

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний інститут, машинобудівний факультет
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра «Технологія машинобудування»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

другий (магістерський)

(ступінь вищої освіти)

на тему «Особливості технологічного процесу обробки деталі
” Шток поршня”»

Виконав: студент(ка) // курсу, групи М-119м

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

«Технологія машинобудування»

Верещак Д. Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник Гермашев А. І.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Матюхін А. Ю.

(прізвище та ініціали)

2020

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

Інститут, факультет Машинобудівний
 Кафедра Технології машинобудування
 Ступінь вищої освіти другий (магістерський)
 Спеціальність 131 «Прикладна механіка»
(код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Технології машинобудування
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри С.І. Дядя

« » 20 року

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

Верещака Дмитра Юрійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Особливості технологічного процесу обробки деталі "Шток поршня"

керівник проєкту (роботи) Гермаршев А.І, доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «03» 12 20 року № 369

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 15.12.2020 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення деталі;
річна програма випуску N=100000 шт

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Технологічна частина; 2 Конструкторська частина;
3 Автоматизація контролю на верстаті; 4 Розрахунок деталі на міцність за допомогою модулю NX-CAM; 5 Спеціальне завдання. Азотування. Дифузійне насичення неметалами; 6 Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів; 7 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення деталі, заготовки; графічне зображення 3D-моделей деталі та заготовок; маршрут виготовлення деталі; графічне зображення проектування операцій в модулі NX CAM; креслення робочого та контрольного пристосувань; графічне зображення результатів розрахунку деталі на міцність; лист автоматизації та листи до спецзавдання
 6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-6	доцент Гермашев А. І.		
7	доцент Шмирко В. І.		
нормоконтроль	доцент Пухальская Г. В.		

7. Дата видачі завдання « 02 » вересня 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	23.09.2020	
2	Конструкторська частина	07.10.2020	
3	Розрахунок деталі на міцність	13.10.2020	
4	Автоматизація слюсарних робіт за допомогою віброгалтовки	21.10.2020	
5	Спецзавдання. Віброгалтовка як вид фінішної обробки	04.11.2020	
6	Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів	11.11.2020	
7	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	18.11.2020	
8	Оформлення пояснювальної записки	25.11.2020	
9	Нормоконтроль і рецензія	02.12.2020	
10	Захист дипломного проєкту	10.12.2020	

Студент(ка)

_____ Верещак Д. Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

_____ Гермашев А. І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 139 с., 38 рис., 14 табл., 6 додатків, 22 джерела.

ДЕТАЛЬ, ЗАГОТІВЛЯ, ЕСКІЗ, ВУЗОЛ, ПРИПУСКИ, РОЗМІР, ОПЕРАЦІЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, МАРШРУТ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ПРИСТОСУВАННЯ, НОРМИ ЧАСУ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ДАТЧИК, ЧПК.

Об'єкт дослідження – шток поршня.

Мета роботи – розробка технологічного процесу для виготовлення деталі шток поршня та його вдосконалення; заміни методу одержання заготівки; об'єднання декількох механічних операцій в одну.

Метод дослідження – аналітично-розрахунковий.

В роботі магістра підібрали оптимальний ріжучий інструмент та вид заготівлі, обладнання, вдосконалили МВД, розраховали режими різання та часові норми, отримали програми для обробки і графічні зображення токарних, свердлильних та фрезерних операцій за допомогою модуля NX-CAM. Крім того проект містить розрахунки деталі на міцність, спроектоване робоче та контрольне пристосування, автоматизований контроль на фрезерних та свердлильних операціях, підвищену ефективність слюсарних операцій. У тому числі в роботі виконали розрахунок економічної ефективності вдосконалення технологічного процесу, передбачили заходи щодо безпечної роботи персоналу.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів	7
Вступ	8
1 Технологічна частина	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	11
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	13
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі	19
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність	19
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	25
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	32
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	39
1.6 Розрахунок режимів різання та технічне нормування	
43	
1.7 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК за допомогою модуля NX-CAM	60
1.7.1 Розробка токарної операції	60
1.7.2 Розробка свердлильної операції	61
1.7.3 Розробка фрезерної операції	62
2 Конструкторська частина	64
2.1 Обґрунтування ріжучого інструменту та його матеріалу	64
2.1.1 Вибір і розрахунок зусиль затиску верстатного пристрою, його робота	64
2.2 Проектування контрольного пристосування	68
2.2.1 Опис конструкції і принципу роботи пристосування	68
2.2.2 Вибір засобу вимірювання	68
3 Автоматизація контролю на верстаті	75
4 Розрахунок деталі на міцність за допомогою модуля NX-CAM	80

