$2Z_o^{min}$ – загальний припуск, згідно з [11, с.12, табл. 1.3], $2Z_o^{min} = 2.6$ мм.

$$2Z_3^{min} = 0.7 \cdot 2 \cdot 2.6 = 3.64 \text{ мм}$$

Таблиця 1.9 – Розрахунок припусків на обробку та технологічні операційні розміри по технологічним переходам

№ пер.	МОП	Відхилення		Допуск, мм	Елементи припуска				Граничні значення припуска, мм		Номінальні значення припуска та розміри, мм		Виконавчий технологічний розмір, мм
i		Es(es)	Ei(ei)	Td	Rz	h	ρ	ε	2Z ^{max}	2Z ^{min}	2Z ^H	2d ^H	
Поверхня 6 – циліндрична зовнішня. Параметри деталі: Ø170h7 _(-0.04) ; Ra 12.5 мкм; h7; Td = 0.04 мм. Параметри заготовки: Ra 25 мкм; IT15; Td = 1.5 мм.													
1	Заготовка	+1	-0.5	1.5	160	200	1000	0	-	-	-	175.143	Ø175.14 ⁺¹ _{-0.5}
2	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Точіння чорнове	-	-0.25	0.25	125	120	60	100	4.48	2.73	3.73	171.413	Ø171.4 _{-0.25}
4	Точіння напівчистове	-	-0.1	0.1	40	40	3	80	1.04	0.69	0.94	170.473	Ø170.5 _{-0.1}
5	Точіння чистове	-	-0.063	0.063	5	5	0	50	0.423	0.26	0.36	170.113	Ø170.1 _{-0.063}
6	Шліфування	-	-0.04	0.04	2.5	5	0	15	0.153	0.05	0.113	170	Ø170 _{-0.04}

$$2Z_4^{min} = 0.2 \cdot 2 \cdot 2.6 = 1.04 \text{ мм}$$

$$2Z_5^{min} = 0.08 \cdot 2 \cdot 2.6 = 0.416 \text{ мм}$$

$$2Z_6^{min} = 0.02 \cdot 2 \cdot 2.6 = 0.104 \text{ мм}$$

Максимальні припуски визначаємо за формулою (1.20):

$$2Z_3^{max} = 1.4 + 3.64 + 0.22 = 5.36 \text{ мм}$$

$$2Z_4^{max} = 0.22 + 1.04 + 0.087 = 1.347 \text{ мм}$$

$$2Z_5^{max} = 0.087 + 0.416 + 0.054 = 0.557 \text{ мм}$$

$$2Z_6^{max} = 0.054 + 0.104 + 0.035 = 0.193 \text{ мм}$$

Номінальні припуски розраховуємо за формулою (1.21):

$$2Z_3^H = 3.64 + 0.4 = 4.14 \text{ мм}$$

$$2Z_4^H = 1.347 + 0.22 = 1.36 \text{ мм}$$

$$2Z_5^H = 0.418 + 0.087 = 0.503 \text{ мм}$$

$$2Z_6^H = 0.104 + 0.054 = 0.158 \text{ мм}$$

Проводимо розрахунок номінального розміру згідно переходів за формулою (1.22):

$$d_6^H = 93 \text{ мм}$$

$$d_5^H = 93 - 0.158 = 92.842 \text{ мм}$$

$$d_4^H = 92.842 - 0.503 = 92.339 \text{ мм}$$

$$d_3^H = 92.339 - 1.26 = 91.079 \text{ мм}$$

$$d_1^H = 91.079 - 4.14 = 86.939 \text{ мм}$$

Для визначення правильності проведених розрахунків необхідно виконати перевірку. Для проведення перевірки по перше розрахуємо загальний номінальний припуск за формулою (1.23):

$$2Z_0^H = 4.14 + 1.26 + 0.503 + 0.158 = 6.061 \text{ мм}$$

Після чого спираючись на рівність (1.26) проведемо перевірку розрахунків:

$$2Z_0 = D_{\text{дет}}^H - d_{\text{заг}}^H \quad (1.26)$$

$$3.461 = 93 - 86.939$$

$$6.061 \text{ мм} = 6.061 \text{ мм}$$

Згідно з проведеної перевірки можливо зробити висновок, що розрахунки проведені вірно.

Визначаємо технологічні виконавчі розміри:

1. Заготовка – $\varnothing 87_{-0.4}^{+1}$ мм;
2. Т/О;
3. Розточування чорнове – $\varnothing 91.1^{+0.22}$ мм;
4. Розточування напівчистове – $\varnothing 92.34^{+0.087}$ мм;
5. Розточування чистове – $\varnothing 92.8^{+0.054}$ мм;
6. Шліфування – $\varnothing 93^{+0.035}$ мм.

На рис. 1.15 показано розрахункову схему для поверхні 6.

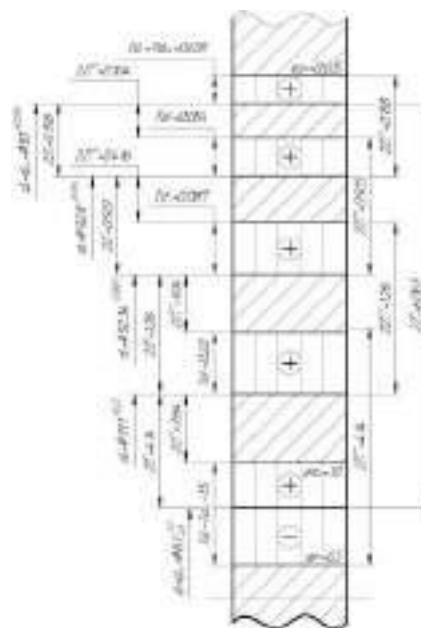


Рисунок 1.15 – Розрахункова схема для поверхні 21

Аналогічно проводимо розрахунки для поверхні 21 – циліндрична зовнішня.

Вихідні дані:

– деталь: циліндрична внутрішня, $\varnothing 115h7_{(-0.035)}$, Ra 12.5 мкм;

– заготовка: штамповка КГШМ, клас точності – Т3, ступінь складності – С3, група сталі – М1, Ra 25 мкм.

Мінімальні припуски визначаємо за формулою (1.25):

$$2Z_3^{min} = 0.7 \cdot 2 \cdot 2.6 = 3.64 \text{ мм}$$

$$2Z_4^{min} = 0.2 \cdot 2 \cdot 2.6 = 1.04 \text{ мм}$$

$$2Z_5^{min} = 0.08 \cdot 2 \cdot 2.6 = 0.416 \text{ мм}$$

$$2Z_6^{min} = 0.02 \cdot 2 \cdot 2.6 = 0.104 \text{ мм}$$

Максимальні припуски визначаємо за формулою (1.20):

$$2Z_3^{max} = 1.4 + 3.64 + 0.22 = 5.36 \text{ мм}$$

$$2Z_4^{max} = 0.22 + 1.04 + 0.087 = 1.347 \text{ мм}$$

$$2Z_5^{max} = 0.087 + 0.416 + 0.054 = 0.557 \text{ мм}$$

$$2Z_6^{max} = 0.054 + 0.104 + 0.035 = 0.193 \text{ мм}$$

Номінальні припуски розраховуємо за формулою (1.21):

$$2Z_3^H = 3.64 + 1 = 4.64 \text{ мм}$$

$$2Z_4^H = 1.04 + 0.22 = 1.26 \text{ мм}$$

$$2Z_5^H = 0.416 + 0.087 = 0.503 \text{ мм}$$

$$2Z_6^H = 0.104 + 0.054 = 0.158 \text{ мм}$$

Проводимо розрахунок номінального розміру згідно переходів за формулою (1.22):

$$d_6^H = 115 \text{ мм}$$

$$d_5^H = 115 + 0.158 = 115.158 \text{ мм}$$

$$d_4^H = 115.158 + 0.503 = 115.661 \text{ мм}$$

$$d_3^H = 115.661 + 1.26 = 116.921 \text{ мм}$$

$$d_1^H = 116.921 + 4.64 = 121.561 \text{ мм}$$

Для визначення правильності проведених розрахунків необхідно виконати перевірку. Для проведення перевірки по перше розрахуємо загальний номінальний припуск за формулою (1.23):

$$2Z_0^H = 4.64 + 1.26 + 0.503 + 0.158 = 6.561 \text{ мм}$$

Після чого спираючись на рівність (1.24) проведемо перевірку розрахунків:

$$6.561 = 121.561 - 115$$

$$6.561 \text{ мм} = 6.561 \text{ мм}$$

Згідно з проведеної перевірки можливо зробити висновок, що розрахунки проведені вірно.

Визначаємо технологічні виконавчі розміри:

– заготовка – $\varnothing 121.6^{+1}_{-0.4}$ мм;

– Т/О;

– розточування чорнове – $\varnothing 116.9_{-0.22}$ мм;

– розточування напівчистове – $\varnothing 115.7_{-0.087}$ мм;

– розточування чистове – $\varnothing 115.2_{-0.054}$ мм;

– шліфування – $\varnothing 115_{-0.035}$ мм.

Результаті розрахунків заносимо до табл. 1.11.

На рис. 1.16 показано розрахункову схему для поверхні 6.

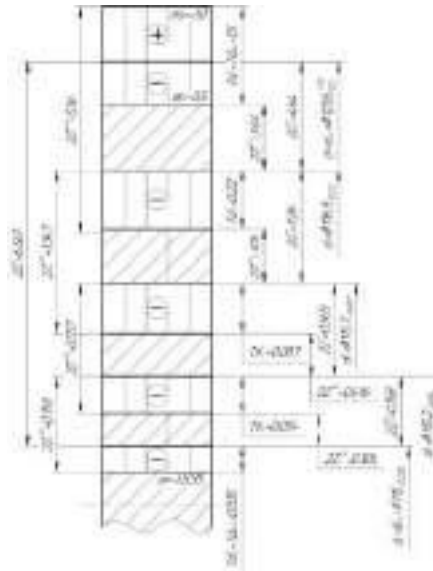


Рисунок 1.16 – Розрахункова схема для поверхні 11

1.6 Розрахунок режимів різання

1.6.1 Операція 015 – токарна з ЧПК

Операція виконується у декілька етапів:

а) установ I:

- 1) перехід 1 – точити поверхню 1;
- 2) перехід 2 – розточувати поверхні 2 та 3.

б) установ II:

- 1) перехід 1 – точити поверхню 4;
- 2) перехід 2 – розточувати поверхню 5.

Ескіз до операції наведено на рис. 1.17.

Розрахунки за усіма переходами виконуємо окремо. Результати розрахунків заносимо до табл. 1.11.

Установ I, перехід 1.

Інструмент: різець токарний прохідний, $L = 200$ мм, 40×25 , $R = 1.5$ мм, ГОСТ 18868-73.

Таблиця 1.10 – Розрахунок припусків на обробку та технологічні операційні розміри по технологічним переходам

№ пер.	МОП	Відхилення		Допуск, мм	Граничні значення припуску, мм		Номінальні значення припуску та розміри, мм		Виконавчий технологічний розмір, мм
i		Es(es)	Ei(ei)	Td	$2Z^{\max}$	$2Z^{\min}$	$2Z^H$	$2d^H$	мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Поверхня 11 – циліндрична зовнішня. Параметри деталі: $\varnothing 115h7_{(-0.035)}$; Ra 12.5 мкм; h7; Td = 0.035 мм. Параметри заготовки: Ra 25 мкм; IT15; Td = 1.4 мм.									
1	Заготовка	+1	-0.4	1.4	-	-	-	121.561	$\varnothing 121.6^{+1}_{-0.4}$
2	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Точіння чорнове	-	-0.22	0.22	5.36	3.64	4.64	116.921	$\varnothing 116.9_{-0.22}$
4	Точіння напівчистове	-	-0.087	0.087	1.347	1.04	1.26	115.661	$\varnothing 115.7_{-0.087}$
5	Точіння чистове	-	-0.054	0.054	0.557	0.416	0.503	115.158	$\varnothing 115.2_{-0.054}$
6	Шліфування	-	-0.035	0.035	0.193	0.104	0.158	115	$\varnothing 115_{-0.035}$
Поверхня 14 – плоска зовнішня. Параметри деталі: $50h12_{(-0.25)}$; Ra 12.5 мкм; h12; Td = 0.25 мм. Параметри заготовки: Ra 25 мкм; IT16; Td = 1.3 мм.									
1	Заготовка	+0.9	-0.4	1.3	-	-	-	53.69	$53.7^{+0.9}_{-0.4}$
2	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Точіння чорнове	-	-0.39	0.39	3.57	1.68	2.58	51.11	$51.1_{-0.39}$
4	Точіння чистове	-	-0.25	0.25	1.36	0.72	1.11	50	$50_{-0.25}$
Поверхня 17 – плоска зовнішня. Параметри деталі: $50h12_{(-0.25)}$; Ra 1.6 мкм; h12; Td = 0.25 мм. Параметри заготовки: Ra 25 мкм; IT16; Td = 1.3 мм.									
1	Заготовка	+0.9	-0.4	1.3	-	-	-	54.31	$54.3^{+0.9}_{-0.4}$
2	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Точіння чорнове	-	-0.62	0.62	3.6	1.68	2.58	51.73	$51.7_{-0.62}$
4	Точіння напівчистове	-	-0.39	0.39	1.49	0.48	1.1	50.63	$50.6_{-0.39}$
5	Точіння чистове	-	-0.25	0.25	0.88	0.24	0.63	50	$50_{-0.25}$

Продовження таблиці 1.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Поверхня 21 – циліндрична внутрішня. Параметри деталі: Ø93H7 ^(+0.035) ; Ra 0.4 мкм; H7; Td = 0.035 мм. Параметри заготовки: Ra 25 мкм; IT15; Td = 1.5 мм.									
1	Заготовка	+1	-0.4	1.4	-	-	-	86.939	Ø87 ⁺¹ _{-0.4}
2	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Розточування чорнове	+0.22	-	0.22	5.36	3.64	4.14	91.079	Ø91.1 ^{+0.22}
4	Розточування напівчистове	+0.087	-	0.087	1.347	1.04	1.26	92.339	Ø92.34 ^{+0.087}
5	Розточування чистове	+0.054	-	0.054	0.557	0.416	0.503	92.842	Ø92.8 ^{+0.054}
6	Шліфування	+0.035	-	0.035	0.193	0.104	0.158	93	Ø93 ^{+0.035}
Поверхня 26 – циліндрична внутрішня. Параметри деталі: Ø125H7 ^(+0.04) ; Ra 3.2 мкм; H7; Td = 0.04 мм. Параметри заготовки: Ra 25 мкм; IT15; Td = 1.4 мм.									
1	Заготовка	+1	-0.4	1.5	-	-	-	118.087	Ø118.1 ⁺¹ _{-0.4}
2	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Розточування чорнове	+0.25	-	0.25	5.95	4.2	4.7	122.787	Ø122.8 ^{+0.25}
4	Розточування напівчистове	+0.1	-	0.1	1.55	1.2	1.45	124.237	Ø124.24 ^{+0.1}
5	Розточування чистове	+0.063	-	0.063	0.643	0.48	0.58	124.817	Ø124.8 ^{+0.063}
6	Шліфування	+0.04	-	0.04	0.223	0.12	0.183	125	Ø125 ^{+0.04}
Поверхня 27 – плоска зовнішня. Параметри деталі: 2.5h12 _(-0.1) ; Ra 1.6 мкм; h12; Td = 0.1 мм. Параметри заготовки: Ra 25 мкм; IT18; Td = 1.3 мм.									
1	Заготовка	+0.9	-0.4	1.3	-	-	-	6.46	6.5 ^{+0.9} _{-0.4}
2	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Точіння чорнове	-	-0.48	0.48	3.46	1.68	2.58	3.88	3.9 _{-0.48}
4	Точіння напівчистове	-	-0.18	0.18	1.14	0.48	0.96	2.92	2.9 _{-0.18}
5	Точіння чистове	-	-0.1	0.1	0.52	0.24	0.42	2.5	2.5 _{-0.1}

Продовження таблиці 1.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Поверхня 28 – плоска зовнішня Параметри деталі: $\varnothing 130d11\left(\begin{smallmatrix} -0.145 \\ -0.395 \end{smallmatrix}\right)$; Ra 3.2 мкм; $d11$; Td = 0.25 мм. Параметри заготовки: Ra 25 мкм; IT16; Td = 1.5 мм.									
1	Заготовка	+1	-0.5	1.3	-	-	-	134.4	$\varnothing 134.4\begin{smallmatrix} +1.0 \\ -0.5 \end{smallmatrix}$
2	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Точіння чорнове	-	-0.4	0.4	4	2.1	3.1	131.3	$\varnothing 131.3_{-0.4}$
4	Точіння чистове	-0.145	-0.395	0.25	1.55	0.9	1.3	130	$\varnothing 130\begin{smallmatrix} -0.145 \\ -0.395 \end{smallmatrix}$

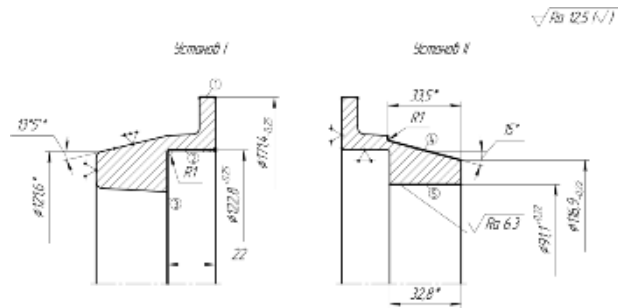


Рисунок 1.17 – Ескіз токарної операції 015

Визначення глибини різання проводимо за формулою (1.26):

$$t = \frac{D - d}{2}, \text{ мм} \quad (1.26)$$

$$t = \frac{175.14 - 171.4}{2} = 1.87 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу згідно [17.с.267,табл. 12]: $S_T = 0.25 \dots 0.6 \text{ мм/об}$

Приймаємо згідно параметрів верстата подачу: $S_0 = 0.2 \text{ мм/об}$.

Розрахована швидкість визначається за формулою (1.27):

$$V_p = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \text{ м/хв} \quad (1.27)$$

де C_v – коефіцієнт швидкості різання, згідно [17.с.269,табл. 17], $C_v = 350$;

x, y, m – ступені швидкості, [17.с.269,табл. 17]:

$x = 0.15$; $y = 0.2$; $m = 0.2$;

T – стійкість інструменту, $T = 60 \text{ хв}$;

K_v – коефіцієнт швидкості різання, розраховується за формулою (1.28):

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \quad (1.28)$$

де K_{mv} – коефіцієнт залежності від оброблюваного матеріалу, згідно [17.с.262,табл. 2], $K_{mv} = 0.65$;

K_{iv} – коефіцієнт залежності від стійкості та марки матеріалу інструменту, згідно [17.с.263,табл. 6], $K_{iv} = 1$;

K_{nv} – коефіцієнт залежності від якості поверхні заготовки, згідно [17.с.263,табл. 5], $K_{nv} = 0.8$.

$$K_v = 0.65 \cdot 1 \cdot 0.8 = 0.55$$

Розраховуємо розрахункову швидкість різання за формулою (1.27):

$$V_p = \frac{350}{60^{0.2} \cdot 1.87^{0.15} \cdot 0.2^{0.2}} \cdot 0.55 = 107 \text{ м/хв}$$

Частоту обертання визначаємо за формулою (1.29):

$$n = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D}, \text{ хв}^{-1} \quad (1.29)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 107}{3.14 \cdot 175.14} = 194.57 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо згідно параметрів верстата частоту обертання: $n = 190 \text{ хв}^{-1}$.