4.1 Визначення напружено-деформованого стану деталі	80
4.2 Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конструкції	84
4.3 Оптимізація геометрії деталі	87
5. Спецзавдання	88
5.1 Азотування. Дифузійне насичення неметалами	88
5.2. Класифікація процесів хіміко-термічної обробки: актуалізація традиційних уявлень	98
5.2.1. Класифікація ХТО за характером структурних змін	98
5.2.2. Класифікація ХТО по характеристикам шару	100
5.2.3. Класифікація ХТО по типу середовища що насичує	102
5.2.4. Класифікація ХТО по способам інтенсифікуючого впливу	104
5.2.5. Класифікація ХТО за кількістю і типом насичуючих елементів	105
6 Оцінка економічної ефективності розробки або заходів	109
7 Охорона праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях	116
7.1 Аналіз потенційних небезпек	116
7.2 Висновки	117
Висновки	129
Перелік джерел посилання	130

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

АТ	– акціонерне товариство;
ГОСТ	– государственный стандарт (державний стандарт);
ДБН	– державні будівельні норми;
ДСТУ	– державний стандарт України;
КВМ	– контрольно-вимірювальна машина;
МВД	– маршрут виготовлення деталі;
МОП	– маршрут обробки поверхонь;
МЮУ	– міністерство юстиції України;
НПАОП	– нормативно-правові акти з охорони праці;
ПЧПК	– пристрій числового програмного керування
ССБП	– система стандартів безпеки праці
ТП	– технологічний процес
ЧПК	– числове програмне керування
ТО	– технологічна операція

ВСТУП

У магістерському дипломі розробляється проект технологічного процесу обробки деталі «Шток поршня», що запускається у виробництво серійними партіями. Мета проекту – запровадження пошуку шляхів, що підвищують продуктивність праці та збільшують якість продукції. А також методів техніко-економічного аналізу і більш досконалого устаткування.

Технологія машинобудування – наука, яка займається встановленням закономірності протікання процесів обробки і параметри, найбільший вплив яких ефективно відображається на процесах інтенсифікації та підвищує їхню точність. Дисципліна допомагає вивчити напрямки, а також засоби обробки матеріалів, які необхідні для виготовлення виробів, при цьому використовуються прогресивні методи і засоби виробництва. Основні напрямки – це розробка економічних технологій, які відрізняються найменшими витратами часу і матеріалів на виробництво. А також розробка безперервних технологій, що дозволяють автоматизувати процес, із залученням малої кількості робітників. Розроблені технології – екологічно чисті, без відходів.

Усі перераховані переваги допомагають підвищити техніко-економічну ефективність виробництва, збільшити кількість і підвищити якість продукції, зменшити собівартість, збільшити рівень виробництва і продуктивність процесу, зменшити витрати на матеріали, у тому числі і інструмент.

Для того щоб отримати високі техніко-економічні показники в магістерській роботі проводиться заміна метода одержання заготовки: пропонується заготівля відливка в кокіль яку я замінив на відливку по виплавленим моделям, а також заміна обладнання та замість ручного верстату, використовуються пневматичні затискні пристрої.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Об'єктом дослідження дипломної роботи є деталь: «Шток поршня» яка є складовою частиною повітряного клапана. Він жорстко закріплений з поршнем а з іншої сторони з перекривнням циліндра. В процесі запуску повітря тисне на поршень, переміщаючи його в бік відкриття та переміщуючи циліндр відкриваючи доступ підведення повітря на стартер. У штока також є додаткова роль, яка вказує напрямок поршня при його русі у циліндрі. З огляду на це, у роботі поршневої машини односторонньої дії шток додатково спрягається з повзуном або з прямою втулкою отвору кришки штокової камери. А у поршневих машинах двосторонньої дії – з прямою втулкою кришки штокової камери.

На рисунку 1.1 і 1.2 зображена деталь.

Таблиця 1.1 – Технологічні вимоги згідно змісту

Зміст технологічних вимог	Коли, якими методами та засобами можливо виконати цю вимогу	Як та якими засобом можна перевірити виконання вимог
Радіальне биття отвору $\varnothing 18$ відносно бази А не більше 0.027	Точіння	Контрольний пристрій
В місці випробувань виробу випуклість не допускається	Точіння	Контрольний пристрій