Проводимо розрахунок фактичної швидкості різання за формулою (1.30):

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \text{ м/хв} \quad (1.30)$$

$$V_\phi = \frac{3.14 \cdot 175.14 \cdot 190}{1000} = 104.5 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо основний час на обробку за формулою (1.31):

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{S_o \cdot n} \cdot i, \text{ хв} \quad (1.31)$$

де i – кількість переходів, $i = 2$;

$L_{p.x.}$ – довжина робочого ходу розраховується за формулою (1.32):

$$L_{p.x.} = l_{рез} + l_{вр} + l_{пр}, \text{ мм} \quad (1.32)$$

де $l_{рез}$ – довжина різання, мм;

$l_{вр}$ – довжина врізання, $l_{вр} = 2 \dots 3$ мм;

$l_{пр}$ – довжина перебігу, $l_{пр} = 2 \dots 3$ мм.

$$L_{p.x.} = 6.5 + 2 + 2 = 10.5 \text{ мм}$$

Розраховуємо основний час на обробку за формулою (1.31):

$$T_o = \frac{10.5}{0.2 \cdot 190} \cdot 2 = 0.55 \text{ хв}$$

2) Установ I, перехід 2.

Інструмент: різець токарний розточний, $L = 170$ мм, 16×12 , $R = 1$ мм, ГОСТ 18883-73.

Визначення глибини різання проводимо за формулою (1.26):

$$t = \frac{122.8 - 118.1}{2} = 2.35 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу згідно [17.с.267,табл. 12]: $S_T = 0.2 \dots 0.5$ мм/об

Приймаємо згідно параметрів верстата подачу: $S_o = 0.2$ мм/об.

Розраховуємо розрахункову швидкість різання за формулою (1.27):

$$V_p = \frac{340}{60^{0.2} \cdot 2.35^{0.15} \cdot 0.2^{0.2}} \cdot 0.55 = 100.44 \text{ м/хв}$$

Частоту обертання визначаємо за формулою (1.29):

$$n = \frac{1000 \cdot 100.44}{3.14 \cdot 122.8} = 260.49 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо згідно параметрів верстата частоту обертання: $n = 260 \text{ хв}^{-1}$.

Проводимо розрахунок фактичної швидкості різання за формулою (1.30):

$$V_{\phi} = \frac{3.14 \cdot 122.8 \cdot 260}{1000} = 100 \text{ м/хв}$$

Довжина робочого ходу розраховується за формулою (1.32):

$$L_{p.x.} = 22 + 2 + 0 = 24 \text{ мм}$$

Розраховуємо основний час на обробку за формулою (1.31):

$$T_o = \frac{24}{0.2 \cdot 260} \cdot 3 = 1.4 \text{ хв}$$

3) Установ II, перехід 1.

Інструмент: різець токарний прохідний, L = 200 мм, 40х25, R = 1.2 мм, ГОСТ 18879-73.

Визначення глибини різання проводимо за формулою (1.26):

$$t = \frac{121.6 - 116.9}{2} = 2.35 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу згідно [17.с.267,табл. 12]: $S_T = 0.25 \dots 0.6 \text{ мм/об}$

Приймаємо згідно параметрів верстата подачу: $S_o = 0.2 \text{ мм/об}$.

Розраховуємо розрахункову швидкість різання за формулою (1.27):

$$V_p = \frac{350}{60^{0.2} \cdot 2.35^{0.15} \cdot 0.2^{0.2}} \cdot 0.55 = 103.4 \text{ м/хв}$$

Частоту обертання визначаємо за формулою (1.29):

$$n = \frac{1000 \cdot 103.4}{3.14 \cdot 121.6} = 270.8 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо згідно параметрів верстата частоту обертання: $n = 270 \text{ хв}^{-1}$.
Проводимо розрахунок фактичної швидкості різання за формулою (1.30):

$$V_{\phi} = \frac{3.14 \cdot 121.6 \cdot 270}{1000} = 103 \text{ м/хв}$$

Довжина робочого ходу розраховується за формулою (1.32):

$$L_{\text{р.х.}} = 33.5 + 2 + 2 = 37.5 \text{ мм}$$

Розраховуємо основний час на обробку за формулою (1.31):

$$T_o = \frac{37.5}{0.2 \cdot 270} \cdot 3 = 2.1 \text{ хв}$$

4) Установ II, перехід 2.

Інструмент: різець токарний розточний, $L = 170 \text{ мм}$, 16×12 , $R = 1 \text{ мм}$, ГОСТ 18882-73.

Визначення глибини різання проводимо за формулою (1.26):

$$t = \frac{91.1 - 87}{2} = 2.05 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу згідно [17.с.267,табл. 12]: $S_T = 0.2 \dots 0.5 \text{ мм/об}$

Приймаємо згідно параметрів верстата подачу: $S_o = 0.2 \text{ мм/об}$.

Розраховуємо розрахункову швидкість різання за формулою (1.27):

$$V_p = \frac{340}{60^{0.2} \cdot 2.05^{0.15} \cdot 0.2^{0.2}} \cdot 0.55 = 1012.52 \text{ м/хв}$$

Частоту обертання визначаємо за формулою (1.29):

$$n = \frac{1000 \cdot 102.52}{3.14 \cdot 91.1} = 358.4 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо згідно параметрів верстата частоту обертання: $n = 350 \text{ хв}^{-1}$.

Проводимо розрахунок фактичної швидкості різання за формулою (1.30):

$$V_{\phi} = \frac{3.14 \cdot 91.1 \cdot 350}{1000} = 100 \text{ м/хв}$$

Довжина робочого ходу розраховується за формулою (1.32):

$$L_{\text{р.х.}} = 32.8 + 2 + 2 = 36.8 \text{ мм}$$

Розраховуємо основний час на обробку за формулою (1.31):

$$T_o = \frac{36.8}{0.2 \cdot 350} \cdot 3 = 1.6 \text{ хв}$$

Загальний основний час по операції розраховуємо за формулою (1.33):

$$T_o = T_1 + T_2 + \dots + T_n, \text{ хв} \quad (1.33)$$

$$T_o = 1.6 + 2.1 + 1.4 + 0.55 = 5.65 \text{ хв}$$

1.6.2 Операція 020 – токарна з ЧПК

Операція виконується у декілька етапів:

а) установ І:

- 1) перехід 1 – точити поверхні 1, 2;
- 2) перехід 2 – розточувати поверхню 3.

б) установ ІІ:

- 1) перехід 1 – точити поверхню 5, 6;
- 2) перехід 2 – розточувати поверхню 4.

Ескіз до операції наведено на рис. 1.18.

Розрахунки за усіма переходами виконуємо окремо. Результати розрахунків заносимо до табл. 1.11.

Установ I, перехід 1.

Інструмент: різець токарний прохідний, $L = 200$ мм, 40×25 , $R = 1.5$ мм, ГОСТ 18868-73.

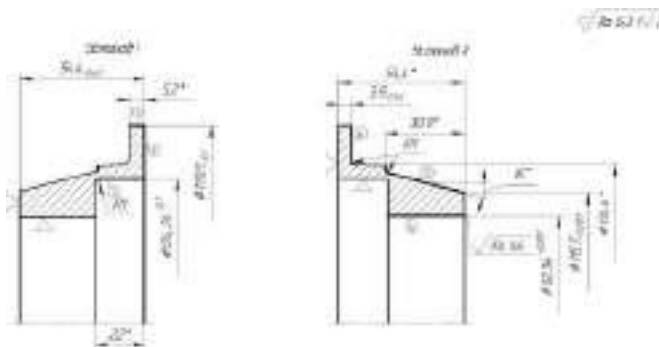


Рисунок 1.18 – Ескіз токарної операції 020

Визначення глибини різання проводимо за формулами (1.26) та (1.34):

$$t = H - h, \text{ мм} \quad (1.34)$$

$$t = 6.5 - 5.2 = 1.3 \text{ мм}$$

$$t = \frac{171.4 - 170.5}{2} = 0.45 \text{ мм}$$

Подальший розрахунок ведемо для більшої глибини різання.

Визначаємо подачу згідно [17.с.267,табл. 12]: $S_T = 0.25 \dots 0.6$ мм/об

Приймаємо згідно параметрів верстата подачу: $S_0 = 0.2$ мм/об.

Розраховуємо розрахункову швидкість різання за формулою (1.27):

$$V_p = \frac{350}{60^{0.2} \cdot 1.3^{0.15} \cdot 0.2^{0.2}} \cdot 0.55 = 132.49 \text{ м/хв}$$

Частоту обертання визначаємо за формулою (1.29):

$$n = \frac{1000 \cdot 132.49}{3.14 \cdot 171.4} = 246.18 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо згідно параметрів верстата частоту обертання: $n = 240 \text{ хв}^{-1}$.

Проводимо розрахунок фактичної швидкості різання за формулою (1.30):

$$V_{\phi} = \frac{3.14 \cdot 171.4 \cdot 240}{1000} = 129 \text{ м/хв}$$

Довжина робочого ходу розраховується за формулою (1.32):

$$L_{\text{р.х.}} = 29 + 2 + 2 = 33 \text{ мм}$$

Розраховуємо основний час на обробку за формулою (1.31):

$$T_o = \frac{33}{0.2 \cdot 240} \cdot 2 = 1.4 \text{ хв}$$

Установ I, перехід 2.

Інструмент: різець токарний розточний, $L = 170 \text{ мм}$, 16×12 , $R = 1 \text{ мм}$, ВК8
ГОСТ 18883-73.

Визначення глибини різання проводимо за формулою (1.26):

$$t = \frac{124.24 - 122.8}{2} = 0.72 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу згідно [17.с.267,табл. 12]: $S_T = 0.2 \dots 0.5 \text{ мм/об}$

Приймаємо згідно параметрів верстата подачу: $S_o = 0.2 \text{ мм/об}$.

Розраховуємо розрахункову швидкість різання за формулою (1.27):

$$V_p = \frac{3400}{60^{0.2} \cdot 0.72 \cdot 0.2^{0.2}} \cdot 0.55 = 119.94 \text{ м/хв}$$

Частоту обертання визначаємо за формулою (1.29):

$$n = \frac{1000 \cdot 119.94}{3.14 \cdot 124.24} = 307.46 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо згідно параметрів верстата частоту обертання: $n = 300 \text{ хв}^{-1}$.

Проводимо розрахунок фактичної швидкості різання за формулою (1.30):

$$V_\phi = \frac{3.14 \cdot 124.24 \cdot 300}{1000} = 117 \text{ м/хв}$$

Довжина робочого ходу розраховується за формулою (1.32):

$$L_{p.x.} = 22 + 2 + 0 = 24 \text{ мм}$$

Розраховуємо основний час на обробку за формулою (1.31):

$$T_o = \frac{24}{0.2 \cdot 300} \cdot 1 = 0.4 \text{ хв}$$

Установ II, перехід 1.

Інструмент: різець токарний прохідний, $L = 200 \text{ мм}$, 40×25 , $R = 1,2 \text{ мм}$, ВК8, ГОСТ 18879-73.

Визначення глибини різання проводимо за формулами (1.26) та (1.34):

$$t = 5.2 - 3.9 = 1.3 \text{ мм}$$

$$t = \frac{116.9 - 115.7}{2} = 0.6 \text{ мм}$$

Подальший розрахунок ведемо для більшої глибини різання.

Визначаємо подачу згідно [17.с.267,табл. 12]: $S_T = 0.25 \dots 0.6$ мм/об

Приймаємо згідно параметрів верстата подачу: $S_o = 0.2$ мм/об.

Розраховуємо розрахункову швидкість різання за формулою (1.27):

$$V_p = \frac{350}{60^{0.2} \cdot 1.3^{0.15} \cdot 0.2^{0.2}} \cdot 0.55 = 126.9 \text{ м/хв}$$

Частоту обертання визначаємо за формулою (1.29):

$$n = \frac{1000 \cdot 126.9}{3.14 \cdot 116.9} = 345.7 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо згідно параметрів верстата частоту обертання: $n = 350 \text{ хв}^{-1}$.

Проводимо розрахунок фактичної швидкості різання за формулою (1.30):

$$V_\phi = \frac{3.14 \cdot 116.9 \cdot 350}{1000} = 128.5 \text{ м/хв}$$

Довжина робочого ходу розраховується за формулою (1.32):

$$L_{p.x.} = 34.8 + 4 + 4 = 42.8 \text{ мм}$$

Розраховуємо основний час на обробку за формулою (1.31):

$$T_o = \frac{42.8}{0.2 \cdot 350} \cdot 2 = 1.23 \text{ хв}$$

Установ II, перехід 2.

Інструмент: різець токарний розточний, $L = 170$ мм, 16×12 , $R = 1$ мм, ВК8, ГОСТ 18882-73.

Визначення глибини різання проводимо за формулою (1.26):

$$t = \frac{92.34 - 91.1}{2} = 0.62 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу згідно [17.с.267,табл. 12]: $S_T = 0.2 \dots 0.5$ мм/об

Приймаємо згідно параметрів верстата подачу: $S_o = 0.2$ мм/об.

Розраховуємо розрахункову швидкість різання за формулою (1.27):

$$V_p = \frac{340}{60^{0.2} \cdot 0.62 \cdot 0.2^{0.2}} \cdot 0.55 = 122.67 \text{ м/хв}$$

Частоту обертання визначаємо за формулою (1.29):

$$n = \frac{1000 \cdot 122.67}{3.14 \cdot 92.34} = 423.06 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо згідно параметрів верстата частоту обертання: $n = 420 \text{ хв}^{-1}$.

Проводимо розрахунок фактичної швидкості різання за формулою (1.30):

$$V_\phi = \frac{3.14 \cdot 92.34 \cdot 420}{1000} = 121.8 \text{ м/хв}$$

Довжина робочого ходу розраховується за формулою (1.32):

$$L_{p.x.} = 32.8 + 2 + 2 = 36.8 \text{ мм}$$

Розраховуємо основний час на обробку за формулою (1.31):

$$T_o = \frac{36.8}{0.2 \cdot 420} \cdot 1 = 0.44 \text{ хв}$$

Загальний основний час по операції розраховуємо за формулою (1.33):

$$T_o = 0.44 + 1.23 + 0.4 + 1.4 = 3.47 \text{ хв}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 130.41}{3.14 \cdot 170} = 244.31 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо згідно параметрів верстата частоту обертання: $n = 240 \text{ хв}^{-1}$.

Проводимо розрахунок фактичної швидкості різання за формулою (1.30):

$$V_{\phi} = \frac{3.14 \cdot 170 \cdot 240}{1000} = 128.1 \text{ м/хв}$$

Довжина робочого ходу розраховується за формулою (1.32):

$$L_{\text{р.х.}} = 77,1 + 2 + 2 = 81,1 \text{ мм}$$

Розраховуємо основний час на обробку за формулою (1.31):

$$T_o = \frac{81,1}{0.2 \cdot 240} \cdot 2 = 3.4 \text{ хв}$$

Перехід 2.

Інструмент: різець токарний розточний, $L = 170 \text{ мм}$, 16×12 , $R = 1 \text{ мм}$, ВК8, ГОСТ 18882-73.

Визначення глибини різання проводимо за формулою (1.26):

$$t = \frac{93 - 92.81}{2} = 0.2 \text{ мм}$$

$$t = \frac{95.3 - 94.3}{2} = 0.5 \text{ мм}$$

Подальший розрахунок ведемо для глибини різання: $t = 0.5 \text{ мм}$.

Визначаємо подачу згідно [17.с.267,табл. 12]: $S_{\tau} = 0.2 \dots 0.5 \text{ мм/об}$

Приймаємо згідно параметрів верстата подачу: $S_o = 0.2 \text{ мм/об}$.

Розраховуємо розрахункову швидкість різання за формулою (1.27):

$$V_p = \frac{340}{60^{0.2} \cdot 0.05 \cdot 0.2^{0.2}} \cdot 0.55 = 126.69 \text{ м/хв}$$

Частоту обертання визначаємо за формулою (1.29):

$$n = \frac{1000 \cdot 126.69}{3.14 \cdot 95.3} = 423.36 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо згідно параметрів верстата частоту обертання: $n = 400 \text{ хв}^{-1}$.

Проводимо розрахунок фактичної швидкості різання за формулою (1.30):

$$V_\phi = \frac{3.14 \cdot 95.3 \cdot 400}{1000} = 116.8 \text{ м/хв}$$

Довжина робочого ходу розраховується за формулою (1.32):

$$L_{p.x.} = 28 + 2 + 2 = 32 \text{ мм}$$

Розраховуємо основний час на обробку за формулою (1.31):

$$T_o = \frac{32}{0.2 \cdot 400} \cdot 2 = 0.8 \text{ хв}$$

Загальний основний час по операції розраховуємо за формулою (1.33):

$$T_o = 0.8 + 3.4 = 4.2 \text{ хв}$$

1.6.4 Операція 070 – фрезерна з ЧПК

Операція виконується у декілька етапів:

- перехід 1 – фрезерувати поверхні 1, 2, 3, 4, 5, 6;

- перехід 2 – свердлили поверхню 8;
- перехід 3 – свердлили поверхню 7;
- перехід 4 – свердлили поверхню 9;
- перехід 5 – розгортати поверхню 8;
- перехід 6 – розгортати поверхню 7;
- перехід 7 – нарізати різьбу поверхню 9.

Ескіз до операції наведено на рис. 1.20.

Розрахунки за усіма переходами виконуємо окремо. Результати розрахунків заносимо до табл. 1.11.

Перехід 1.

Інструмент: фреза кінцева, $D = 14$, $z = 2$, ГОСТ 17025-71.

Приймаємо глибину різання : $t = 8$ мм.

Визначаємо подачу згідно [17.с.285,табл. 36]: $S_z = 0.03 \dots 0.04$ мм/зуб

Приймаємо згідно параметрів верстата подачу: $S_z = 0.04$ мм/зуб.

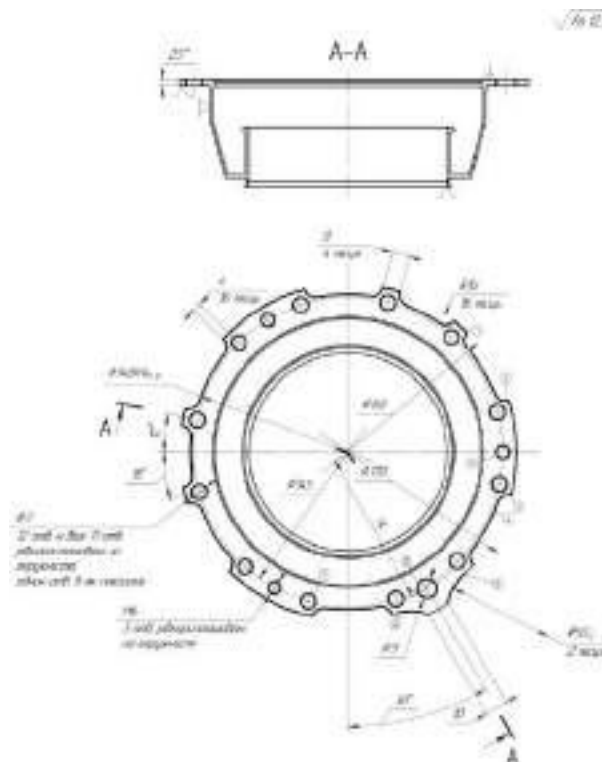


Рисунок 1.20 – Ескіз токарної операції 070

Розраховуємо розрахункову швидкість різання за формулою (1.35):

$$V_p = \frac{C_p \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v, \text{ м/хв} \quad (1.35)$$

де D – діаметр фрези, мм;

B – ширина фрезерування, мм;

z – число зубців фрези, шт;

C_p – коефіцієнт, знаходиться за [17,с.286,табл. 39], $C_p = 46.7$;

q, m, x, y, u, p – показники швидкості, знаходиться за [17,с.286,табл. 39]:

$$q = 0.45$$

$$y = 0.5$$

$$p = 0.1$$

$$x = 0.5$$

$$u = 0.1$$

$$m = 0.33$$

T – період стійкості фрези, знаходиться за [17,с.290,табл. 40], $T = 80$ хв.

$$V_p = \frac{46.7 \cdot 15^{0.45}}{80^{0.33} \cdot 8^{0.5} \cdot 0.04^{0.5} \cdot 2.5^{0.1} \cdot 2^{0.1}} \cdot 0.55 = 30.9 \text{ м/хв}$$

Частоту обертання визначаємо за формулою (1.29):

$$n = \frac{1000 \cdot 30.9}{3.14 \cdot 15} = 656.05 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо згідно параметрів верстата частоту обертання: $n = 650 \text{ хв}^{-1}$.

Проводимо розрахунок фактичної швидкості різання за формулою (1.30):

$$V_\phi = \frac{3.14 \cdot 15 \cdot 350}{1000} = 30.6 \text{ м/хв}$$

Довжина робочого ходу розраховується за формулою (1.32):

$$L_{p.x.} = 485 + 3 + 3 = 490 \text{ мм}$$

Розраховуємо основний час на обробку за формулою (1.31):

$$T_o = \frac{490}{(0.04 \cdot 2) \cdot 650} \cdot 3 = 28.3 \text{ хв}$$

Перехід 2.

Інструмент: свердло спіральне, $D = 8.8$, $\alpha = 12^\circ$, $\psi = 40...60^\circ$, $z = 2$,
ОСТ 2 И20-1-80.

Визначаємо глибину свердління за формулою (1.26):

$$t = \frac{8.8}{2} = 4.4 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу згідно [17,с.285,табл. 36]: $S_o = 0.2 \dots 0.25 \text{ мм/об}$

Приймаємо згідно параметрів верстата подачу: $S_o = 0.2 \text{ мм/об}$.

Розраховуємо розрахункову швидкість різання за формулою (1.36):

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \text{ м/хв} \quad (1.36)$$

де D – діаметр свердла, мм;

C_v – коефіцієнт, знаходиться за [17,с.278,табл. 28], $C_v = 7$;

q, m, y – показники швидкості, знаходиться за [17,с.286,табл. 39]:

$$q = 0.4$$

$$y = 0.7$$

$$m = 0.2$$

T – період стійкості фрези, знаходиться за [17,с.279,табл. 30], $T = 15 \text{ хв}$.

$$V_p = \frac{7 \cdot 8.8^{0.4}}{15^{0.2} \cdot 0.2^{0.7}} \cdot 0.55 = 16.554 \text{ м/хв}$$

Частоту обертання визначаємо за формулою (1.29):

$$n = \frac{1000 \cdot 16.554}{3.14 \cdot 8.8} = 599.07 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо згідно параметрів верстата частоту обертання: $n = 600 \text{ хв}^{-1}$.

Проводимо розрахунок фактичної швидкості різання за формулою (1.30):

$$V_\phi = \frac{3.14 \cdot 8.8 \cdot 600}{1000} = 16.6 \text{ м/хв}$$

Довжина робочого ходу розраховується за формулою (1.32):

$$L_{p.x.} = 2.5 + 3 + 3 = 8.5 \text{ мм}$$

Розраховуємо основний час на обробку за формулою (1.31):

$$T_o = \frac{8.5}{0.2 \cdot 600} \cdot 1 = 0.1 \text{ хв}$$

Перехід 3.

Інструмент: свердло спіральне, $D = 6.8$, $\alpha = 12^\circ$, $\psi = 40 \dots 60^\circ$, $z = 2$,
ГОСТ 4010-77.

Визначаємо глибину свердління за формулою (1.26):

$$t = \frac{6.8}{2} = 3.4 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу згідно [17.с.285,табл. 36]: $S_o = 0.2 \dots 0.25 \text{ мм/об}$

Приймаємо згідно параметрів верстата подачу: $S_o = 0.2 \text{ мм/об}$.

Розраховуємо розрахункову швидкість різання за формулою (1.36):

$$V_p = \frac{7 \cdot 6.8^{0.4}}{15^{0.2} \cdot 0.2^{0.7}} \cdot 0.55 = 14.931 \text{ м/хв}$$

Частоту обертання визначаємо за формулою (1.29):

$$n = \frac{1000 \cdot 14.931}{3.14 \cdot 6.8} = 699.3 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо згідно параметрів верстата частоту обертання: $n = 700 \text{ хв}^{-1}$.

Проводимо розрахунок фактичної швидкості різання за формулою (1.30):

$$V_{\phi} = \frac{3.14 \cdot 6.8 \cdot 700}{1000} = 15 \text{ м/хв}$$

Довжина робочого ходу розраховується за формулою (1.32):

$$L_{p.x.} = 2.5 + 3 + 3 = 8.5 \text{ мм}$$

Розраховуємо основний час на обробку за формулою (1.31):

$$T_o = \frac{8.5}{0.2 \cdot 700} \cdot 15 = 0.73 \text{ хв}$$

Перехід 4.

Інструмент: свердло спіральне, $D = 5$, $\alpha = 12^\circ$, $\psi = 40...60^\circ$, $z = 2$, ГОСТ 4010-77.

Визначаємо глибину свердління за формулою (1.26):

$$t = \frac{5}{2} = 2.5 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу згідно [17.с.285,табл. 36]: $S_o = 0.2 \dots 0.25 \text{ мм/об}$

Приймаємо згідно параметрів верстата подачу: $S_o = 0.2 \text{ мм/об}$.

Розраховуємо розрахункову швидкість різання за формулою (1.36):

$$V_p = \frac{7 \cdot 5^{0.4}}{15^{0.2} \cdot 0.2^{0.7}} \cdot 0.55 = 13.203 \text{ м/хв}$$

Частоту обертання визначаємо за формулою (1.29):

$$n = \frac{1000 \cdot 13.203}{3.14 \cdot 5} = 840.98 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо згідно параметрів верстата частоту обертання: $n = 840 \text{ хв}^{-1}$.

Проводимо розрахунок фактичної швидкості різання за формулою (1.30):

$$V_{\phi} = \frac{3.14 \cdot 5 \cdot 840}{1000} = 13.2 \text{ м/хв}$$

Довжина робочого ходу розраховується за формулою (1.32):

$$L_{p.x.} = 2.5 + 3 + 3 = 8.5 \text{ мм}$$

Розраховуємо основний час на обробку за формулою (1.31):

$$T_o = \frac{8.5}{0.2 \cdot 840} \cdot 3 = 0.16 \text{ хв}$$

Перехід 5.

Інструмент: розгортка машина цільна, D = 9, ГОСТ 1672-80.

Визначаємо глибину розгорткування за формулою (1.26):

$$t = \frac{9 - 8.8}{2} = 0.1 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу згідно [17,с.278,табл. 27]: $S_o = 0.8 \text{ мм/об}$

Розраховуємо розрахункову швидкість різання за формулою (1.37):

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_y} \cdot K_v, \text{ м/хв} \quad (1.36)$$

де D – діаметр свердла, мм;

C_v – коефіцієнт, знаходиться за [17,с.279,табл. 29], $C_v = 10.5$;

q, m, x, y – показники швидкості, знаходиться за [17,с.279,табл. 39]:

$q = 0.3$ $y = 0.65$ $x = 0.2$ $m = 0.4$

T – період стійкості фрези, знаходиться за [17,с.280,табл. 30], $T = 25 \text{ хв.}$

$$V_p = \frac{10.5 \cdot 9^{0.3}}{25^{0.4} \cdot 0.1^{0.2} \cdot 0.8^{0.65}} \cdot 0.55 = 5.67 \text{ м/хв}$$

Частоту обертання визначаємо за формулою (1.29):

$$n = \frac{1000 \cdot 5.67}{3.14 \cdot 9} = 200.47 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо згідно параметрів верстата частоту обертання: $n = 200 \text{ хв}^{-1}$.

Проводимо розрахунок фактичної швидкості різання за формулою (1.30):

$$V_\phi = \frac{3.14 \cdot 9 \cdot 200}{1000} = 5.7 \text{ м/хв}$$

Довжина робочого ходу розраховується за формулою (1.32):

$$L_{p.x.} = 2.5 + 3 + 3 = 8.5 \text{ мм}$$

Розраховуємо основний час на обробку за формулою (1.31):

$$T_o = \frac{8.5}{0.8 \cdot 200} \cdot 1 = 0.1 \text{ хв}$$

Перехід 6.

Інструмент: розгортка машина цільна, D = 7, ГОСТ 1672-80.

Визначаємо глибину розгорткування за формулою (1.26):

$$t = \frac{7 - 6.8}{2} = 0.1 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу згідно [17.с.278,табл. 27]: $S_o = 0.8 \text{ мм/об}$

Розраховуємо розрахункову швидкість різання за формулою (1.37):

$$V_p = \frac{10.5 \cdot 7^{0.3}}{25^{0.4} \cdot 0.1^{0.2} \cdot 0.8^{0.65}} \cdot 0.55 = 5.25 \text{ м/хв}$$

Частоту обертання визначаємо за формулою (1.29):

$$n = \frac{1000 \cdot 5.25}{3.14 \cdot 7} = 239.03 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо згідно параметрів верстата частоту обертання: $n = 240 \text{ хв}^{-1}$.

Проводимо розрахунок фактичної швидкості різання за формулою (1.30):

$$V_\phi = \frac{3.14 \cdot 7 \cdot 240}{1000} = 5.3 \text{ м/хв}$$

Довжина робочого ходу розраховується за формулою (1.32):

$$L_{p.x.} = 2.5 + 3 + 3 = 8.5 \text{ мм}$$

Розраховуємо основний час на обробку за формулою (1.31):

$$T_o = \frac{8.5}{0.8 \cdot 240} \cdot 12 = 0.53 \text{ хв}$$

Перехід 7.

Інструмент: спеціальна гребінчаста фреза для нарізання різьбим М6х1.5, $z = 2$, $D = 4.5 \text{ мм}$.

Визначаємо глибину нарізання різьби: $t = 0.5 \text{ мм}$

Визначаємо подачу згідно [17.с.278,табл. 27]: $S_z = 0.04 \dots 0.05 \text{ мм/зуб}$.

Приймаємо подачу: $S_z = 0.04 \text{ мм/зуб}$

Розраховуємо розрахункову швидкість різання за формулою (1.39):

$$V_p = \frac{C_v}{T^m \cdot S_z^x \cdot S_y} \cdot K_v, \text{ м/хв} \quad (1.39)$$

де C_v – коефіцієнт, знаходиться за [17,с.296,табл. 49], $C_v = 64.8$;

q, m, y – показники швидкості, знаходиться за [17,с.296,табл. 49]:

$$x = 0$$

$$y = 0.5$$

$$m = 0.9$$

T – період стійкості фрези, знаходиться за [17,с.296,табл. 49], $T = 90$ хв.

$$V_p = \frac{64.8}{90^{0.9} \cdot 0.04^0 \cdot 0.08^{0.5}} \cdot 0.55 = 2.2 \text{ м/хв}$$

Частоту обертання визначаємо за формулою (1.29):

$$n = \frac{1000 \cdot 2.2}{3.14 \cdot 4.5} = 155.96 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо згідно параметрів верстата частоту обертання: $n = 150 \text{ хв}^{-1}$.

Проводимо розрахунок фактичної швидкості різання за формулою (1.30):

$$V_\phi = \frac{3.14 \cdot 4.5 \cdot 150}{1000} = 2,1 \text{ м/хв}$$

Довжина робочого ходу розраховується за формулою (1.32):

$$L_{p.x.} = 2.5 + 3 + 3 = 8.5 \text{ мм}$$

Розраховуємо основний час на обробку за формулою (1.31):

$$T_o = \frac{8.5}{0.8 \cdot 150} \cdot 3 = 2.13 \text{ хв}$$

Загальний основний час по операції розраховуємо за формулою (1.33):

$$T_o = 28.3 + 0.1 + 0.7 + 0.15 + 0.1 + 0.53 + 2.13 = 32.01 \text{ хв}$$

Таблиця 1.11 – Режими різання на обрані операції

№ оп	Найменування переході та обладнання	Зміст переходу	t, мм	Режими різання			T _о , хв
				n, хв ⁻¹	S, мм/об	V, м/хв	
015	Токарная с ЧПУ - Обробний центр з ЧПК GLS- 1500/L	Точить пов. 1	1.87	190	0.2	104.5	0.55
		Розточувати пов. 2, 3	2.35	260		100	1.4
		Точить пов. 4	2.35	270		103	2.1
		Розточувати пов. 5	2.05	350		100	1.6
ΣT ₀							5.65
020	Токарная с ЧПУ - Обробний центр з ЧПК GLS- 1500/L	Точить пов. 1, 2	0.45	240	0.2	129	1.4
		Розточувати пов. 3	0.72	300		117	0.4
		Точить пов. 5, 6	1.3	350		128.5	1.23
		Розточувати пов. 4	0.62	420		121.8	0.44
ΣT ₀							3.47
065	Токарная с ЧПУ - Обробний центр з ЧПК GLS- 1500/L	Точить пов. 1-8, 11-14	0,5	240	0.2	128.1	3.4
		Розточувати пов. 9, 10	1	400		116.8	0.8
ΣT ₀							4.2
070	Фрезерна с ЧПУ - Обробний центр портального типу з ЧПК DANLІN PT-128	Фрезерувати пов. 1-6	8	650	0.04	30.6	28.3
		Свердли́ти отв. 9	4.4	600	0.2	16.6	0.1
		Свердли́ти отв. 7	3.4	700		15	0.7
		Свердли́ти отв. 8	2.5	840		13.2	0.16
		Розгортати отв. 9	0.1	200	0.8	5.7	0.1
		Розгортати отв. 7	0.1	240		5.3	0.53
		Нарізати різьбу 8	0.5	150	0.08	2.1	2.13
ΣT ₀							32.01

1.7 Технічне нормування операцій

1.7.1 Операція 015 – токарна з ЧПК

Проводимо розрахунок додаткового часу на операцію за формулою (1.40):

$$T_{\text{доп.}} = T_{\text{вст-зн}} + T_{\text{упр}} + T_{\text{х.х.}} + T_{\text{зм.ін.}} + T_{\text{контр.}}, \text{ хв} \quad (1.40)$$

де $T_{\text{вст-зн}}$ – час на встановлення та зняття заготовки з верстату, визначається згідно [18,с.199,к.5.5]: $T_{\text{уст-сн}} = 0.111$ хв;

$T_{\text{упр}}$ – час на управління верстатом, хв;

$T_{\text{х.х}}$ – час на холостий хід інструменті, хв;

$T_{\text{зм.ін.}}$ – час потрібний для зміни інструменту, хв;

$T_{\text{контр.}}$ – час необхідний для контролю розмірі за операцією, розраховується за формулою (1.41):

$$T_{\text{контр.}} = K \cdot (L \cdot i), \text{ хв} \quad (1.41)$$

де L – час на контроль заданим інструментом, визначається згідно [6,с.206-208,к.5.11-5.13];

i – кількість контрольованих розмірів;

K – коефіцієнт для розрахунку часу.

$$T_{\text{контр.}} = 1.85 \cdot (0.07 \cdot 2 + 0.09 \cdot 3) = 0.759 \text{ хв}$$

Проводимо розрахунок часу на зміну інструменту за формулою (1.42):

$$T_{\text{зм.ін.}} = K \cdot i \cdot a, \text{ хв} \quad (1.42)$$

де a – час необхідний на зміну одного інструменту, хв;

i – кількість використовуваних інструментів, шт.

$$T_{\text{зм.ін.}} = 1.85 \cdot 4 \cdot 0.035 = 0.324 \text{ хв}$$

Час затрачений на холостій хід розраховуємо за формулою (1.43):

$$T_{\text{х.х.}} = T_{\text{ш.в.і.}} \cdot i \cdot K + T_{\text{ш.п.і.}} \cdot k \cdot K, \text{ хв} \quad (1.43)$$

де $T_{\text{ш.в.і.}}$ – час необхідний для швидкого відводу інструменту, визначається з [18,с.202,к.5.8], хв;

$T_{\text{ш.п.і.}}$ - час необхідний для швидкого підводу інструменту, визначається з [18,с.202,к.5.8], хв;

i, k – кількість використовуваних інструментів, шт.

$$T_{\text{х.х.}} = 0.025 \cdot 4 \cdot 1.85 + 0.03 \cdot 45 \cdot 1.85 = 0.407 \text{ хв}$$

Час на управління верстатом розраховуємо за формулою (1.44):

$$T_{\text{упр}} = T_{\text{вкл-викл}} \cdot i + T_{\text{смор}} \cdot k, \text{ хв} \quad (1.44)$$

де $T_{\text{вкл-викл}}$ – час необхідний для включення та виключення верстата, визначається з [18,с.202,к.5.8], хв;

$T_{\text{смор}}$ - час необхідний для закриття та відкриття захисного екрану, визначається з [18,с.202,к.5.8], хв;

i, k – кількість дій.

$$T_{\text{упр}} = 0.01 \cdot 1.85 \cdot 4 + 0.03 \cdot 1.85 \cdot 4 = 0.296 \text{ хв}$$

За формулою (1.40) проводимо розрахунок допоміжного часу:

$$T_{\text{всп}} = 0.111 + 0.759 + 0.259 + 0.407 + 0.296 = 1.83 \text{ хв}$$

Операційний час на операцію визначається за формулою (1.45):

$$T_{\text{оп}} = T_0 + T_{\text{дод}}, \text{ хв} \quad (1.45)$$

$$T_{\text{оп}} = 5.65 + 1.83 = 7.48 \text{ хв}$$

Додатковий час на операцію розраховуємо за формулою (1.46):

$$T_{\text{дод}} = T_{\text{оп}} \cdot \alpha_{\Sigma}, \text{ хв} \quad (1.46)$$

де α_{Σ} – відсоток додаткового часу, визначається з [18,с.214,к.6.1]:

$$\alpha_{\Sigma} = 6\%$$

$$T_{\text{дод}} = 7.48 \cdot 0.06 = 0.45 \text{ хв}$$

За формулою (1.47) проводимо визначення штучного часу:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{дод}}, \text{ хв} \quad (1.47)$$

$$T_{\text{шт}} = 7.48 + 0.45 = 7.93 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховуємо за формулою (1.48):

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{N}, \text{ хв} \quad (1.48)$$

де N – об'єм партії заготовок, $N = 180$ шт;

$T_{\text{пз}}$ – підготовчо-заключний час який розраховується за формулою (1.49):

$$T_{\text{пз}} = t_{\text{пз1}} + t_{\text{пз2}} + t_{\text{пз3}}, \text{ хв} \quad (1.49)$$

де $t_{\text{пз1}}$, $t_{\text{пз2}}$, $t_{\text{пз3}}$ – нормативи підготовчо-заключного часу, визначається з [18, с.215, к.6.3].

$$T_{\text{пз}} = 7 + 2 + 7 = 16 \text{ хв}$$

За формулою (1.48) розраховуємо штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шт-к}} = 7.93 + \frac{16}{180} = 8.02 \text{ хв}$$

Результати розрахунків заносимо до табл. 1.12.

1.7.2 Операція 020 – токарна з ЧПК

Час необхідний для контролю розмірі за операцією, розраховується за формулою (1.41):

$$T_{\text{контр.}} = 1.85 \cdot (0.07 \cdot 4 + 0.09 \cdot 2) = 0.851 \text{ хв}$$

Проводимо розрахунок часу на зміну інструменту за формулою (1.42):

$$T_{\text{зм.ін.}} = 1.85 \cdot 4 \cdot 0.035 = 0.259 \text{ хв}$$

Час затрачений на холостій хід розраховуємо за формулою (1.43):

$$T_{\text{х.х.}} = 0.025 \cdot 4 \cdot 1.85 + 0.03 \cdot 4 \cdot 1.85 = 0.407 \text{ хв}$$

Час на управління верстатом розраховуємо за формулою (1.44):

$$T_{\text{упр}} = 0.01 \cdot 1.85 \cdot 4 + 0.03 \cdot 1.85 \cdot 4 = 0.296 \text{ хв}$$

За формулою (1.40) проводимо розрахунок допоміжного часу:

$$T_{\text{всп}} = 0.111 + 0.851 + 0.259 + 0.407 + 0.296 = 1.92 \text{ хв}$$

Операційний час на операцію визначається за формулою (1.45):

$$T_{\text{оп}} = 3.47 + 1.92 = 5.39 \text{ хв}$$

Додатковий час на операцію розраховуємо за формулою (1.46):

$$T_{\text{дод}} = 5.39 \cdot 0.06 = 0.32 \text{ хв}$$

За формулою (1.47) проводимо визначення штучного часу:

$$T_{\text{шт}} = 5.39 + 0.32 = 5.72 \text{ хв}$$

Підготовчо-заклучний час який розраховується за формулою (1.49):

$$T_{\text{пз}} = 7 + 2 + 7 = 16 \text{ хв}$$

За формулою (1.48) розраховуємо штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шт-к}} = 5.72 + \frac{16}{180} = 5.81 \text{ хв}$$

Результати розрахунків заносимо до табл. 1.12.