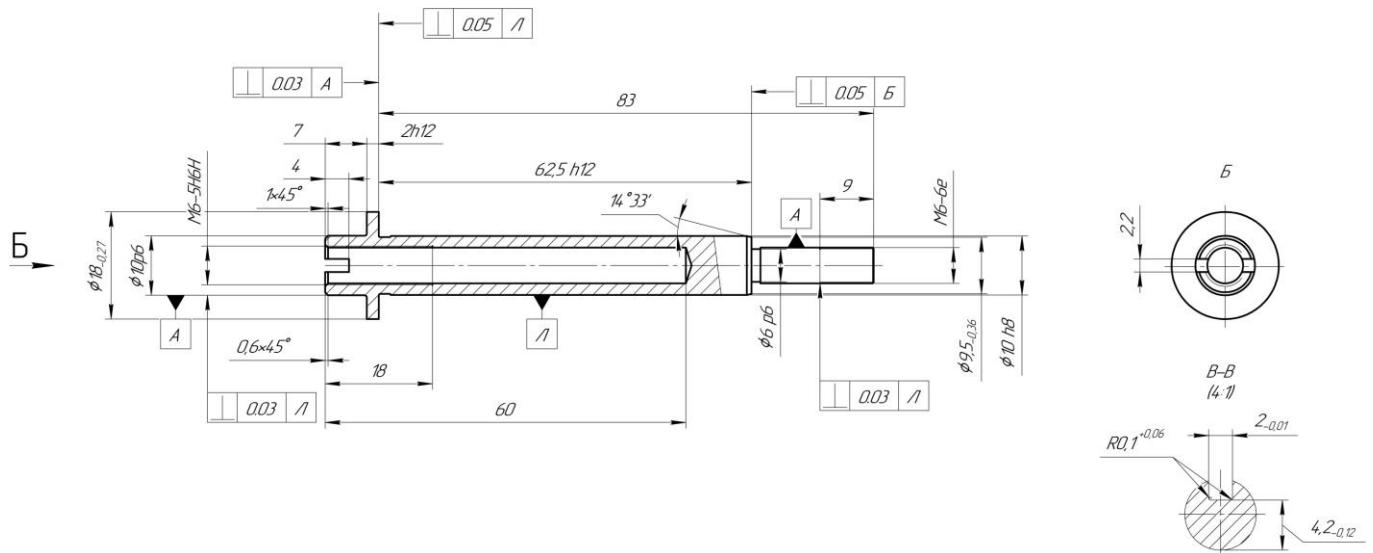


Рисунок 1.1 - Ескіз деталі

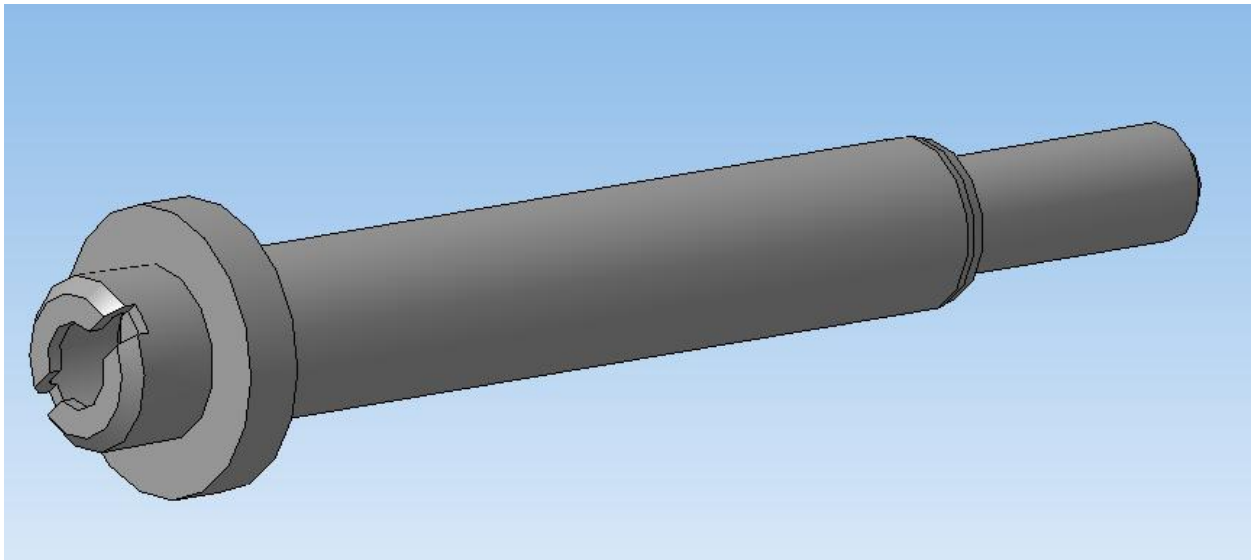


Рисунок 1.2 – 3D макет деталі

Склад матеріалу: хімічна та технічна властивість матеріалу.

Шток поршня виготовляється з матеріалу Сталь 13X11H2B2MФ-Ш.

Сплав 13X11H2B2MФ-Ш застосовується для виготовлення відповідальних навантажених деталей, що працюють при температурі до $+600^\circ \text{C}$, дисків компресора, лопаток і інших навантажених деталей, прутків і смуг гарячекатаних і кованих, що застосовуються для виготовлення деталей конструкцій в авіабудуванні, суцільнокатаних кілець різного промислового

призначення, фасонних виливків для авіаційної промисловості, азотуємих деталей для авіабудування. Сталь корозійностійка і жароміцна.