1.7.3 Операція 065 – токарна з ЧПК

Час необхідний для контролю розмірі за операцією, розраховується за формулою (1.41):

$$T_{\text{контр.}} = 1.85 \cdot (0.07 \cdot 12 + 0.09 \cdot 2) = 1.887 \text{ хв}$$

Проводимо розрахунок часу на зміну інструменту за формулою (1.42):

$$T_{\text{зм.ін.}} = 1.85 \cdot 2 \cdot 0.035 = 0.13 \text{ хв}$$

Час затрачений на холостій хід розраховуємо за формулою (1.43):

$$T_{\text{х.х.}} = 0.025 \cdot 2 \cdot 1.85 + 0.03 \cdot 2 \cdot 1.85 = 0.204 \text{ хв}$$

Час на управління верстатом розраховуємо за формулою (1.44):

$$T_{\text{упр}} = 0.01 \cdot 1.85 \cdot 2 + 0.03 \cdot 1.85 \cdot 2 = 0.148 \text{ хв}$$

За формулою (1.40) проводимо розрахунок допоміжного часу:

$$T_{\text{всп}} = 0.111 + 1.887 + 0.13 + 0.204 + 0.148 = 2.48 \text{ хв}$$

Операційний час на операцію визначається за формулою (1.45):

$$T_{\text{оп}} = 4.2 + 2.48 = 6.68 \text{ хв}$$

Додатковий час на операцію розраховуємо за формулою (1.46):

$$T_{\text{дод}} = 6.68 \cdot 0.06 = 0.4 \text{ хв}$$

За формулою (1.47) проводимо визначення штучного часу:

$$T_{\text{шт}} = 6.68 + 0.4 = 7.08 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час який розраховується за формулою (1.49):

$$T_{\text{пз}} = 7 + 2 + 7 = 16 \text{ хв}$$

За формулою (1.48) розраховуємо штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шт-к}} = 7.08 + \frac{16}{180} = 7.17 \text{ хв}$$

Результати розрахунків заносимо до табл. 1.12.

1.7.4 Операція 070 – фрезерна з ЧПК

Час необхідний для контролю розмірі за операцією, розраховується за формулою (1.41):

$$T_{\text{контр.}} = 1.85 \cdot (0.07 \cdot 1 + 0.09 \cdot 5 + 0.08 \cdot 1) = 1.24 \text{ хв}$$

Проводимо розрахунок часу на зміну інструменту за формулою (1.42):

$$T_{\text{зм.ін.}} = 1.85 \cdot 7 \cdot 0.035 = 0.453 \text{ хв}$$

Час затрачений на холостій хід розраховуємо за формулою (1.43):

$$T_{\text{х.х.}} = 0.025 \cdot 7 \cdot 1.85 + 0.03 \cdot 7 \cdot 1.85 = 0.712 \text{ хв}$$

Час на управління верстатом розраховуємо за формулою (1.44):

$$T_{\text{упр}} = 0.01 \cdot 1.85 \cdot 7 + 0.03 \cdot 1.85 \cdot 7 = 0.518 \text{ хв}$$

За формулою (1.40) проводимо розрахунок допоміжного часу:

$$T_{\text{всп}} = 0.111 + 1.24 + 0.453 + 0.712 + 0.518 = 3.03 \text{ хв}$$

Операційний час на операцію визначається за формулою (1.45):

$$T_{\text{оп}} = 32.01 + 3.03 = 35.04 \text{ хв}$$

Додатковий час на операцію розраховуємо за формулою (1.46):

$$T_{\text{дод}} = 35.04 \cdot 0.09 = 3.15 \text{ хв}$$

За формулою (1.47) проводимо визначення штучного часу:

$$T_{\text{шт}} = 35.04 + 3.15 = 38.02 \text{ хв}$$

Підготовчо-заклучний час який розраховується за формулою (1.49):

$$T_{\text{пз}} = 13 + 5 = 18 \text{ хв}$$

За формулою (1.48) розраховуємо штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шт-к}} = 38.02 + \frac{18}{180} = 38.3 \text{ хв}$$

Результати розрахунків заносимо до табл. 1.12.

Таблиця 1.12 – Технологічне нормування операцій

№ оп.	Операції	T_o , хв	$T_{\text{всп}}$, хв	$T_{\text{оп}}$, хв	$T_{\text{дод}}$, хв	$T_{\text{шт}}$, хв	$T_{\text{пз}}$, хв	$T_{\text{шт-к}}$, хв
010	Токарна з ЧПК	5.65	1.83	7.48	0.45	7.93	16	8.02
015	Токарна з ЧПК	3.47	1.92	5.39	0.32	5.72	16	5.81
020	Токарна з ЧПК	4.2	2.48	6.68	0.4	7.08	16	7.17
025	Фрезерна з ЧПК	32.01	3.03	35.04	3.15	38.02	18	38.3

1.8 Розрахунок трьох технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК

Написання програм, для обробки деталі на верстатах з ЧПК, можливо декількома способами: в ручну та за допомогою спеціальних програм.

Так при написанні в ручну програміст проводить описання траєкторії руху інструменту на язиці ISO-7bit, самостійно розраховуючи потрібні координати.

Написання управляючої програми також можливо при використанні спеціальної програм. Однією з таких програм є NX CAN.

У даній роботі проводимо розробку управляючих програм (УП) для трьох операцій за допомогою даної програми.

Першим етапом при розробці УП – є створення моделі деталі та накладеної на неї заготовки (рис. 1.21).



Рисунок 1.21 – Модель деталі та заготовки створені у NX CAD

Потім проводимо поетапне проектування обробки для кожної операції.

Операція 015 – токарна з ЧПК.

Операція поводиться за два установи, та два переходи у кожному установі.

На рисунках 1.22 – 1.25 показані ескізи обробки та фрагменти програм до них.

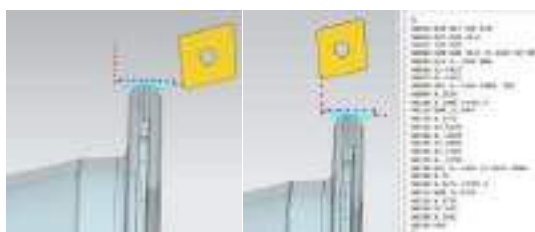


Рисунок 1.22 – Ескіз та програма обробки на токарну операцію 015, установ I перехід 1



Рисунок 1.23– Ескіз та програма обробки на токарну операцію 015, установ I перехід 2

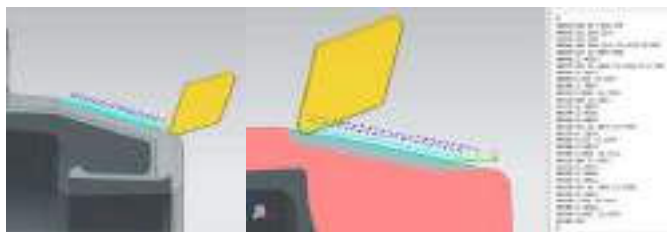


Рисунок 1.24 – Ескіз та програма обробки на токарну операцію 015, установ II перехід 1



Рисунок 1.25 – Ескіз та програма обробки на токарну операцію 015, установ II перехід 2

Операція 065 – токарна з ЧПК.

Операція поводитьься за два переходи.

На рисунках 1.26 та 1.27 показані ескізи обробки та фрагменти програм до них.



Рисунок 1.26 – Ескіз та програма обробки на токарну операцію 065,перехід 1

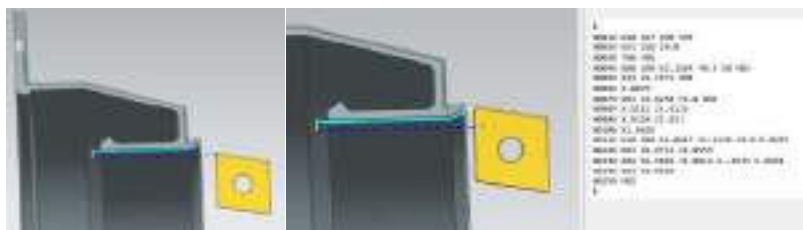


Рисунок 1.27 – Ескіз та програма обробки на токарну операцію 065,перехід 1

3. Операція 070 – фрезерна з ЧПК.

Операція поводитьсь за сім переходів.

На рисунках 1.28 та 1.32 показані ескізи обробки та фрагменти програм до них.

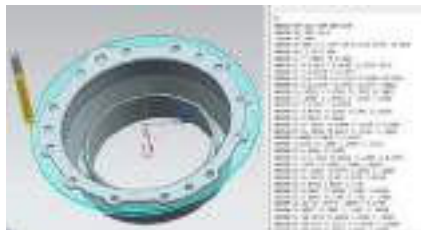


Рисунок 1.28 – Ескіз та програма обробки на фрезерну операцію 070 перехід 1 (фрезерування контуру деталі)

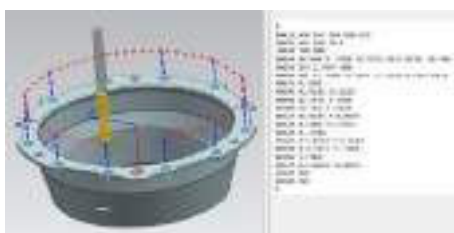


а)

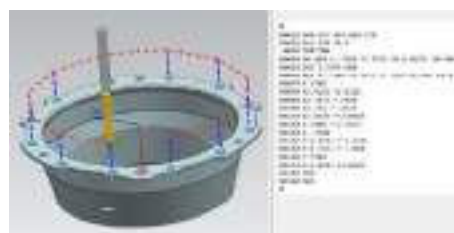


б)

Рисунок 1.29 – Ескіз та програма обробки на фрезерну операцію 070 переходи 2 та 5 (а – свердлити отвір Ø8.8 мм; б – розгортати отвір Ø9 мм)



а)



б)

Рисунок 1.30 – Ескіз та програма обробки на фрезерну операцію 070 переходи 3 та 6 (а – свердлити отвір Ø6.8 мм; б – розгортати отвір Ø7 мм)

Як ми можемо бачити під час свердління та розсортювання траєкторія руху інструментів співпадає, так як інструмент рухається з початкової точки різання до кінцевої.

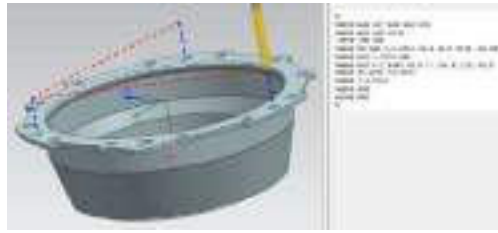


Рисунок 1.31 – Ескіз та програма обробки на фрезерну операцію 070
переходи 4 (свердлити отвір Ø5 мм)



Рисунок 1.32 – Ескіз та програма обробки на фрезерну операцію 070
переходи 7 (фрезерування різьби М6)

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого креслення

Робоче пристосування – це технологічна оснастка яка слугує допоміжним пристроєм при закріпленні деталі на столі верстата для подальшої обробки.

Дані пристосування бувають декількох видів: універсальні, спеціальні та спеціалізовані.

Для виконання обробки деталі на фрезерній операції, у даній роботі, запроектовано пристосування для комплексної обробки.

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристрою

Деталь встановлюється до пристрою для комплексної обробки (рис. 2.1). Завдяки використанню даного пристрою з'являється можливість проведення одразу фрезерної, свердлильної обробок.

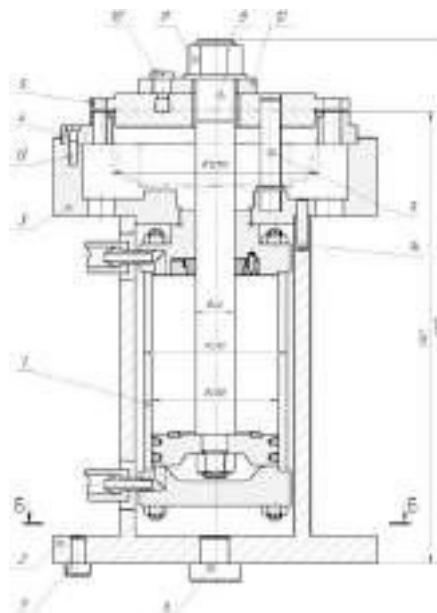


Рисунок 2.1 – Ескіз робочого пристрою для комплексної обробки

Деталь встановлюється у стакан поз. 4, а зверху притискається кондукторною плитою поз. 5. Після чого повертаємо відкидну шайбу поз. 12. Далі у верхню порожнину пневмоциліндр подається стиснене повітря під тиском, шток опускається і деталь закріплюється.

Для розкріплення повітря з верхньої порожнини пневмоциліндр стравлюється, а у нижню подається, за рахунок чого шток піднімається, шайба поз. 12 відкидається, після чого знімається кондукторна кришка поз. 5 і деталь можливо зняти.

2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність

Деталь при встановленні на пристосування матиме відсутніми усі шість ступенів волі (рис. 2.2).

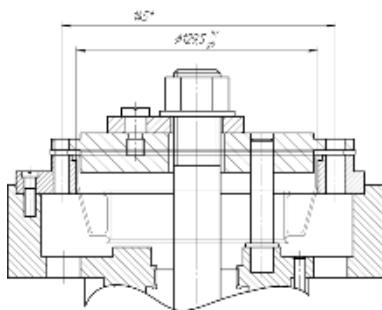


Рисунок 2.2 – Схема встановлення деталі у пристосування

Похибка встановлення – це відхилення фактично досягнутого положення заготовки при встановленні у пристосування від заданого.

Так при встановленні деталі на пристосування необхідно щоб похибка встановлення біло як омога ближчою до нуля.

Так похибка встановлення розраховується за формулою (2.1):

$$\varepsilon_B = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \quad (2.1)$$

де ε_3 - похибка закріплення, мм;

ε_6 - похибка базування, визначається за формулою (2.2):

$$\varepsilon_6 = \frac{S_{max}}{2} \quad (2.2)$$

де S_{max} - максимальний зазор, визначається за формулою (2.3):

$$S_{max} = T_o + T_n + 2 \Delta \quad (2.3)$$

де T_n - допуск пальця, мм;

T_o – допуск отвору, мм;

2Δ - гарантований зазор, мм.

$$S_{max} = 0.12 + 0.015 + 0.01 = 0.145 \text{ мм}$$

Розраховуємо похибку базування за формулою (2.2):

$$\varepsilon_6 = \frac{0.145}{2} = 0.0725$$

Так як напрямок обробки та сила закріплення взаємно перпендикулярні то похибка закріплення буде: $\varepsilon_3 = 0$.

Проводимо розрахунок похибки встановлення згідно формули (2.1):

$$\varepsilon_B = \sqrt{0.0725^2 + 0} = 0.0725$$

Під час розрахунку пристосування яке розробляється на точність встановлюються виконавчі розміри для встановлення деталі.

Розрахунок на точність проводиться за формулою (2.4), у котрій визначається допуск для виконання пристосування:

$$T_H \leq T_{обр} - k_p \cdot \sqrt{(k_1 \cdot \varepsilon_{баз})^2 + \varepsilon_{закр}^2 + (k_2 \cdot w)^2} \quad (2.4)$$

де $T_{обр}$ – допуск на розмір обробки, визначається згідно [19,с,63,т,5.2];
 k_p – коефіцієнт, який враховує відхилення складових величин від закону нормального розпаду, визначається згідно [19,с,63,т,5.2], $k_p = 1 \dots 1.2$;
 k_1 - коефіцієнт, який враховує зменшення похибки базування, визначається згідно [19,с,63,т,5.2], $k_1 = 0.8 \dots 0.85$;
 k_2 - коефіцієнт, який враховує частоту похибки обробки, визначається згідно [19,с,63,т,5.2], $k_2 = 0.6 \dots 0.65$;
 w – середня економічна точність обробки, визначається згідно [19,с,63,т,5.2], $w = 0.1$

$$T_H \leq 0.12 - 1 \cdot \sqrt{(0.8 \cdot 0.0725)^2 + 0^2 + (0.6 \cdot 0.1)^2} = 0.0365 \text{ мм}$$

Проаналізувавши розрахунки проведені вище, можливо зробити висновок, що під час обробки у даному пристосуванні точність обробки витримується.

2.1.3 Визначення необхідної сили затичку. Вибір приводу

Хоч операція і має назву фрезерна, обробка виконуватиметься на ній комплексна. Так буде проводитись свердлення отворів, нарізання різьби та фрезерування. Тому розрахунок сили закріплення необхідно проводити для більшого моменту різання. Для цього необхідно визначити усі моменти різання окремо.

Так як отвори просвердлені повинні бути різних діаметрів то момент різання визначаємо для більшого отвору за формулою (2.5):

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p, \text{ Нм} \quad (2.5)$$

де C_m – коефіцієнт, який визначається з [т2,с.281,табл. 32], $C_m = 0.0345$;

q, y – показники ступеня, які визначаються з [т2,с.281,табл. 32]:

- $q = 2$;

- $y = 0.8$;

K_p – коефіцієнт який враховує фактичні умови обробки, який визначається з [Т2,с.264,табл. 9], $K_p = 1.15$.

$$M_{кр} = 10 \cdot 0.0345 \cdot 8.8^2 \cdot 0.2^{0.8} \cdot 1.15 = 8.5 \text{ Нм}$$

Розраховуємо осьову силу при свердління за формулою (2.6):

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p, \text{ Н} \quad (2.6)$$

де C_p – коефіцієнт, який визначається з [Т2,с.281,табл. 32], $C_m = 68$;

q, y – показники ступеня, які визначаються з [Т2,с.281,табл. 32]:

- $q = 1$;

- $y = 0.7$;

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 8.8^1 \cdot 0.2^{0.7} \cdot 1.15 = 2230.54 \text{ Н}$$

Під час фрезерування момент різання визначаємо за формулою (2.7):

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100}, \text{ Нм} \quad (2.7)$$

де D – діаметр фрези, $D = 15 \text{ мм}$;

P_z – значення сили при фрезеруванні, розраховується за формулою (2.8):

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u}{D^q \cdot n^w} \cdot K_p, \text{ Н} \quad (2.8)$$

де z – число зубців фрези, $z = 2$;

n – частота обертання фрези, $n = 650 \text{ об/хв.}$;

C_p – коефіцієнт, який визначається з [Т2,с.291,табл. 41], $C_p = 82.5$;

q, x, y, u, w - показники ступеня, які визначаються з [Т2,с.291,табл. 41]:

$q = 1.1$

$y = 0.8$

$w = 0$

$x = 0.95$

$u = 1.1$

$$P_z = \frac{10 \cdot 82.5 \cdot 0.04^{0.8} \cdot 2.5^{1.1}}{15^{1.1} \cdot 650^0} \cdot 1.15 = 145.14 \text{ Н}$$

Момент різання визначаємо за формулою (2.7):

$$M_{кр} = \frac{145.14 \cdot 15}{2 \cdot 100} = 10.9 \text{ Нм}$$

Проводимо порівняння розрахованих моментів різання:

$$M_{кр.с.} = 8.5 \text{ Нм} < M_{кр.ф.} = 10.9 \text{ Нм}$$

З порівняння бачимо, що подальший розрахунок сили затиску проводитимемо для моменту різання $M_p = 10.9 \text{ Нм}$.

Силу затиску визначаємо за формулою (2.9):

$$W = \frac{2 \cdot k \cdot M_p}{f \cdot D_\phi} \cdot \left| \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right|, \text{ Н} \quad (2.9)$$

де f – коефіцієнт тертя, $f = 0.16 \dots 0.18$;

k – коефіцієнт запасу закріплення, розраховується за формулою (2.10):

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \quad (2.10)$$

де k_0 – гарантований коефіцієнт запасу, $k_0 = 1.3$;

k_1 – коефіцієнт який враховує зміну сил різання, $k_1 = 1.2$;

k_2 – коефіцієнт який враховує залежить від виду обробки, $k_2 = 1.2$;

k_3 – коефіцієнт який враховує умови переривчатості, $k_3 = 1$;

k_4 – коефіцієнт характеризує затискне устаткування, $k_4 = 1$;

k_5 – коефіцієнт характеризує ручні затискання, $k_5 = 1$;

k_6 – коефіцієнт який враховує лише при наявності крутного моменту, $k_6 = 1.5$;

$$k = 1.3 \cdot 1.2 \cdot 1.2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.5 = 2.808$$

Розраховуємо силу затискання за формулою (2.9):

$$W = \frac{2 \cdot 2.808 \cdot 10.9}{0.18 \cdot 15} \cdot \left| \frac{145^3 - 129.5^3}{145^2 - 129.5^2} \right| = 4521.3 \text{ Н}$$

У даному пристосуванні встановлено пневматичний циліндр. З отриманої сили затискання проводимо розрахунок необхідний діаметр циліндру та визначаємо його силу затиску.

Діаметр циліндра визначається за формулою (2.11):

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot \rho \cdot \eta}} \quad (2.11)$$

де ρ – тиск повітря, $\rho = 0.4 \dots 0.6$ МПа;

η – коефіцієнт корисної дії, $\eta = 0.95$.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 4521.3}{3.14 \cdot 0.4 \cdot 0.95}} = 123.1 \text{ мм}$$

За провідини розрахунками вибираємо параметри пневматичного циліндра, згідно ГОСТ 15608-81:

- діаметр штока – $d = 40$ мм;
- діаметр циліндра – $D = 160$ мм;
- шифр циліндра – 1011-160x100-О4 ГОСТ 15608-81.

За обраними вже параметрами проводимо розрахунок сили затиску даного циліндра за формулою (2.12):

$$Q = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot \rho \cdot \eta}{4}, \text{ кН} \quad (2.12)$$

$$Q = \frac{3.14 \cdot (160^2 - 40^2) \cdot 0.4 \cdot 0.95}{4} = 7159.2 \text{ кН}$$

Отже сила затичку на штоці обраного циліндру більша за розраховану, а отже циліндр обрано вірно.

2.2 Проектування контрольного пристосування

Провівши докладний аналіз конструкції деталі «Фланець» було запроектовано контрольне пристосування для вимірювання биття. Даний пристрій наведено на рис. 2.3.

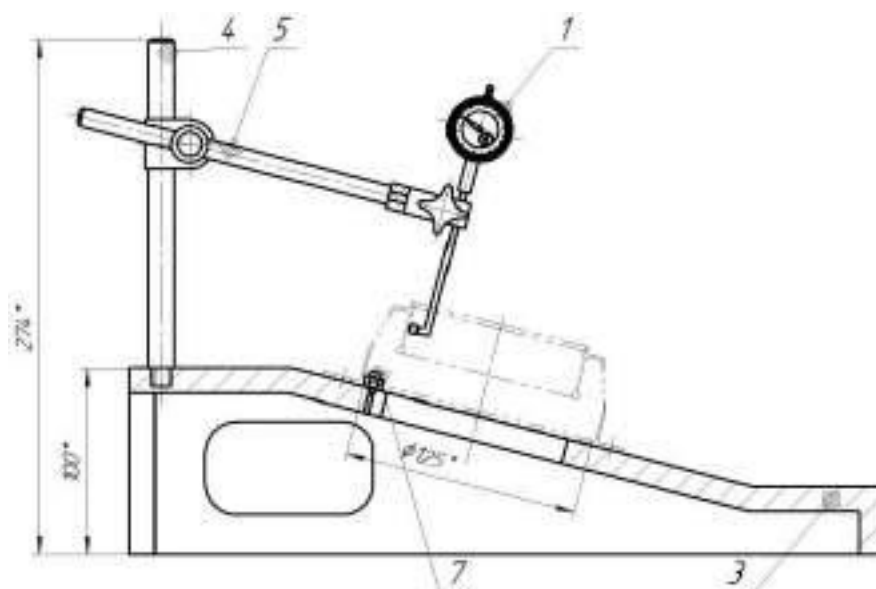


Рисунок 2.3 – Ескіз контрольного пристрою

Дане контрольне пристосування можливо віднести до групи стандартних універсальних контрольних пристроїв вимірювальним приладом у котрому слугує індикаторний годинник.

Деталь одягаємо на ролики поз.4, а ніжку електронного датчика підводимо до перевіряється поверхні. Робочий вручну повертає деталь, на блоці датчиків поз.2 датчики сигналізують яку точність має деталь (брак -, придатний, брак +).

Перед початком контролю партії деталей робочий (контролер) за допомогою еталонів налаштовує електронні індикаторні годинник. Для цього контролер бере еталон, встановлює його, підводить кінчик ніжки до перевіряється поверхні і

починає крутити коліщатко на годиннику, поки не загориться датчик «шлюб-». Робочий змінює еталон і також як і датчик «шлюб-» налаштовує датчик «шлюб +».

Після проведених маніпуляцій робочий під час перевірки зможе побачити придатна деталь чи ні. Якщо під час перевірки деталі датчик показує «брак +» - значить деталь можна ще доопрацювати, якщо показує «брак -» - то деталь забракована, подальшого доопрацювання та експлуатації не підлягає.

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ

Автоматизація контролю розмірів на верстатах з ЧПК

3.1 Основні відомості

У сучасному світі важливу роль при виготовленні будь якого продукту грає роль зменшення затрат та часу на його виробництво.

У машино- та авіабудуванні досягнення більшої економічності можливо багатьма шляхами. Одним з таких напрямків є впровадження та використання контролю отриманих розмірів під час механічної одробки деталей не знімаючи деталі з верстата (рис. 3.1). Завдяки чому відбувається суттєва економія часу.



Рисунок 3.1 – Контроль розміру деталі на верстаті

Проведення контролю на верстатах став можливий завдяки тому, що сучасне обладнання можливо оснащати системами контролю інструмента та деталі. Дані системи поділяються на два види: контактні та безконтактні.

Так безконтактні датчики використовуються у тих випадках коли підвести до деталі або інструменту вимірювальний прилад немає можливості. Перевагою даних датчиків є те, що вимірювання відбувається без застосування складних механізмів [20]. В свою чергу контактні датчики щупами контактують з деталлю чи інструментом та по радіоканалу передають електроні сигнали на носії.

Контактні датчики можливо застосовувати для контролю до початку та по завершенню процесу обробки, у ту ж чергу безконтактні датчики ще можливо застосовувати безпосередньо бід час обробки.

Датчики використовуються, для:

- виміру налаштування інструменту;

- контролю режимів обробки заготовки;
- попереднього та остаточного контролю розмірів деталі.

Усі датчики діляться на декілька типів. Перший тип датчиків видає результати вимірів і оператор повинен самостійно приймати рішення проводити корегування тих чи інших параметрів або ні.

До другого типу датчиків відносяться датчики з автоматичним корегуванням. За результатами проведених вимірів вони проводять корегування потрібних параметрів, у заздалегідь заданому діапазоні.

3.2 Безконтактні датчики

Безконтактні датчики знайшли широке застосування на верстатах, особливо при виробництві складно профільних та відповідальних деталей.

Так до таких датчиків можливо віднести лазерні датчики (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Лазерний датчик

Сутністю вимірювання лазерним датчиком на верстаті є можливість сканування необхідних точок на деталі без зупинки процесу обробки з можливістю внесення автоматичного корегування процесу обробки.

Перевагою даного методу вимірювання на верстатах є:

- високий рівень швидкості проведення вимірів;
- висока точність, яка забезпечує трьохмірні дані за проведеними вимірами.

Прикладом використання таких датчиків є система SORINT.

У системі SORINT виконується регулювання потоку трьохмірних даних точок по усій поверхні деталі та аналіз цих даних у реальному часі [21]. Завдяки чому з'являються нові можливості для виконання автоматичного контролю у процесі обробки заготовки.

3.3 Контактні датчики

Контактні вимірювальні датчики можливо застосовувати на верстатах майже будь з якими габаритами. Велика різноманітність контактних вимірювальних систем дає можливість застосовувати їх на будь якому виді обладнання для механічної обробки і не тільки.

Так перед тим як автоматизувати систему контролю на верстаті необхідно перш за все визначитися з тим, як буде проходити передача даних від датчика до системи ЧПК [21]. Вибір даної системи залежить від системи верстата та вимірювального приладу. На даний час існує чотири основні системи передачі даних: оптична; радіочастотна; індуктивна; провідна.

Оптична система – забезпечує передачу сигналу між датчиком та системою ЧПУ у інфрачервоному діапазоні (рис. 3.3). У свою чергу дана система складається з датчика, приймача оптичного сигналу, інтерфейсу для підключення до верстату та оптичного інтерфейсу верстату. Дану систему використовують для автоматичного контролю на токарних верстатах та обробних центрах.

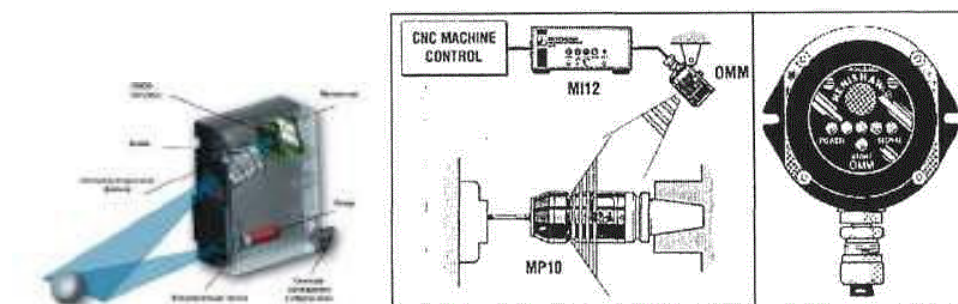


Рисунок 3.3 – Оптична система контролю

Радіочастотна система - забезпечує передачу сигналу між датчиком та системою ЧПУ верстата на великих відстанях (до 15 м.) (рис. 3.4). У свою чергу дана система складається з датчика, радіо-інтерфейсу верстата. Дану систему використовують для автоматичного контролю на портальних обробних центрах та 5-осьових верстатах, верстатах з двома шпинделями.

Індуктивна система – дозволяє передавати сигнал і живить датчик через вузьку щілину між двома індуктивними модулями (рис. 3.5). У свою чергу дана система складається з датчика та індикаторного модуля датчика, індикаторного модуля верстата та інтерфейсу. Дану систему використовують для автоматичного контролю на обробних центрах та токарних верстатах.

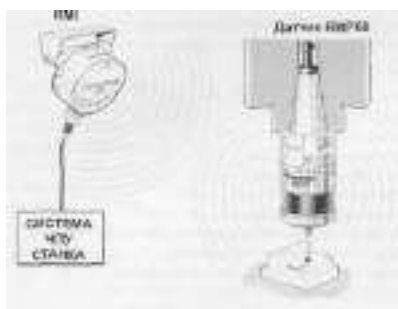


Рисунок 3.4 – Радіочастотна система контролю

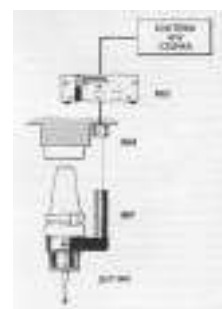


Рисунок 3.5 – Індуктивна система контролю

Дротова система – використовується для наладки інструменту (рис. 3.6). У свою чергу дана система складається з датчика, сигнального кабелю та інтерфейсу. Дану систему використовують для автоматичного контролю на фрезерний, токарних верстатах та обробних центрах.

Більшість контактних датчиків обладнані спеціалізованими щупами (рис. 3.7).

Використання будь якого з методів контролю розмірів деталі та наладки інструменту призводить до зменшення часу на підготовку до обробки. час на проведення вимірів та виключає людський фактор.

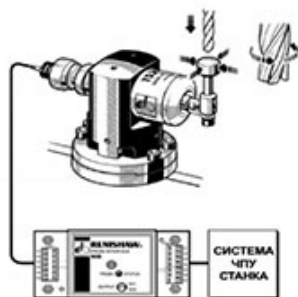


Рисунок 3.6 – Дротова система контролю



Рисунок 3.7 – Спеціалізовані щупи

4 РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ

Розрахунок на міцність – це визначення можливостей супротиву елементу або конструкції у цілому навантаженням.

Міцність – це здатність тіла до супротиву зовнішніх навантажень.

У даній роботі будемо визначати напружено-деформований стан деталі за допомогою спеціального розділу у програмі NX CAM

4.1 Визначення напружено-деформованого стану деталі

Визначення напружено-деформованого стану деталі проводиться за допомогою математичної моделі побудованої у NX CAM (див. розд.1, рис.1.21). Дану модель розбиваємо на кінцеві елементи (рис.4.1), розмір елементів у сітці склав 10 мм.



Рисунок 4.1 – Математична модель деталі розбита на сітку кінцевих елементів

Для проведення визначення небезпечних перетинів та максимального та мінімального навантаження проводимо закріплення деталі та прикладання сили 10Н (рис.4.2).

Закріплення проводимо по діаметру Ø93 мм. А силу прикладаємо до трьох отворів М6.

Результати проведених розрахунків наведені на рис. 4.3.



Рисунок 4.2 – Схема закріплення та прикладання сили до математичної моделі

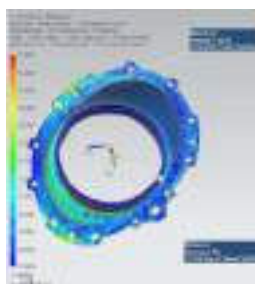


Рисунок 4.3 – Результати проведених розрахунків

4.2 Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конструкції

Виявлення навантажень які можуть виникнути під час експлуатації, а точніше їх наслідків, проводиться на етапі конструювання деталі. Для того щоб підібрати оптимату конструкцію. Тому для даної деталі проведемо зміну розмірів отворів до яких прикладаємо навантаження та перевіримо який з варіантів є оптимальним. Так будемо змінювати розмір з М6 на М5 та М7.

Результати проведених розрахунків наметені на рисунках 4.4 та 4.5.

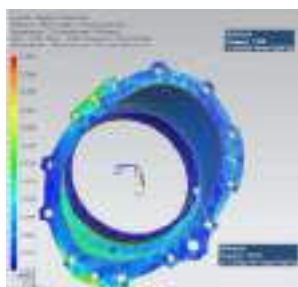


Рисунок 4.4 - Результати проведених розрахунків для М5

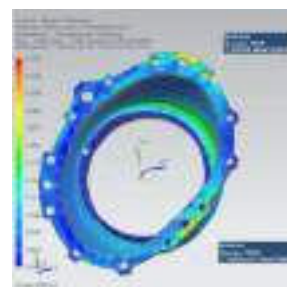


Рисунок 4.5 - Результати проведених розрахунків для М7

За результатами проведених розрахунків створюємо таблицю з даними (табл.4.1). На рис. 4.6 показуємо графік залежності.

Таблиця 4.1 – Залежність напружено-деформованого стану від характеристик отворів.

Параметри отвору, мм	Напруження σ , МПа
M6	0.393
M5	0.390
M7	0.355

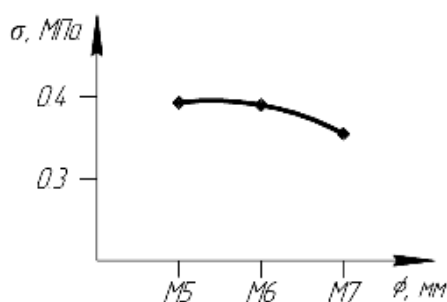


Рисунок 4.6 графік залежності навантаження від параметрів отворів

4.3 Оптимізація

Оптимізація деталі доцільна, але при збільшенні параметрів отворів, тому що у такому випадку максимальне навантаження зменшується. Що у свою чергу призведе до підвищення міцності деталі та дозволить її довшу експлуатацію.

5 СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ. АЗАТУВАННЯ

5.1 Сутність азотування

Азотування - це обробка сталі в процесі її нагрівання в середовищі високого вмісту аміаку [22].

У сучасному виробництві процес азотування набуває все більшої популярності за рахунок того, що азотована поверхня набуває високих показників твердості без залучення у процесі додаткової термообробки. Окрім того, після проведення азотування розмір поверхонь оброблюваної деталі залишається практично незмінним, на відміну від інших методів обробки. Через такі переваги даний процес прийнято застосовувати перед фінішними механічними операціями у ході виготовлення готової деталі.

Азотування застосовують для легованих та вуглецевих сталей. Дані сталі повинні мати вміст вуглецю не більше 0,5. Максимального ефекту при використанні такої технологічної операції вдається домогтися в тому випадку, якщо їй піддаються сталі, в хімічний склад яких входять легуючі елементи, що формують тверді і термостійкі нітриди [23]. Дані сталі під час процесу азотування майже не зміцнюються, що вказано на графіках вплив параметрів азотування на твердість та азотованого шару (рис. 5.1 та 5.2).

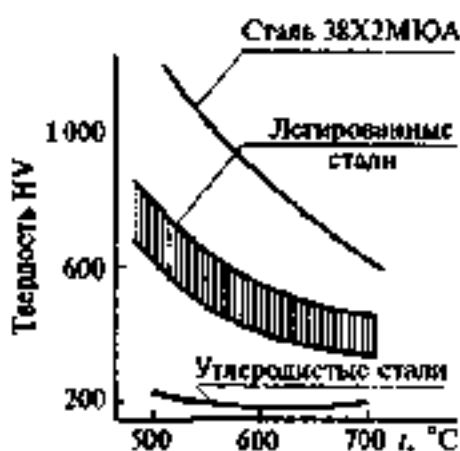


Рисунок 5.1 - Вплив параметрів азотування на твердість

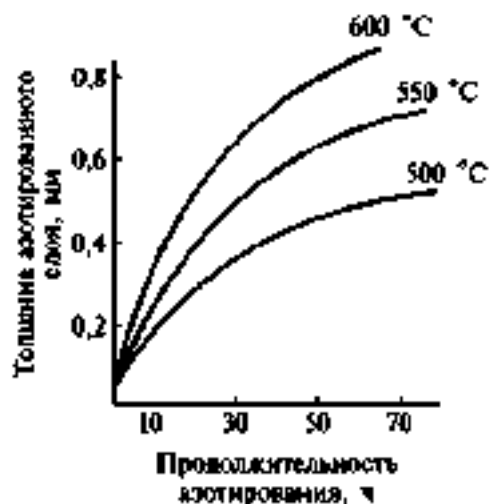


Рисунок 5.2 – Вплив параметрів азотування на товщину азотованого шару

Зазвичай процес азотування ведуть при температурах 500 ... 520 °C. В цьому випадку отримують шар товщиною до 0,5 мм за 24 ... 90 ч. Товщина шару тим більше, чим довше проходить процес (рис. 5.2) [24]. Така тривалість пояснюється слабкою дифузією азоту внаслідок низької температури проведення процесу.

Після виконання азотування, або азотації, як часто називають цей процес, сталь можна відразу ставити під полірування або іншим методам фінішної обробки.

Сам процес азотування рекомендується проводити лише після попередньої термічної обробки, за рахунок котрої проводиться підвищення в'язкості матеріалу деталі. Так при включені у ТП етапу з азотуванням певної поверхні зазвичай притримуються однієї схемі розробки ТП.

Типовий технологічний процес виготовлення деталей, зміцнюючих азотуванням [24]:

- а) заготівельна операція;
- б) попередня механічна обробка;
- в) поліпшення (гартування + високий відпустку);
- г) остаточна механічна обробка, включаючи шліфування;
- д) захист ділянок деталі, які не слід зміцнювати;
- є) азотування;
- ж) доведення (при необхідності).