Рекомендована максимальна температура експлуатації протягом тривалого часу (до 10000 годин) +600 °С.

Температура інтенсивного загартовування в повітряному середовищі +750°С.

Таблиця 1.2 – Сталь 13X11H2B2MФ-Ш ГОСТ19807-91 складається із хімічних елементів

C	Cr	Cu	Mn	Mo	Ni	P	S	Si	V	W
0,10- 0,16	10,5- 12,0	≤0,30	≤0,60	0,35- 0,50	1,5- 1,8	≤0,030	≤0,025	≤0,60	0,18- 0,30	1,60- 2,0

Таблиця 1.3 - Сталь 13X11H2B2MФ-Ш ГОСТ 19807-91 має механічні властивості

Сортамент	s _B	s _T	d ₅	y	KCU	Термообробка
	МПа	МПа	%	%	кДж / м ²	
Прутки, ГОСТ 5949-75	880- 1080	735- 930	13- 15	55	880	Закалка та відпуск
Заготовка	950	850	10	50	600	Закалка 1000°С, мастило, відпуск 580 - 670°С,

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Серійний тип виробництва є одним з видів виробництва нарівні з одиничним і масовим виробництвом. Під час випуска його продукції вироби виготовляють партіями. Ці партії складаються з однотипних й однакових за розмірами деталей, які запускаються у виробництво одночасно. Принципом

цього виробництва є виготовлення всієї серії в цілому, незалежно від того проводиться обробка або складання деталей. Поняття «партія» відноситься до кількості виробів. Натомість поняття «серія» – до кількості машин, які запускають у виробництво одночасно. При цьому кількість деталей у партії і кількість машин у серії можуть відрізнятися.

Розрізняють три види серійного виробництва: дрібносерійне - $K_{30}=20\ldots40$, середньо серійне - $K_{30}=10\ldots20$, багатосерійне - $K_{30}=1\ldots10$. Їх розрізняють за кількістю виробів у серії, частотою повторюваності серії протягом року, характеристикою і трудомісткістю.

У серійному виробництві диференційований технологічний процес (розділений окремими операціями), які фіксуються за конкретними верстатами. Технологічний процес має докладну розробку. Для цього застосовують різноманітні види верстатів. Це можуть бути універсальні, спеціалізовані, спеціальні, агрегатні та автоматизовані верстати.

Перехід від виробництва однієї серії машин до іншої здійснюються дуже легко завдяки розташуванню верстатного парку. Універсальний вид верстатів відрізняється використанням спеціалізованого і спеціального пристосування, різальних і вимірювальних інструментів у виді граничних (стандартних і спеціальних) калібрів і шаблонів, які забезпечують взаємозамінні оброблені вироби. При серійному типі виробництва конфігурація заготівлі наближається до готової деталі. При цьому коефіцієнт використання матеріалу має дорівнювати $0,6\ldots0,88$. Кваліфікація робітників може бути невисокою.

Отже це виробництво є значно економніше, ніж одиночне. Це досягається завдяки збільшенню продуктивності праці, більш швидкого використання устаткування і низькій спеціалізації робітників. А саме це і забезпечує зменшення собівартості продукції.

Тому серійне виробництво є найбільш розповсюдженим у машинобудуванні. Деталь виготовляється з мінімальними матеріальними і трудовими витратами. І все це залежить від:

- а) правильного вибору варіанта ТП;
- б) оснащення ТП;
- в) використання автоматів, напівавтоматів і спеціальних верстатів;
- г) рівня механізації виробництва і автоматизації;
- д) від обробки деталей при оптимальних режимах різання.

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Використання чорнових заготівель – це одне з основних напрямів розвитку механічної технології обробки на сучасному виробництві, які надають можливість використання найбільш оптимальних способів обробки. В цьому напрямі використовують безперервне підвищення точності заготівки та наближення її форми і розмірів до параметрів готової деталі. А це дозволяє скоротити об'єм механічної обробки.

Порівнюю види отримання заготівель штампуванням: в кривошипному гарячому штампованому пресі (КГШП) та молотах.

Вихідні дані:

Матеріал – Сталь 13X11H2B2MФ-Ш.

Річна програма випуску $N = 100000$ шт.

Тип виробництва – серійний.

Маса деталі $q = 0,04$ кг (рис.1.3).

Коефіцієнт використання матеріалу визначається як відношення маси деталі до маси заготовки [2] за формулою 1.1:

$$\eta = \frac{q}{Q} \quad (1.1)$$

де q – маса деталі, кг;

Q – маса заготовки, кг.

Вартість першої заготівлі, що отримана за допомогою штамповки:

$$B = \frac{B_B}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_3 \cdot K_{II} - (Q - q) \cdot \frac{B_{omx}}{1000} \quad (1.2)$$

де B_B – базова вартість 1 т. заготовок, грн.;

$K_T, K_M, K_B, K_3, K_{II}$ – коефіцієнти класу точності, матеріалу, групи складності, маси заготівки, програми випуску.

Річна економія на виготовлення заготовки[2]:

$$E_{узз} = (B_2 - B_1) \cdot N \quad (1.3)$$

де B_1, B_2 – вартість 1 заготовки, грн;

N – річна програма випуску.

Річна економія матеріалу[2]:

$$M = \frac{q \cdot (\eta_1 - \eta_2)}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot N \quad (1.4)$$

де q – маса деталі;

η_1, η_2 – коефіцієнти використання матеріалу для першого та другого засобу отримання напівфабрикату.

Для спрощення конфігурації заготівки призначаємо напуски на різьбу М6; всі пази, фаски, вибірки.

Припуск на сторону обираємо за [2, с. 12, табл. 1.3] та заносимо в табл. 1.4.

Визначаємо масу штамповки в програмі Компас 3D на КГШП (рис.1.4). Ескіз штамповки на КГШП на рис. 1.5.

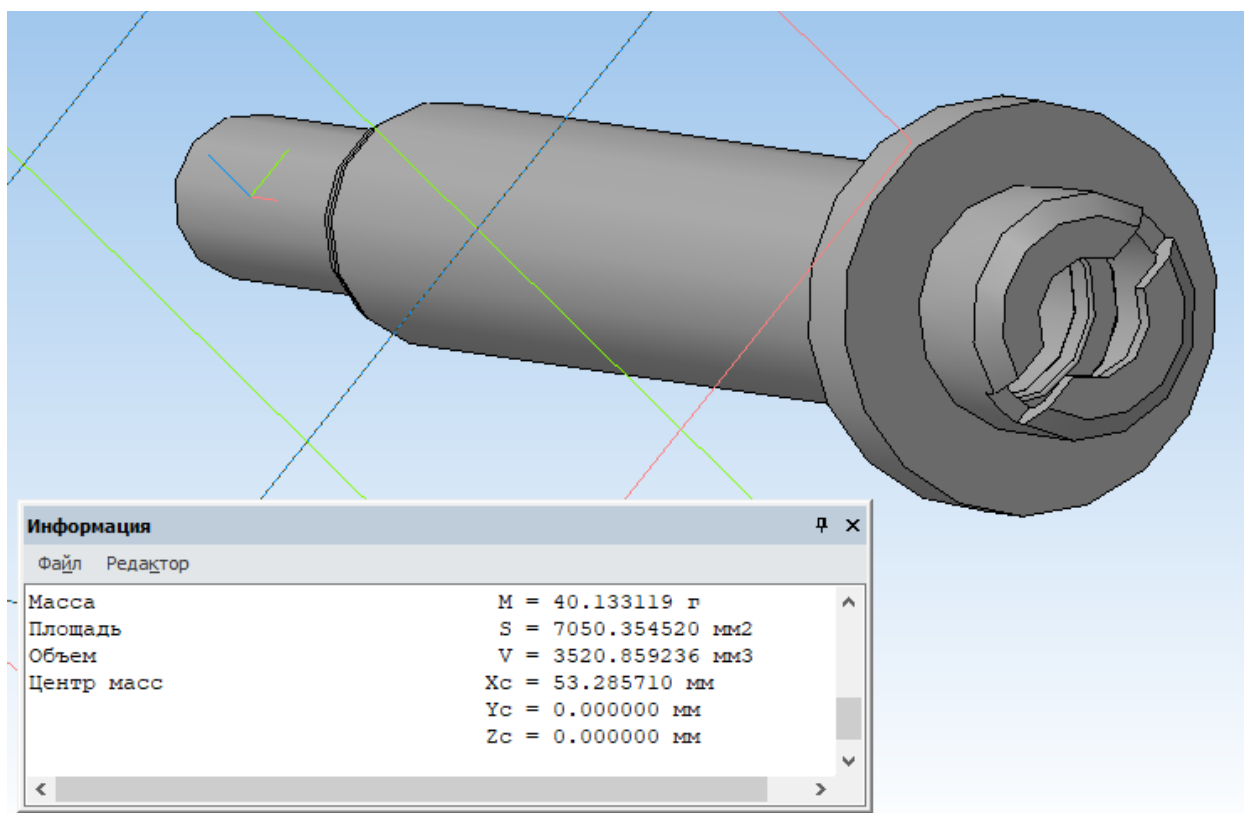


Рисунок 1.3 - Розрахунок маси деталі

Таблица 1.4 – Визначення розмірів заготовки на КГШП

Номинальный размер, мм	Розрахунок розміру, мм	Фактичний розмір, мм
Ø18	$18+2 \cdot 1,9=21,8$	Ø22
Ø10	$10+2 \cdot 1,9=13,8$	Ø14
83	$83+2 \cdot 2=83$	83
9	$9+2 \cdot 1,9=12,8$	13
2	$2+2 \cdot 1,9=5,8$	6