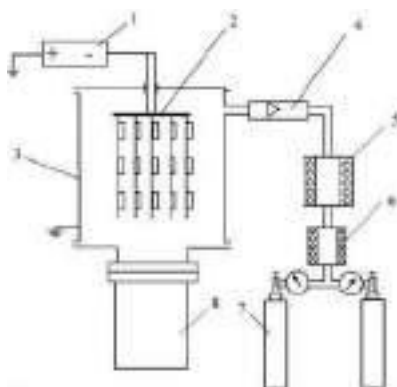
5.2 Процес азотування на фактори які впливають на нього

Азотування проводять у спеціальних герметичних установках (рис. 5.3) у який встановлюється температура 500-600 °С та витримується деталь необхідний час. Схема даної установки приведена на рис. 5.4.

Для проведення даного процесу у середині установки проводиться нагнітання специфічного середовища. До установки під тиском подається аміак, з якого за рахунок впливу температури виділяється атомарний азот.



Рисунок 5.3 – Вакуумна піч для термічної обробки з системою газового азотування



1 – джерело живлення; 2 – вироби які піддаються азотуванню; 3 – вакуумна камера;
4- ротаметр; 5 – фільтр; 6 – фільтр; 7 – лабони з газом; 8 – вакуумний насос.

Рисунок 5.4 – схема установки для азотування

Атомарний азот починає дифузувати в метал, з якого виготовлена обробляється деталь, що призводить до утворення на її поверхні нітридів, що характеризуються високою твердістю. Для фіксації результатів деталь яка знаходиться в установці проходить процес поступового охолодження.

Процеси, які відбуваються в поверхневому шарі сталевого виробу при його азотуванні, досить складні, але вже добре вивчені фахівцями металургійної галузі [23]. У результаті протікання таких процесів в структурі оброблюваного металу формуються наступні фази:

- твердий розчин Fe_3N , що характеризується вмістом азоту в межах 8-11,2%;
- твердий розчин Fe_4N , азоту в якому міститься 5,7-6,1%;
- розчин азоту, що формується в α -залізі.

Додаткова α -фаза в структурі металу формується тоді, коли температура азотування починає перевищувати 591 °С. У той момент, коли ступінь насичення даної фази азотом досягає свого максимуму, в структурі металу формується нова фаза. Евтектоїдний розпад в структурі металу відбувається тоді, коли ступінь його насичення азотом досягає рівня 2,35%.

На даний час існують декілька факторів, які впливають на процес азотування металів. Такими факторами є: температурний режим, при якому проводиться процес азотування; тиск з яким газ подається до установки; час який деталь витримується у печі при заданій температурі.

На ефективність протікання такого процесу також впливає ступінь дисоціації аміаку, яка, як правило, знаходиться в інтервалі 15-45% [23]. При підвищенні температури азотування твердість формованого шару знижується, але процес дифузії азоту в структуру металу прискорюється. Зниження твердості поверхневого шару металу при його азотуванні відбувається через коагуляції нітридів легуючих елементів, що входять до його складу.

Процес азотування можливо проводити у трьох середовищах: аміачно-пропанове, тліюче та рідке середовище.

При азотуванні у аміачно-пропановому середовищі метал підтягається обробці газом, який за структурою складається з 50% аміаку та 50% пропану, чи аналогічно за пропорціями суміші аміаку та ендогазу. У такому середовищі деталь витримується зазвичай близько трьох годин за температурою 570 °С. Азотований

шар, при даному методі характеризується невеликою товщиною. Але зносостійкість і міцність у нього набагато вище, ніж у шару, отриманого за звичайною методикою [23].

При азотуванні у тліючому розчині використовуються аналогічні суміші, як і у попередньому методі. Але вони піддаються метод тліючого розряду. При даному методі деталь виступає як негативно заряджений електрод, а тара - позитивно заряджений. При застосуванні даної техніки азотування можливо скоротити час, який затрачається на процедуру у 2-3 рази. Даний процес азотування проходить у два етапи. Під час першого етапу проходить розпилення речовини під тиском 0.2 мм ртутного стовпчика, навантаженні 1400 В та температурі середовища до 250 °С на протязі від 5 до 60 хв. На другому етапі тиск нагнітається від 1 до 10 мм ртутного стовпчика, а навантаження становить від 400 до 1100 В, сам етап триває від 1 до 24 годин.

Азотування у рідкому середовищі являє собою досить ефективний процес азотування, який проходить в розплавленому ціанистим шарі при 570 °С протягом 30-180 хв.

На рис. 5.5 показана схема класифікації азотування.

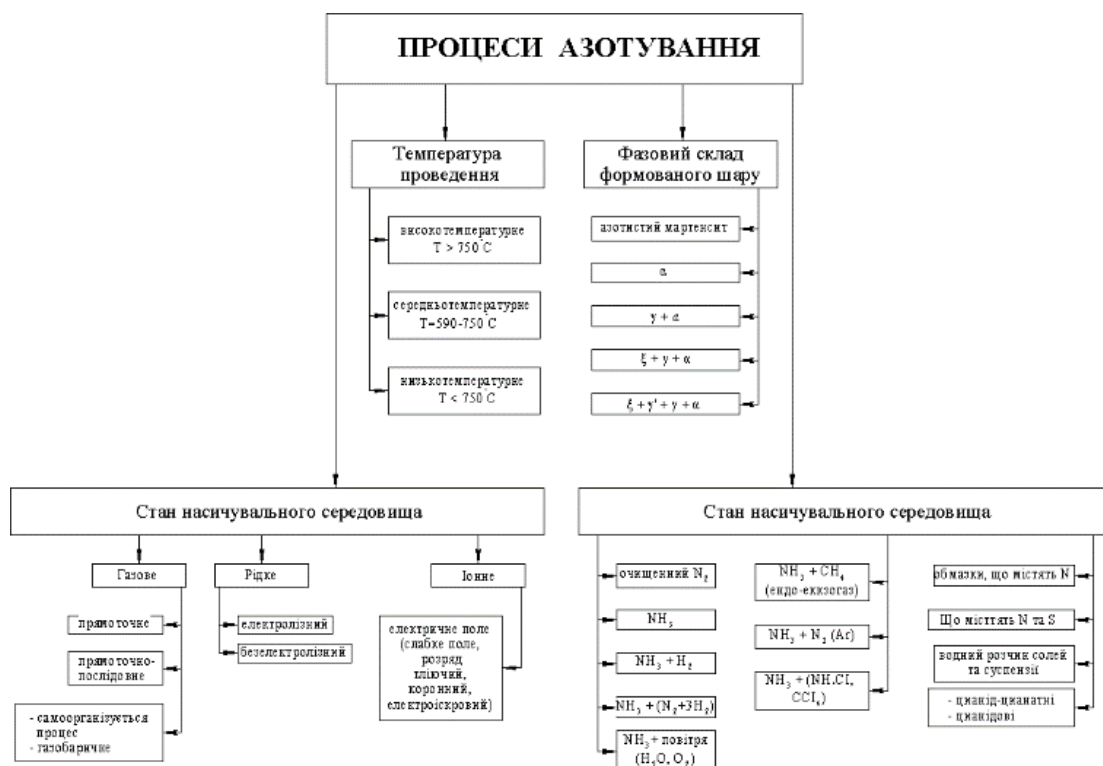


Рисунок 5.5 – Класифікації азотування

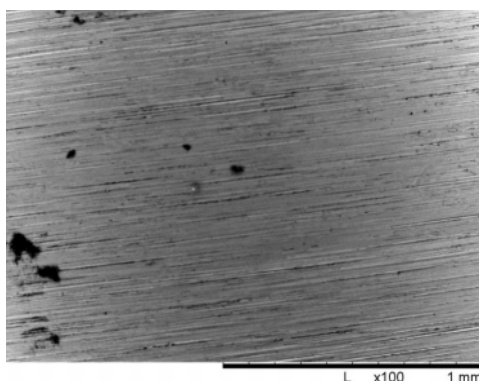
5.3 Структура та властивості сталі 30ХГСА після азотування

Для проведення азотування сталі 30ХГСА використовуватимемо суміш $\text{Ar}+\text{N}_2+\text{CH}_4+\text{H}_2$ [26].

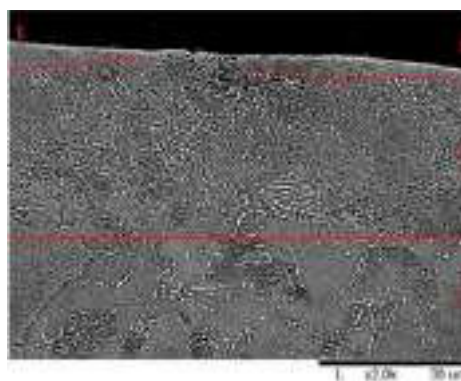
У ході процесу азотування змінилася структура металу. Так на рис. 5.6 показано структурну поверхню деталі після чистової обробки.

На рис. 5.6 показано ступінь зміни структури. Як видно структура поверхневого шару стала перлитною, а саме шар цементиту зменшився відносно початкового виду, а от карбід навпаки виділились рівномірно за усім об'ємом.

Як видно на поверхні деталі яка піддалась азотуванню з'являється тонкий азотований білий шар товщиною у 3...5 мкм, Даний шар дуже насичений азотом, а його структуру можливо назвати мартенситною (рис. 5.7).



а



б

Рисунок 5.6 – Структура поверхні деталі: а – після чистової обробки; б – після азотування (1 – азотований шар; 2 – зона термічного впливу; 3 – вихідна структура)

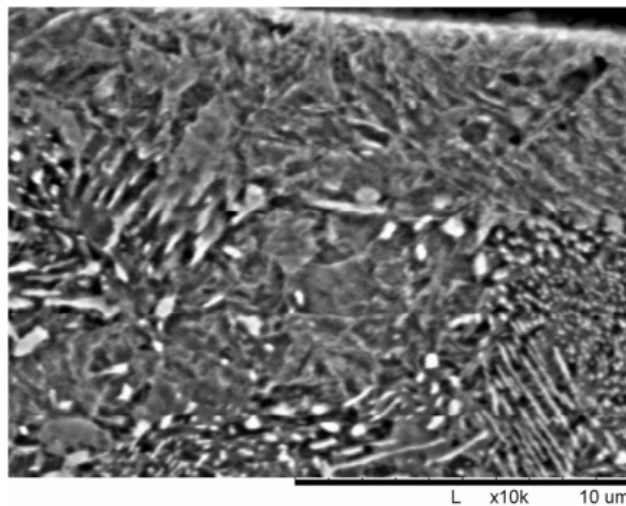


Рисунок 5.7 – Структура азотованого шару сталі 30ХГСА

Після азотування структура поверхневого шару змінюється, що в свою чергу значною мірою підвищує твердість, а отже и подовжує час експлуатації деталі.

5.4 Висновок

Азотування як процес підвищення властивостей матеріалу є найбільш популярним. Але у той ж час даний процес має як свої переваги так і свої недоліки.

Перевагами процесу азотування те малів можливо назвати:

- висока твердіть азотованої поверхні;
- збереження твердості при нагріванні понад 500 °С;
- висока корозійна стійкість азотованої поверхні.

Недоліками даного методу, є:

- невелика глибина азотованого шару;
- спостерігається досить різкий перепад твердості від зміцненого шару до не зміцненого.

Під азотування підпадають деталі які працюють відповідальних виробках та коли певна поверхня або ціла деталь повинна мати високий ступінь зносостійкості, добру корозійну стійкість.

6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ АБО ЗАХОДІВ

У даному розділі проведемо порівняння економічної ефективності однієї і тієї операції виконаної двома методами. Порівняння проводитимемо для токарної операції 015, яка у першому випадку виконується на токарному верстаті з ЧПК моделі MDW-20S, а у другому – на обробному центрі GLS-1500/L.

Проводимо визначення необхідної кількості верстатів на дану операцію за формулою (6.1):

$$n_p = \frac{t_{\text{шт-к}}}{\tau}, \text{ шт} \quad (6.1)$$

де $t_{\text{шт-к}}$ – штучно калькуляційний час на операцію:

- $t_{\text{шт-к}1} = 15.39$ хв;

- $t_{\text{шт-к}2} = 8.02$ хв;

τ – такт випуску, розраховується за формулою (6.2):

$$\tau = \frac{F_d \cdot 60}{N}, \text{ хв} \quad (6.2)$$

де F_d – дійсний річний форт роботи у 2020 році, $F_d = 4015$ год;

N - річна програма випуску, $N = 4500$ шт.

$$\tau = \frac{4015 \cdot 60}{4500} = 53.53 \text{ хв}$$

Проводимо розрахунок кількості верстатів:

$$n_{p1} = \frac{15.39}{53.53} \approx 0.15 = 1 \text{ шт} \quad n_{p2} = \frac{8.02}{\tau} \approx 0.29 = 1 \text{ шт}$$

Для визначення економічної ефективності проводимо визначення економічний ефект за формулою (6.3):

$$E_e = (C_1 \cdot N + E_1 \cdot Ц_1 \cdot n_1) - (C_2 \cdot N + E_2 \cdot Ц_2 \cdot n_2), \text{ грн} \quad (6.3)$$

де E – нормативний коефіцієнт ефективності;

$Ц$ – вартість обладнання,:

- $Ц_1$ = грн;

- $Ц_2$ = грн;

C – технологічна собівартість, визначається за формулою (6.4):

$$C = (З_p + З_n + E + П + И + А + О + Р) \cdot t_{шт-к}, \text{ грн} \quad (6.4)$$

де P – витрати на ремонт обладнання, грн;

$И$ – витрати на інструмент, грн.;

$П$ – витрати на пристосування, грн.;

$О$ – витрати на ремонт обладнання, грн;

A – витрати на амортизацію обладнання, грн;

E – норми витрат на електроенергію, грн /год;

$З_n$ – заробітна плата наладчика, грн/хв;

$З_p$ – заробітна плата робітника, розраховується за формулою (6.5):

$$З_p = З_t \cdot K, \text{ грн} \quad (6.5)$$

де $З_t$ – тарифна хвилинна заробітна плата робочого з урахуванням начислень діючих на базовому підприємстві, згідно [25,табл. 2.18,с.94];

K – коефіцієнт перевиконання норми [25,с.93]:

$$З_{p1} = 0.912 \cdot 1.2 = 1.1 \text{ грн} \quad З_{p2} = 1.414 \cdot 1.2 = 1.7 \text{ грн}$$

Проводимо розрахунок заробітної плати наладчика за формулою (6.6):

$$З_n = З_t \cdot K, \text{ грн} \quad (6.6)$$

де $З_t$ – тарифна хвилинна заробітна плата наладчика з урахуванням начислень діючих на базовому підприємстві, згідно [25,табл. 2.18,с.94];

$$З_{н1} = 1.414 \cdot 1.2 = 1.7 \text{ грн} \quad З_{н2} = 1.414 \cdot 1.2 = 1.7 \text{ грн}$$

Проводимо розрахунок норми витрат на електроенергію за формулою (6.7):

$$E = \frac{N \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot C_e}{60}, \text{ грн/год} \quad (6.7)$$

де N – потужність верстата:

- $N_1 = 14 \text{ кВт};$

- $N_2 = 11 \text{ кВт};$

K_1 – коефіцієнт який враховує використання електроенергії за потужністю [25,табл. 2.19,с.94];

K_2 – коефіцієнт який враховує використання електроенергії за часом [25,табл. 2.19,с.94];

C_e – вартість 1 кВт/год електроенергії у 2020 році, грн., $C_e=2.24 \text{ грн.}$

$$E_1 = \frac{14 \cdot 0.8 \cdot 0.7 \cdot 2.24}{60} = 0.29 \text{ грн/год}$$

$$E_2 = \frac{11 \cdot 0.6 \cdot 0.5 \cdot 2.24}{60} = 0.12 \text{ грн/год}$$

Витрати на амортизацію за рік визначаємо за формулою (6.8):

$$A = \frac{A_r \cdot 100}{F_d \cdot 60}, \text{ грн} \quad (6.8)$$

де A_r – амортизаційні нарахування за рік, визначаються за формулою (6.9):

$$A_r = \frac{\alpha_1 \cdot 1.15 \cdot Ц}{100}, \text{ грн} \quad (6.9)$$

де α_1 – відсоток відрахувань від балансової вартості обладнання [25,с.92].

$$A_{r1} = \frac{15 \cdot 1.15 \cdot 1900000}{100} = 327750 \text{ грн}$$

$$A_{r2} = \frac{15 \cdot 1.15 \cdot 2666580}{100} = 459985.1 \text{ грн}$$

Розраховуємо витрати на амортизацію по формулі (6.8):

$$A_1 = \frac{327750 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 136.1 \text{ грн}$$

$$A_2 = \frac{459985.1 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 190.9 \text{ грн}$$

Нарахування за обслуговування за рік визначаємо за формулою (6.10):

$$O = \frac{O_r \cdot 100}{F_d \cdot 60}, \text{ грн} \quad (6.10)$$

де O_r – нарахування на обслуговування за рік, визначаються за формулою (6.11):

$$O_r = \frac{\alpha_2 \cdot 1.15 \cdot Ц}{100}, \text{ грн} \quad (6.11)$$

де α_2 – відсоток відрахувань від балансової вартості обладнання [25, с.92].

$$O_{r1} = \frac{0.5 \cdot 1.15 \cdot 1900000}{100} = 10925 \text{ грн}$$

$$O_{r2} = \frac{0.5 \cdot 1.15 \cdot 2666580}{100} = 15332.8 \text{ грн}$$

Розраховуємо нарахування за обслуговування по формулі (6.10):

$$O_1 = \frac{10925 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 4.5 \text{ грн}$$

$$O_2 = \frac{15332.8 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 6.4 \text{ грн}$$

Витрати на ремонт обладнання розраховуємо згідно формули (6.12):

$$P = \frac{P_r \cdot 100}{F_d \cdot 60}, \text{ грн} \quad (6.12)$$

де P_r –нарахування на ремонт за рік, визначаються за формулою (6.13):

$$P_r = \frac{\alpha_3 \cdot 1.15 \cdot Ц}{100}, \text{ грн} \quad (6.13)$$

де α_3 – відсоток відрахувань від балансової вартості обладнання [25,с.92].

$$P_{r1} = \frac{4.5 \cdot 1.15 \cdot 1900000}{100} = 98325 \text{ грн}$$

$$P_{r2} = \frac{4.5 \cdot 1.15 \cdot 2666580}{100} = 137995.5 \text{ грн}$$

Розраховуємо витрати на ремонт по формулі (6.12):

$$P_1 = \frac{98325 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 40.8 \text{ грн}$$

$$P_2 = \frac{137995.5 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 57.3 \text{ грн}$$

Витрати на інструмент визначаємо згідно [25,с.94,табл. 2.20]: $I=0.092$ грн

Так як в обох випадках для закріплення деталі на верстаті не передбачено спеціального пристосування, то витрат на нього не передбачено, тобто: $\Pi = 0$ грн.

Виконуємо розрахунок технологічної собівартості згідно формули (6.4):

$$C_1 = (1.1 + 1.7 + 0.29 + 0 + 0.092 + 136.1 + 4.5 + 40.8) \cdot 15.3 = 2840.7 \text{ грн}$$

$$C_2 = (1.7 + 1.7 + 0.12 + 0 + 0.092 + 190.1 + 6.4 + 57.3) \cdot 8.02 = 2064.4 \text{ грн}$$

Економічну ефективність розраховуємо за формулою (6.3):

$$E_e = (2840.7 \cdot 4500 + 0.15 \cdot 1900000 \cdot 1) - \\ - (2064.4 \cdot 4500 + 0.15 \cdot 266580 \cdot 1) = 3378363 \text{ грн}$$

Проведений розрахунок економічної ефективності показав, що більш економічно вигідніше виготовляти деталь на обробному центрі GLS-1500/L.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

При виконанні даної магістерської роботи проводиться складання ТП виготовлення деталі «Фланець». З огляду на це відповіді на поставлені питання у даному розділі будуть дані відносно роботи у механічному цесі в цілому.

У додатку В будуть розглянуті такі питання, як: аналіз потенційних небезпек; заходи по забезпеченню техніки безпеки; заходи по забезпеченню виробничої та гігієнічної санітарії праці; заходи з пожежної безпеки; заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях.