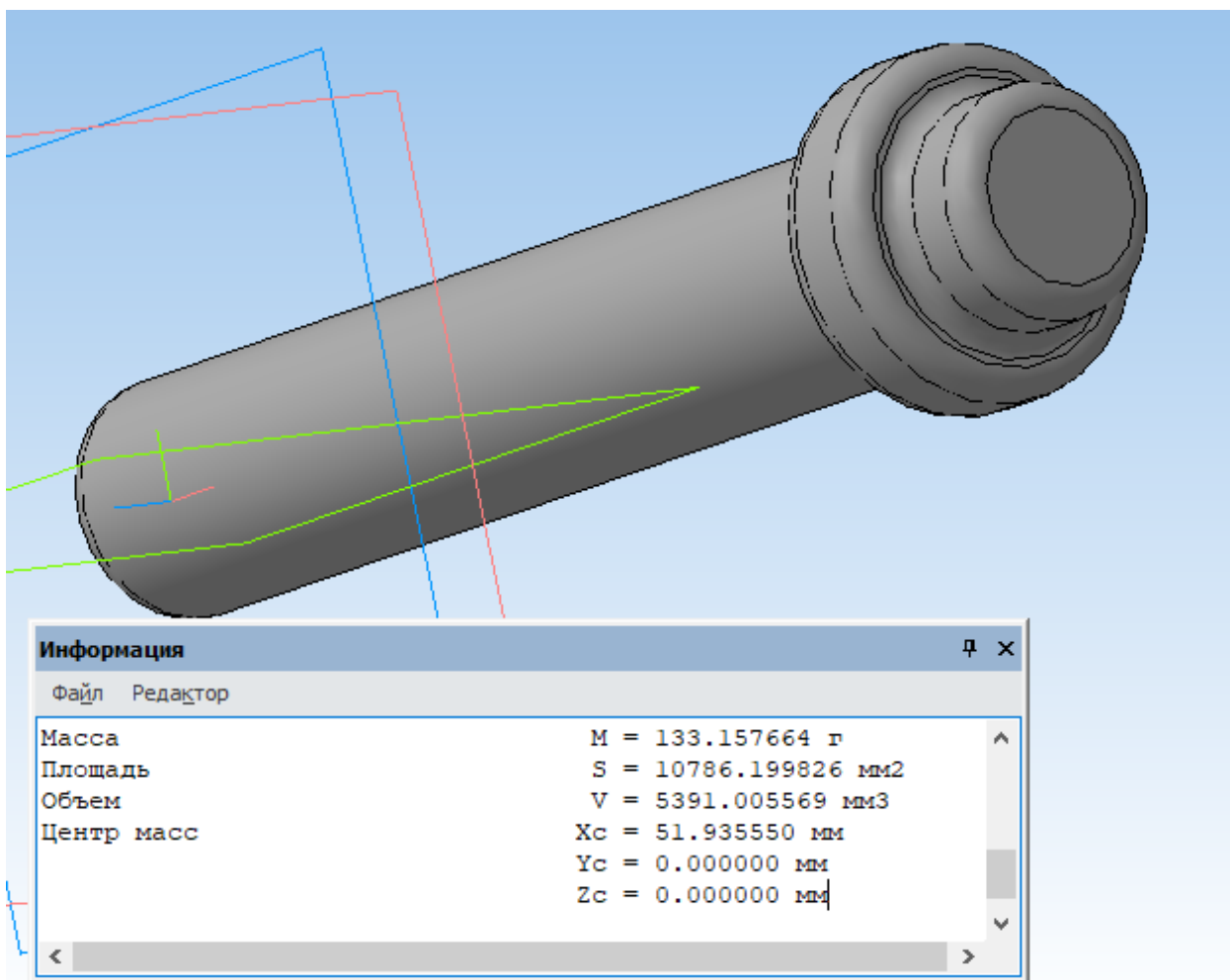


Рисунок 1.4 - Визначення маси штамповки на КГШП виконані з використанням програмних можливостей Компасу 3D

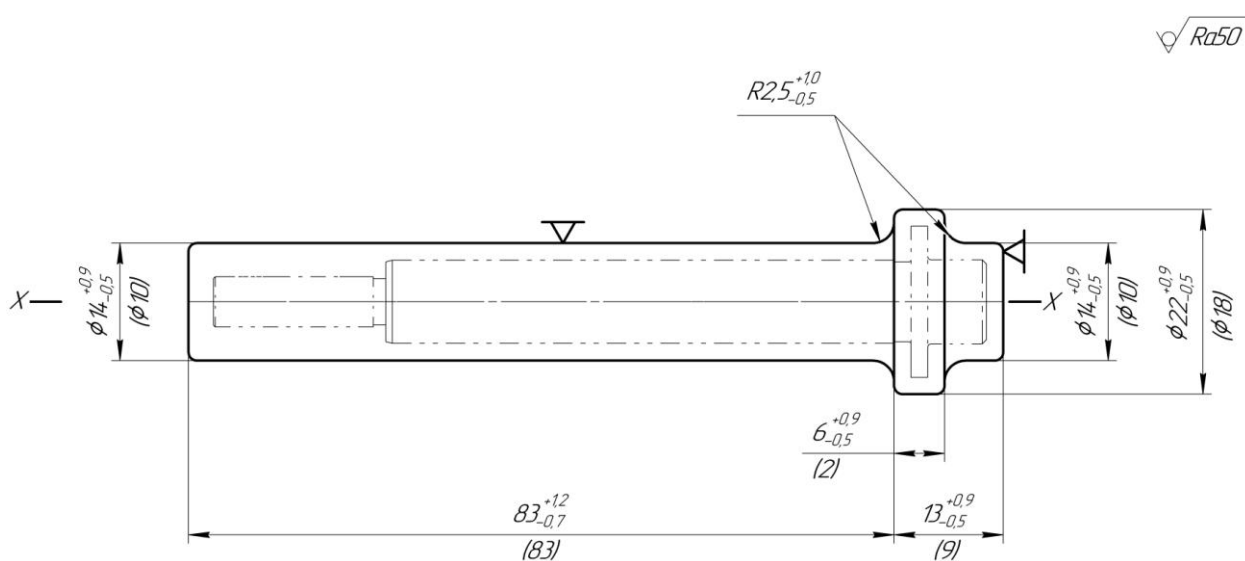


Рисунок 1.5 - Штамповка на КГШП в ескізі

Аналогічно маса штамповки на молотах (рис.1.6). Ескіз штамповки на рис. 1.7.

Таблиця 1.5 - Заготовка на молотах у розмірах

Номінальний розмір, мм	Розрахунок розміру, мм	Фактичний розмір, мм
Ø18	$18+2\cdot2,7=23,4$	Ø23
Ø10	$10+2\cdot2,7=15,4$	Ø15
83	$83+2,9-2,9=83$	83
9	$9+2\cdot2,7=14,4$	14
2	$2+2\cdot2,7=7,4$	7