А зараз можливо сказати, що охорона праці це - система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Недотримання правил и вимог нормативно-правових актів та законів України може призвести до негативних наслідків, травмуванню або погіршенню здоров'я фахівців, появі професійних захворювань, втраті працездатності працівника.

ВИСНОВКИ

В процесі виконання магістерської роботи було проведено розробку ТП виготовлення деталі «Фланець».

Визначено метод отримання заготовки та призначені припуски для отримання заготовки. Розраховано режими різання та технічне нормування на вказані операції згідно методичних вказівок. Виконано проектування контрольного та робочого пристосування, що підвищують швидкість та якість обробки. Проведено виконання спеціального завдання на тему: «Азотування». В програмі NX CAM біло проведено дослідження деталі на міцність. Також спроектовано обробку на три операції у NX CAM. Та визначено економічну ефективність від впровадження нового обладнання.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. AI-22. Вікіпедія. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%86-22>.
2. Сталь марки 30ХГСА. Ареал. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://areal-metal.ru/spravka/stal-30hgsa>.
3. Сталь марки 30ХГСА. Центральный металлический портал РФ. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://metallicheskiy-portal.ru/marki_metallov/stk/30XGSA.
4. Термічна обробка. Вікіпедія. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D1%80%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BA%D0%B0.
5. Загартування. Stud. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://stud.com.ua/73700/tehnika/zagartuvannya>.
6. Визначення типу і форми організації виробництва. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5993148/page:4/>.
7. Організація виробництва на підприємстві. Економіка та організація виробництва. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fmib/35prychera_ekonomika_ta_organizaciya_vyrobni_ctva/6.html.
8. Організація виробництва і забезпечення якості продукції. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://msn.khnu.km.ua/pluginfile.php/51578/mod_resource/content/0/t_12.htm.
9. Визначення типу виробництва. Студопедія. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://studopedia.com.ua/1_190207_viznachennya-tipu-virobnitstva.html.
10. Виды штамповки металла. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://promplace.ru/obrabotka-metallov-staty/shtampovka-metalla-1537.htm>.
11. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Технологии машиностроения» (раздел – проектирование технологических процессов), для студентов направления 6.050502. Специальности «Металлорежущие

станки и системы» всех форм обучения / Сост.: А.В.Алексеев. – Запорожье: ЗНТУ, 2011. – 86с.

12. Приложения к методическим указаниям для выполнения практических занятий по дисциплинам «Технологические основы машиностроения», «Технология машиностроения», «Теоретические основы технологии изготовления деталей и сборки машин» для студентов специальности 6.05050201 – технология машиностроения всех форм обучения // Сост.: В.И. Ципак (переиздание 2-е). Под ред., Гончар Н.В. – Запорожье: ЗНТУ, 2012 – 62 с.

13. Проектування маршруту обробки заготовки. Студопедія. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://studopedia.org/12-37811.html>.

15. Складання маршруту обробки деталей. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5398887/page:2/>.

16. А.Г. Косилова Справочник технолога-машиностроителя [Текст]:/ В 2т. Т.1./ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова; 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с.

17. А.Г. Косилова Справочник технолога-машиностроителя [Текст]:/ В 2т. Т.2./ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова; 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 496 с.

18. Горбачев А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: [Учебное пособие для машиностроительных специальностей вузов] – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1983 – 256 с.

19. Богуслаев В.А. Станочные приспособления: монография / В. А. Богуслаев, В. А. Леховицер, А. С. Смирнов. – Запорожье: ОАО «Мотор-Сич», 2004 – 461 с.

20. Конструктивні особливості верстатів з ЧПУ. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://studopedia.su/12_12346_lektsiya--konstruktivni-osoblivosti-verstativ-z-chpu.html.

21. Контроль точности обработки изделий на станках с ЧПУ при помощи PowerINSPECT OMV. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://sapr.ru/article/23077>.

22. Методика, преимущества и этапы процесса азотирования стали. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://stanok.guru/stal/metodika-preimuschestva-i-etapy-processa-azotirovaniya-stali.html>.

23. Азотирование стали: назначение, технология и разновидности процесса. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://metall.org/obrabotka/himicheskaya/azotirovanie-stali-metalla-ionnoe.html>.

24. Азотирование. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://ukrintech.com.ua/materialovedenie-metalloobrabotka/106-glava-5-termicheskaya-obrabotka/264-glava-5-5-5-5-2-5-5-2-3-azotirovanie>.

25. Методичні вказівки до дипломного проектування з технології авіадвигунобудування і машинобудування для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» (8.090202) та «Технологія будування авіаційних двигунів» (7.900260) усіх форм навчання. / ЗНТУ; уклад.: В. К. Яценко, В. І. Ципак, Є. Я. Коренєвський [та ін]. – Запоріжжя, ЗНТУ, 2003. – 245.

ДОДАТОК А

Лист 1		Формат Знак	Тема	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
					Документация		
		A2		НУЗП 293224.010 СК	Складальные кресления		
					Сборочные единицы		
			1		Пневматический цилиндр ГОСТ 15608-81	1	
					Детали		
			2		Корпус	1	
			3		Стакан	1	
			4		Основа	1	
			5		Кондукторная плита	1	
			6		Палец $\Phi 32$	1	
			7		Палец $\Phi 16$	1	
			8		Шток	1	
					Стандартные изделия		
			3		Болт М6-6д 24.0 ГОСТ 7798-70	1	
			10		Болт М12-6д 25.5 ГОСТ 7798-70	1	
			11		Гайка М25-6Н ГОСТ 14087-69	1	
		НУЗП 293224.010					
		Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
		Разработ	Полудин О.С.				
		Проб.	Логотин В.О.				
		Нач.пр.	Высочинский Е.В.				
		Упр.	Дядин С.И.				
		Пристосованная для комплексной обработки				Лист 1 Лист 2	
		Копирован				НУЗП 29.М3-119М Формат А4	

[illegible]

Keywords: *Self-esteem, self-esteem threat, self-esteem threat effects, self-esteem threat effects on self-esteem, self-esteem threat effects on self-esteem, self-esteem threat effects on self-esteem*

Deussen A4

ДОДАТОК Б

Лист 1		Формат А4	Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
Лист 2					Документация		
Лист 3							
Лист 4					Сборочные единицы		
Лист 5			1		Электронный индикаторный годинник	1	
Лист 6			2		Блок датчиков	1	
Лист 7					Детали		
Лист 8			3		Плита	1	
Лист 9			4		Стойка	1	
Лист 10			5		Планка	1	
Лист 11			6		Ролик	2	
Лист 12					Стандартные изделия		
Лист 13			7		Болт 2x5,5 ГОСТ 7798-70	2	
Лист 14							
Лист 15							
Лист 16							
Лист 17							
Лист 18							
Лист 19							
Лист 20							
Лист 21							
Лист 22							
Лист 23							
Лист 24							
Лист 25							
Лист 26							
Лист 27							
Лист 28							
Лист 29							
Лист 30							
Лист 31							
Лист 32							
Лист 33							
Лист 34							
Лист 35							
Лист 36							
Лист 37							
Лист 38							
Лист 39							
Лист 40							
Лист 41							
Лист 42							
Лист 43							
Лист 44							
Лист 45							
Лист 46							
Лист 47							
Лист 48							
Лист 49							
Лист 50							
Лист 51							
Лист 52							
Лист 53							
Лист 54							
Лист 55							
Лист 56							
Лист 57							
Лист 58							
Лист 59							
Лист 60							
Лист 61							
Лист 62							
Лист 63							
Лист 64							
Лист 65							
Лист 66							
Лист 67							
Лист 68							
Лист 69							
Лист 70							
Лист 71							
Лист 72							
Лист 73							
Лист 74							
Лист 75							
Лист 76							
Лист 77							
Лист 78							
Лист 79							
Лист 80							
Лист 81							
Лист 82							
Лист 83							
Лист 84							
Лист 85							
Лист 86							
Лист 87							
Лист 88							
Лист 89							
Лист 90							
Лист 91							
Лист 92							
Лист 93							
Лист 94							
Лист 95							
Лист 96							
Лист 97							
Лист 98							
Лист 99							
Лист 100							

НУЗП 401386.010

Приспособления
для контроля
бития

Копировал

Лист 1

Лист 2

Лист 3

Лист 4

Лист 5

Лист 6

Лист 7

Лист 8

Лист 9

Лист 10

Лист 11

Лист 12

Лист 13

Лист 14

Лист 15

Лист 16

Лист 17

Лист 18

Лист 19

Лист 20

Лист 21

Лист 22

Лист 23

Лист 24

Лист 25

Лист 26

Лист 27

Лист 28

Лист 29

Лист 30

Лист 31

Лист 32

Лист 33

Лист 34

Лист 35

Лист 36

Лист 37

Лист 38

Лист 39

Лист 40

Лист 41

Лист 42

Лист 43

Лист 44

Лист 45

Лист 46

Лист 47

Лист 48

Лист 49

Лист 50

Лист 51

Лист 52

Лист 53

Лист 54

Лист 55

Лист 56

Лист 57

Лист 58

Лист 59

Лист 60

Лист 61

Лист 62

Лист 63

Лист 64

Лист 65

Лист 66

Лист 67

Лист 68

Лист 69

Лист 70

Лист 71

Лист 72

Лист 73

Лист 74

Лист 75

Лист 76

Лист 77

Лист 78

Лист 79

Лист 80

Лист 81

Лист 82

Лист 83

Лист 84

Лист 85

Лист 86

Лист 87

Лист 88

Лист 89

Лист 90

Лист 91

Лист 92

Лист 93

Лист 94

Лист 95

Лист 96

Лист 97

Лист 98

Лист 99

Лист 100

НУЗП

ЗРМЗ-119М

Формат А4

ДОДАТОК В

ОХОРОНА ПРАЦІ

В.1 Аналіз потенційних небезпек

Оскільки тема магістерського проекту "Забезпечення несучої здатності тонкостінних деталей гтд типу «Фланець» технологічними методами", тому нижче розглянемо заходи з охорони праці, виробничої санітарії та гігієни праці, пожежної безпеки, що необхідно передбачити під час виконання робіт згідно технологічного процесу [B1]. На підставі аналізу умов роботи, згідно ГОСТ 12.0.003-74 (1999) "ССБТ. Небезпечні і шкідливі виробничі чинники. Класифікація", виявлені наступні небезпечні і шкідливі виробничі чинники, здатні привести до травм і погіршення здоров'я працівників і завдати шкоди довкіллю :

1. Механічні травми, внаслідок організаційних причин:

а) нераціонального планування робочого місця чи недостатньої площі робочого приміщення [B2];

б) захащення робочого місця та проходів в умовах відсутності достатньої кількості шаф, полиць, стелажів;

в) існує небезпека падіння співробітників на сходах, підковзування при слизькому взутті або на слизькій підлозі чи сходах після вологого прибирання;

г) недостатнє освітлення в коридорах може ускладнювати переміщення працюючих, а іноді навіть привести до травмування.

2. Поразка електрострумом, у зв'язку з невиконанням правил техніки безпеки при використанні електроустаткування, відсутності захисного заземлення. Ступінь ураження людини залежить від багатьох факторів: її фізичного стомлення, індивідуального опору впливу електричного струму, частоти струму, часу впливу, шляху проходження через тіло людини, від зовнішніх факторів, наприклад вологості у приміщенні [B3].

3. Кістково-м'язові порушення, у зв'язку з довгим статичним навантаженням під час виконання роботи у позі «стоячи», яке призводить до стомлення, збільшенню помилок, погіршення загальної уваги.

4. Нервово-емоційне напруження, в наслідок виконання роботи в умовах дефіциту інформації та часу, призводять до втоми і перевтоми, а з часом до захворювань серцево-судинної системи;

5. Психофізіологічні навантаження, що більш притаманні робітникам, які виконують інтелектуально-керівні функції, працюють з людьми різного типу темпераменту, в умовах інтенсивної та складної роботи, можуть також стати причиною нервово-психологічного напруження та привести до захворювань серцево-судинної системи.

6. Професійний стрес, пов'язаний з необхідністю прийняття нестандартних рішень та значимістю помилок при реалізації цих рішень, може супроводжуватись напруженням вегетативних функцій (підвищенням рівня пульсу, кров'яного тиску, пітливістю, зміною температурної реакції шкіри) та привести до серцево-судинних захворювань.

7. Санітарно-гігієнічні причини:

а) втома очей внаслідок пульсації світлового потоку від ламп типу ДРЛ, яка впливає на погіршення зору при управлінні технологічним процесом і устаткуванням;

б) недостатнє природне освітлення також негативно впливає на орган зору та якість роботи;

в) підвищений рівень шуму, що виникає при значній кількості працюючих в одному приміщенні, може привести до дратівливості, збільшення помилок;

г) в умовах зниження температури у приміщенні можливе охолодження і переохолодження організму. Це призводить до погіршення імунітету, збільшенню частоти простудних захворювань, ОРВІ, грипу

8. Вірогідність пожежі у зв'язку з несправністю електричного устаткування, не дотримання або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом.

9. Неправильні дії персоналу, паніка в умовах надзвичайних ситуацій, що може привести до травмування і загибелі людей.

В.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки

Для забезпечення безпеки кожен працівник повинен дотримуватись заходів з охорони праці, до яких належать дотримання правил техніки безпеки та особистої гігієни, дотримання виробничої дисципліни і правил внутрішнього розпорядку, утримання в чистоті і порядку робочого місця, дотримання місцевих виробничих інструкцій, при необхідності застосування індивідуальних захисних засобів, крім того, кожен повинен вміти надати першу медичну допомогу при невідкладних станах.

Для всіх працівників необхідним є проходження навчання відповідно вимог, що зазначено в НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». В залежності від виду та часу проведення інструктажі поділяються на вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий. Вступний інструктаж проводить спеціаліст служби охорони праці проводить у разі прийняття працівників на роботу. Безпосередній керівник робіт проводить первинний інструктаж перед початком роботи на робочому місці з урахуванням усіх специфічних особливостей, а також зо всіма працівниками 1 раз на півроку (або 1 раз в квартал при роботі з підвищеною небезпекою) - повторний інструктаж; у випадку застосування нового обладнання, змін технологічного процесу, після нещасних випадків та аварій - позаплановий інструктаж. При ліквідації аварій та стихійних лих безпосередньо керівник робіт здійснює цільовий інструктаж, що фіксується в наряд-допуску. [В4].

Ймовірність механічного травмування може виникнути внаслідок нераціонального розташування робочих місць, захаращення робочих місць або у зв'язку з недбалістю та неуважністю обслуговуючого персоналу. Для виключення травматизму враховано рекомендації ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення», відстань між верстатами залежить від розміру верстатів і становить не менше – 0,9...1,5 м, що забезпечує безпеку в процесі трудової діяльності. Ширина проїзду на дільниці - 4.5 метрів, ширина проходів становить 2-2.5метри, що дає можливість безпечно та комфортно переміщувати заготовки, деталі, обладнання, а у випадку пожежі – гарантує швидку

евакуацію людей (СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания»). Плануванням безпосередньо біля робочого місця передбачені місця для зберігання тари із заготовками і готовою продукцією, стелажі для зберігання технологічної документації і інструменту. Для роботи сидячи робоче місце оператора має стілець з регульованим нахилом спинки і заввишки сидіння. [B5, B6].

Для установаження заготовок масою більше ніж 8 кг, а також інструменту та пристосувань масою більше ніж 20 кг, верстати оснащені індивідуальним підймальним пристроєм. Для переміщення вантажів, масою понад 20 кг та на відстань понад 25 м, передбачено застосування внутрішньо цехових підймальних засобів, що відповідають вимогам ДСТУ EN 13155-2018 «Крани вантажопідймальні. Вимоги щодо безпеки. Пристрої вантажозахоплювальні знімні». На ділянці, що проектується, передбачено застосування кран-балки, яка призначена для транспортування пристосувань, переміщення тари з партією заготовок або деталей від верстата до верстата. Кран-балка з дистанційним (за допомогою пульта) керуванням. Перевагою дистанційного керування є можливість здійснення постійного візуального контролю за переміщенням вантажу, а перебування працівника в безпечній зоні, що гарантує його особисту безпеку. Попереджувальні надписи про вантажопідйомність крана і його роботу відповідають вимогам «Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118). Також враховано, що вантажопідйомність кран-балки на 10-20% вища ніж маса вантажу, що підіймається.

На кожному робочому місці є дерев'яні грати на всю довжину робочої зони, і шириною не менше 0,6 м від частин верстата, що виступають. Зручне розташування інструменту і пристосувань в тумбочках, а заготовок в спеціальній тарі. Використання планшетів для креслення дозволяє понизити втому і виробничий травматизм.

Звільнена тара має бути видалена з робочого місця в спеціально відведене для неї місце. Висота штабелів заготовок на робочому місці вибрана з урахуванням їх стійкості і зручності зняття з них деталей. Вона дорівнює 0,7 м; ширина між штабелями 0,8 м. [B2].

Для запобігання ураження електричним струмом, згідно вимог глави 1.7 «ПУЕ» та ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», величина опору контуру захисного заземлення електрообладнання механічної дільниці з у будь-яку пору року не перевищує – 4 Ом. [B7].

При розробці технологічного процесу передбачено застосування обладнання, що відповідає вимогам «Технічного регламенту безпеки». Згідно «Технічного регламенту безпеки» обладнання не повинно створювати небезпеки для людей під час встановлення, налагодження, експлуатації та обслуговування згідно з передбачуваними умовами та технологічними вимогами. Крім того, протягом усього строку експлуатації не створювати небезпеки через дію вологи, сонячної радіації, механічних коливань, високих та низьких тисків і температур, агресивних речовин. [B8].

Для уникнення можливих травм при контакті з рухомими частинами верстатів передбачені захисні огорожі згідно ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож». Конструкції захисних огорожень задовольняють таким вимогам: [B9, B10].

- негативно не впливають на продуктивність праці, не погіршують якість роботи машини;
- не ускладнюють спостереження за роботою механізмів;
- забезпечують повну надійність захисту працюючих від дії небезпечних факторів (пилу, води, газів, пару);
- не підвищують рівень шуму і вібрацій, прості у виготовленні та експлуатації;
- не мають гострих виступів, болтів, гайок;
- відповідають вимогам технічної естетики. Зовні огороження пофарбовано в жовтий колір.

Відповідно до «Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118) для сигналізації прийняті червоний, жовтий, зелений та синій кольори.

Червоний колір застосовують для позначення безпосередньої небезпеки, заборони. Ним фарбують заборонні знаки безпеки; вимикальні пристрої машин і механізмів, у тому числі й аварійні; внутрішні поверхні кришок та дверей шаф з відкритими струмопровідними елементами електрообладнання (якщо установка пофарбована в червоний колір, то на внутрішню поверхню такого обладнання наноситься жовта фарба), сигнальні лампи, пожежну техніку, обладнання й інвентар, кнопки «Стоп» та важелі термінової зупинки обладнання.

Жовтий колір означає попередження, імовірну небезпеку. Його застосовують для фарбування попереджувальних знаків безпеки, елементів будівельних конструкцій (люків, малопомітних східців, низьких балок, вантажних платформ тощо), відкритих рухомих частин обладнання, країв огорожувальних пристроїв, які не повністю закривають рухомі деталі, постійних і тимчасових огорожень, що встановлюються біля меж небезпечних зон (ями, котловани, траншеї), огорожень драбин, балконів, елементів вантажозахоплювальних пристроїв (траверси, кліщі).

Жовті і чорні смуги, які чергуються, застосовують для позначення низьких балок, колон, виступів, звужень проїздів, елементів внутрішньоцехового транспорту, елементів вантажопідйомного обладнання, кабін, бамперів, поверхонь електрокарів, обойм вантажопідйомних кранів тощо.

Синій колір означає вказівку, інформацію. Його застосовують для зобов'язувальних і вказівних знаків безпеки, нанесення спеціальних знаків і символів у місцях приєднання заземлювачів, встановлення домкратів тощо.

Зелений колір застосовують для ламп, що сигналізують про нормальну роботу машини, позначення евакуаційних виходів, а також для знака «Виходити тут», що означає місце виходу. [B2].

Крім кольорової сигналізації, відомості про виникнення небезпеки повинні надходити також за допомогою світлової, звукової сигналізації. Для запобігання небезпек, що виникають при зміні в роботі технологічного обладнання або при виникненні аварійних ситуацій передбачено застосовувати системи сигналізації, що відповідає вимогам ДСТУ EN 457-2001 «Безпека машин. Звукові сигнали небезпеки. Загальні вимоги, проектуванні та випробування».

Для забезпечення зупинки обладнання під час знімання або відкривання огороження передбачено застосування блокуючого пристрою (ДСТУ EN ISO 14119:2017 «Безпечність машин. Блокувальні пристрої, з'єднані з огорожами. Принципи проектування та вибору»). Блокуючі пристрої призначені для запобігання механічних травм і унеможливлення проникнення людини в небезпечну зону обладнання. З метою запобігання травматизму та психофізіологічного навантаження при проектуванні та організації робочих місць враховуються ергономічні вимоги відповідно до ДСТУ EN 894-3:2017 «Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів і органів керування. Частина 3. Органи керування» [B9].

В.3 Заходи по забезпеченню виробничої та гігієнічної санітарії праці

Заходи по забезпеченню виробничої санітарії і гігієни праці відповідають вимогам Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу [B11].

У відповідності ДСанПиН 173-96 "Державних санітарних правил планування і заселення населених пунктів" за наявності шкідливих виробничих чинників встановлюємо четвертий клас виробництва.

Метеорологічні умови на механічній дільниці: 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» і ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень». Роботи на дільниці належать до категорії ІІа – робота середньої важкості, тому передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату: [B12].

- у холодний період року: температура 18-20 °С; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с;

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

Забезпечення таких параметрів мікроклімату досягається оснащенням приміщень системою опалювання, що збалансована з припливно-витяжною вентиляцією, згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціювання». [B11]. 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.

Освітлення виробничих приміщень відіграє найважливішу роль у забезпеченні збереження працездатності та здоров'я працівників, що постійно працюють в умовах напруження органу зору. Згідно ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» передбачене природне та штучне освітлення. Природне освітлення має важливе фізіолого-гігієнічне значення для працюючих, в умовах підвищеного навантаження на орган зору. Воно сприятливо впливає на органи зору, стимулює фізіологічні процеси, підвищує обмін речовин та покращує розвиток організму в цілому. На рівень освітленості приміщення при природному освітленні впливають наступні чинники: світловий клімат; площа та орієнтація світлових отворів; ступінь чистоти скла в світлових отворах; пофарбування стін та стелі приміщення; глибина приміщення; наявність предметів, що заступають вікно, як зсередини так і з зовні приміщення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%. [B13, B14].

Штучне освітлення в приміщенні, здійснено системою загального рівномірного освітлення. Нормована освітленість на робочій поверхні становить 200-300 лк. Як джерела штучного освітлення в конструкторському бюро та робочих кімнатах використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ, ЛД, які встановлені у світильники типу ЛПО. Для забезпечення нормованого освітлення на ділянці механічного цеху застосовуються світильники типу РСП, з газорозрядними лампами типу ДРЛ. Лампи

мають високу ефективність, економічні, надійні, строк експлуатації понад 8000-14000 годин. [B14].

Рівні вібрації під час верстатних робіт перевищують допустимі значення, що визначені в ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» і ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 «ССБП. Вібраційна безпека. Загальні вимоги» [B15].

Для зменшення негативного впливу вібрації (спазми судин, порушення кровообігу та терморегуляції, біль в суглобах, тремор кінцівок) під час роботи з ручним механічним, електричним та пневматичним інструментом застосовуються засоби індивідуального захисту (НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями» Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.12.2013 року № 966. Під час роботи в умовах загальної вібрації застосовується спеціальне взуття.

В.4 Заходи з пожежної безпеки

Заходи по пожежній безпеці виконані відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». [B16].

На випадок виникнення пожежі в цеху забезпечена можливість безпечної евакуації людей через евакуаційні виходи. Двері, призначені для евакуації, відкриваються в сторони виходу з будівлі. Переходи, проїзди, евакуаційні виходи передбачені відповідно до вимог згідно НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». Відстань від найбільш віддаленого місця до найближчого виходу без обмежень [B17].

Для миття і знежирення устаткування, виробів і деталей, застосовуються негорючі технічні миючі засоби, а також безпечні в пожежному відношенні установки і способи. Механізми для самозакривання протипожежних дверей утримуються в справному стані. Вогнеперегоржуючі пристрої після закінчення робочого дня закриваються. Регулярно перевіряється справність

вогнеперегоржувачів і робиться чистка їх вогнегасячих насадок, а також справність мембранних хлипаків. Терміни перевірки вказані в цеховій інструкції.

Згідно із методикою визначення категорій приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою, який регламентується ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» та СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» механічна дільниця відповідає категорії «Д» з пожежної небезпеки – наявність незаймистих речовини і матеріали в холодному стані.

Згідно вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» механічний цех має II ступінь вогнестійкості. [B18].

Клас пожежонебезпечної зони відповідно до ПОЕ – клас П-III. При розміщенні в приміщеннях або на відкритому повітрі поодинокого пожежонебезпечного технологічного устаткування, якщо спеціальні заходи проти поширення пожежі не передбачені, зона в межах до 3м по горизонталі і вертикалі від цього устаткування вважається пожежонебезпечною.

На дільниці встановлені три пожежні крани з рукавами і брансбойтами. На території цеху передбачені пожежні щити (з розрахунку – один щит на площу 5000 м²), в нім розміщені: вогнегасники ОУ- 5 – 3 шт; ящик з піском – 1 шт; покривало з теплоізолюючого матеріалу, що не згорає – 1 шт; багри – 3 шт; лопати – 2 шт; сокири – 2 шт; ломы – 2 шт. [B19].

Вуглекислотний вогнегасник призначений для гасіння тільки електроустановок. У електроустановках передбачені наступні заходи пожежної безпеки:

- усі іскристі частини устаткування вкладені в пилонепроникні ковпаки;
- силова розводка виконана схованою в трубах;
- силова апаратура забезпечена захистом від короткого замикання.

У складському господарстві передбачаються наступні заходи пожежної безпеки :

- чітка організація зберігання матеріальних цінностей, забезпечення вільного доступу до стелажів;
- суворе дотримання правил спільного зберігання матеріалів, хімікатів;

- оснащення складів пожежною сигналізацією і засобами індивідуальної пожежогасінні.

Проектом передбачено облаштування пожежної сигналізації на механічних ділянках і в допоміжних приміщеннях цеху, з урахуванням 1 оповісник на 65 м² площі, який замикається на приймальну станцію пожежної сигналізації типу Т10Л-10/100.

Для захисту від блискавок передбачені громовідводи. З метою захисту від статичної електрики на ділянках промивання передбачені заземлення неструмопровідних електропровідних частин устаткування. Металеві повітропроводи встановлюються через кожні 40-50 м. Застосовують також зволоження повітря до 60-70%, що дозволяє понизити електризацію матеріалу.

V.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

Організація дослідження стійкості роботи промислових об'єктів

Дослідження стійкості роботи об'єкта — це всебічне вивчення обстановки, яка може скластися під час надзвичайної ситуації та визначення її впливу на виробничу діяльність підприємства. Мета дослідження полягає в тому, щоб виявити слабкі місця в роботі об'єкта та виробити найбільш ефективні пропозиції, спрямовані на підвищення його стійкості.

Проводиться воно силами інженерно-технічного персоналу із залученням спеціалістів науково-дослідних та проектних організацій. Організатором та керівником досліджень є керівник підприємства.

Увесь процес планування і проведення досліджень поділяється на три етапи: підготовчий, оцінка стійкості роботи ОГД та розроблення заходів, які підвищують стійкість роботи об'єкта в умовах надзвичайних ситуацій

На першому етапі розробляються керівні документи, які визначають склад учасників досліджень та організовується їх підготовка. Основними документами для організації досліджень є:

— наказ керівника підприємства, щодо проведення дослідження;

- календарний план основних заходів з підготовки до проведення досліджень;

- план проведення досліджень.

- Наказ керівника підприємства розробляється на підставі вказівок старшого начальника з урахуванням умов пов'язаних з виробничою діяльністю об'єкта. У наказі вказується: мета і завдання дослідження; терміни проведення робіт; склад учасників досліджень; склад і завдання дослідницьких груп; строки готовності облікової документації.

Календарний план основних заходів з підготовки до проведення досліджень визначає: основні заходи; терміни їх виконання; відповідальних виконавців; сили та засоби, які залучаються для виконання завдань.

План проведення досліджень є основним документом, який визначає зміст роботи керівника дослідження і груп головних спеціалістів.

У плані вказуються: тема; мета, тривалість дослідження; склад дослідницьких груп та зміст їх роботи; порядок проведення роботи.

Термін дослідження встановлюється залежно від обсягу роботи та підготовки учасників і може тривати 2—3 місяці. Залежно від складу основних виробничо-технічних служб на об'єкті створюються дослідницькі групи. Їх кількість і чисельність залежить від обсягу завдань, які вирішуються, специфіки виробництва.

На другому етапі проводиться безпосереднє дослідження стійкості роботи об'єкта. У ході дослідження визначаються умови захисту робітників та службовців від уражаючих факторів, проводиться оцінка уразливості виробничого комплексу від різних уражаючих факторів, оцінюється характер можливих пошкоджень від вторинних уражаючих факторів, вивчається стійкість роботи системи забезпечення та кооперативних зв'язків з іншими об'єктами, з'ясовуються вразливі місця в системі управління виробництвом.

Кожна група оцінює стійкість відповідних елементів виробничого комплексу та робить необхідні розрахунки.

До групи комплексних досліджень (керівник — головний інженер) входять керівники всіх груп, вона робить загальну оцінку стійкості роботи об'єкта.

Група досліджень стійкості будівель та споруд (керівник — начальник відділу капітального будівництва) на основі аналізу характеристик і стану виробничих будинків та споруд:

- визначає ступінь їх стійкості до дії уражаючих факторів;
- оцінює розміри можливої шкоди від дії вторинних уражаючих факторів;
- проводить розрахунки сил і засобів, необхідних для відновлення виробничих споруд при різних ступенях руйнування. Крім того, група досліджує та оцінює захисні властивості захисних споруд, визначає необхідну їх кількість на території об'єкта та в заміській зоні.

Група досліджень стійкості виробничого обладнання (керівник — головний механік) оцінює стійкість технологічних ліній, верстатів та механізмів і визначає:

- можливі втрати станків, приладів і систем автоматичного управління при різних ступенях пошкодження;
- способи збереження і захисту особливо цінного обладнання;
- потребу в силі і засобах, терміни та обсяги відновлювальних робіт;
- можливості створення резерву обладнання та порядок його використання.

Група дослідження стійкості технологічного процесу (керівник — головний технолог) оцінює стійкість технологічного процесу для чого:

- уточнює заходи переведення об'єкта на режим роботи в умовах надзвичайної ситуації;
- визначає найбільш вразливі ділянки технологічної лінії;
- розробляє варіанти зміни технологічного процесу при нестачі сировини;
- оцінює можливості і терміни безаварійної зупинки виробництва за сигналом «Повітряна небезпека» або при раптовому припиненні подачі електроенергії.

Група досліджень стійкості систем енергозабезпечення (керівник — головний енергетик) оцінює:

- стійкість системи електро-, газо- та водопостачання, каналізації та можливість переведення котелень на інші види палива;
- нормативно-необхідні та мінімальні потреби з кожного виду енергії;
- основні та додаткові джерела енергопостачання, можливості внутрішніх та зовнішніх джерел;

- стійкість заводських комунікацій;
 - наявність та можливості автономних джерел енергопостачання;
 - характер можливих аварій і можливість виникнення вторинних факторів ураження та їх наслідки;
 - можливі варіанти підвищення стійкості роботи систем енергопостачання;
 - варіанти відновлення систем енергопостачання при різних ступенях ураження об'єкта;
 - можливість підключення до сусідніх трансформаторних підстанцій:
- Група досліджень стійкості матеріально-технічного постачання і транспорту (керівник — начальник відділу матеріально-технічного постачання):
- аналізує систему забезпечення робочого процесу всім необхідним для випуску продукції в умовах надзвичайної ситуації;
 - оцінює умови відправки продукції і стійкості роботи транспорту;
 - обґрунтовує необхідність і створює додаткові запаси сировини, обладнання, комплектуючих виробів, а також визначає місця їх зберігання;
 - вивчає стійкість існуючих зв'язків з поставниками та користувачами;
 - складає розрахунки на потрібну кількість будівельних та інших матеріалів для відновлення виробництва і будівництва сховищ на об'єкті та ПРУ в заміській зоні (на підставі заявок інших груп).

Штаб цивільної оборони ОГД у цей період оцінює загальний стан ЦЗ і визначає заходи для забезпечення захисту робітників і службовців. Для цієї роботи притягається ряд начальників служб, які виконують відповідні функції: [B19].

Служба оповіщення і зв'язку вивчає і оцінює стійкість зв'язку з органами ЦЗ, виробничими підрозділами і формуваннями ЦЗ. Оцінює надійність системи зв'язку й оповіщення, повноту обладнання пунктів управління. [B20].

Служба сховищ і укрить оцінює інженерний захист робітників і службовців, правильність експлуатації сховищ і укрить, готовність їх до використання за прямим призначенням. Розраховує час на оповіщення робітників і службовців, збір і укриття їх у захисних спорудах.

Служба радіаційного та хімічного захисту оцінює можливості роботи об'єкта в умовах радіації і дає пропозиції щодо захисту робітників і службовців від

радіоактивного зараження, визначає типові режими радіаційного захисту людей, розробляє графік робочих змін для проведення (РiНР). Аналізує забезпеченість робітників і службовців засобами індивідуального захисту, умови зберігання і порядок їх видачі. Готує пропозиції щодо організації і ведення радіаційної і хімічної розвідки, організації санітарної обробки людей, знезараження одягу, транспорту, техніки і споруд.

Медична служба розробляє заходи щодо організації медичного обслуговування робітників та службовців на об'єкті і в замиській зоні, а також при проведенні РiНР. Визначає сили і засоби для надання першої медичної допомоги потерпілим. Виробляє рекомендації з організації дозиметричного контролю при перебуванні людей у зоні радіоактивного зараження і рекомендації з захисту продуктів харчування і джерел водопостачання. [B21].

Служба охорони громадського порядку розробляє заходи з підсилення пропускну режиму, охорони матеріальних цінностей, забезпечення громадського порядку.

На третьому етапі підводяться підсумки проведених досліджень. Групи спеціалістів за підсумками досліджень готують пропозиції з захисту робітників та службовців і підвищення стійкості елементів виробництва, які досліджуються.

Група комплексних досліджень на основі доповідей інших груп складає загальну доповідь, у якій визначаються: можливості щодо захисту робітників і службовців в ЗС; загальна оцінка стійкості об'єкта, найбільш слабкі (вразливі) ділянки виробництва; практичні заходи, терміни та обсяги робіт, які виконуються при повсякденній діяльності та при загрозі надзвичайної ситуації; порядок та приблизні строки відновлюваних робіт при різних ступенях руйнування.

За результатами досліджень розробляються плани, в яких визначаються відповідні заходи, необхідні кошти на їх проведення, терміни і відповідальні особи за їх виконання.

У зв'язку з тим, що заходи з підвищення стійкості роботи виконуються завчасно (в мирний час), з оголошенням загрози виникнення надзвичайної ситуації (нападу ворога) та в умовах надзвичайної ситуації, відповідні планувальні документи, для зручності користування ними, складаються на кожну можливу ситуацію.

У результаті проведення досліджень на об'єкті розробляються наступні документи: перспективний план заходів щодо підвищення стійкості роботи об'єкта, які проводяться завчасно; план-графік нарощування заходів з підвищення стійкості роботи об'єкта при загрозі виникнення надзвичайних ситуацій (нападу противника); графік безаварійної зупинки виробництва.

Правильність проведених розрахунків та реальність пропозицій і рекомендацій перевіряються на спеціальних навчаннях під керівництвом начальника ЦЗ об'єкта. Завчасно плануються і проводяться, в основному, заходи які потребують значних матеріальних витрат та часу на їх виконання. Економічна ефективність цих заходів може бути досягнута при їх коригуванні з завданнями щодо безаварійної роботи об'єкта, поліпшення умов праці, удосконаленню виробничого процесу, реконструкції виробництва і таке інше.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ В

В1.. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» в магістерських дипломних роботах (проектах) зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» за освітньою програмою (спеціалізація) «Технологія машинобудування»; 133 «Галузеве машинобудування» за освітньою програмою (спеціалізація) «Металорізальні верстати та системи; 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» за освітньою програмою (спеціалізація) «Авіаційні двигуни та енергетичні установки», «Технології виробництва авіаційних двигунів та енергетичних установок» / Укл. : В.І. Шмирко – Запоріжжя: Каф. ОП і НС. НУ «Запорізька політехніка», 2019. – 32 с.

В2.. Пістун І. П., Стець Р. Є., Трунова І. О. Охорона праці в галузі машинобудування: Навч. посіб. – Суми: Університетська книга, 2011. 557 с.

В3. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підручник вид. 5-те, доп. К. : Знання, 2014. 373 с. + 1 ел. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-617-07-0134-3

В4. НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. [На заміну ДНАОП 0.00-4.12-99, ДНАОП 0.00-8.01-93]. К. : Держнагляд охорони праці, 2005. 26с.- (Нормативно-правовий акт охорони праці)

В5. ДБН В.2.2-28:2010 Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення . [На заміну СНиП 2.09.04-87 ; чинний від 2011-10-01]. К. : Міненбуд України, 2011. 31 с.

В6. Юдин, Е.Я. Охрана труда в машиностроении [Текст]: учебник для машиностроительных вузов 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. 432 с.

В7. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. [На заміну ПУЕ-86 ; чинний з 2017-08-21]. К. : Міненерговугілля України, 2017. 617 с.

В8. Технічний регламент безпеки машин [Електронний ресурс] – Чинний від 2013-08-12. : станом на 11.07.2018 р. – К. : КМ України, 2013. – 76 с. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/62-2013-п> – (Постанова)

В9. ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож».

В10. ДСТУ EN ISO 14119:2017 «Безпечність машин. Блокувальні пристрої, з'єднані з огорожами. Принципи проектування та вибору».

В11. ДСТУ EN 60204-32:2018 «Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1»

В12. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. [На заміну ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 ; чинний від 2014-05-30]. К. : МОЗ України, 2014. 37 с. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>. (Державні санітарні норми та правила)

В13. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Електронний ресурс]:– Чинний від 1999-12-01. К. : МОЗ України, 1999. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99>.

В14. ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення. [На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний з 2019-03-01]. К. : Мінрегіон України, 2018. 133 с.

В15. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації, [Електронний ресурс] Чинний від 1999-12-01. К. : МОЗ України, 1999. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>

В16. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою. [На заміну НАПБ Б.03.002-2007 ; чинний від 2017-01-01]. К. : Мінрегіонбуд України, 2016. 66 с. (Державний Стандарт України).

В17. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [На заміну ДБН В.1.1.7-2002 ; чинний від 2017-06-01]. К. : Мінрегіон України, 2017. 47 с. (Державні будівельні норми)

В18. Правила експлуатації та типових норм належності вогнегасників. [На заміну НАПБ Б.03.001-2004 ; чинний від 2018-02-23]. К. : МВС України, 2018. 23 с. (Правила)

В19. Демиденко Г. П. [и др.]. Повышение устойчивости работы объектов народного хозяйства в военное время : учебное пособие. К. : Вища шк. Головное изд-во, 1984. 232 с.

В20. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 р. № 5403-VI. Редакція від: 01.01.2018. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.

В21. Шоботов В. М. Цивільна оборона : навчальний посібник вид. 2-ге, перероб. Київ : Центр навчальної літератури, 2006. 438 с.