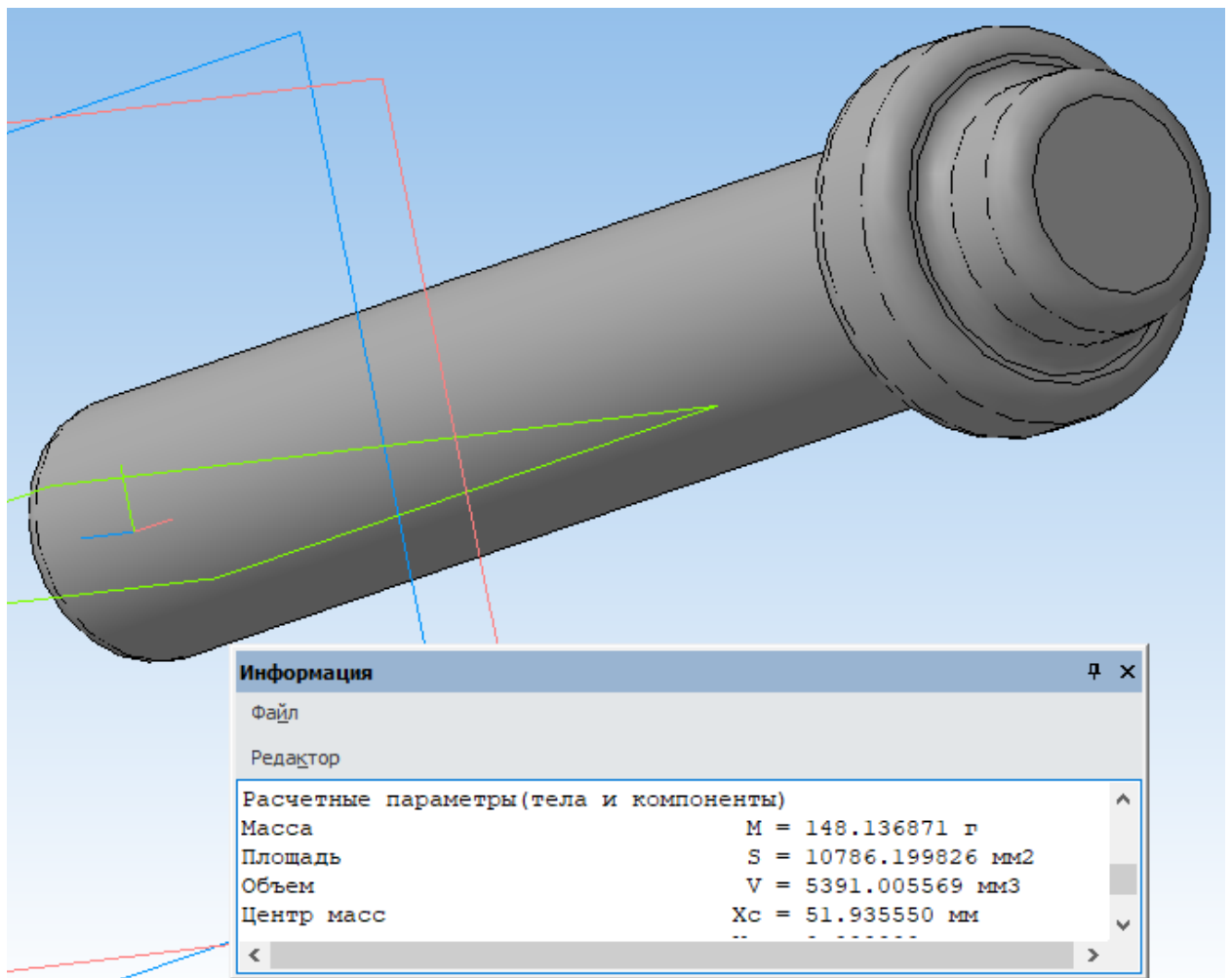


Рисунок 1.6 - Визначення маси штамповки на молотах у програмі Компас 3D

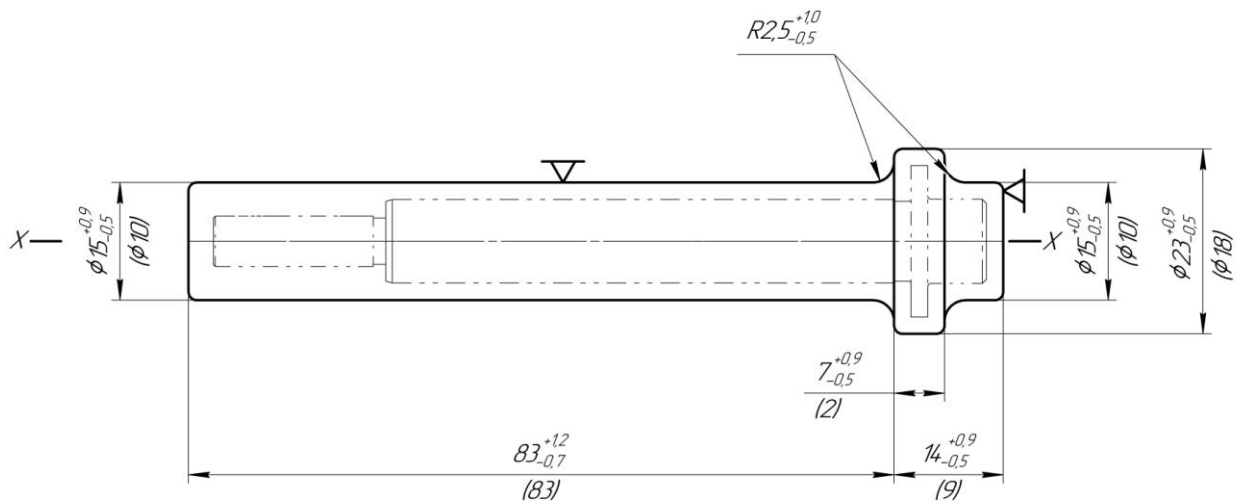


Рисунок 1.7 - Ескіз штамповки на молотах

Формула використання сировини за допомогою коефіцієнту (1.1):

$$\eta_{КГШП} = \frac{0,04}{0,133} = 0,3$$

$$\eta_{ГКМ} = \frac{0,04}{0,148} = 0,27$$

$$\eta_{молот} < \eta_{КГШП}$$

Формула собівартості заготовок (1.2):

$$B_{молот} = \frac{3500}{1000} \cdot 0,148 \cdot 1 \cdot 1,8 \cdot 1,12 \cdot 1,25 \cdot 1 - (0,148 - 0,04) \cdot \frac{140}{1000} = 1,3 \text{ грн};$$

$$B_{КГШП} = \frac{3500}{1000} \cdot 0,133 \cdot 1 \cdot 1,8 \cdot 1,12 \cdot 1,25 \cdot 1 - (0,133 - 0,04) \cdot \frac{140}{1000} = 1,17 \text{ грн};$$

$$B_{молот} > B_{КГШП}$$

Формула економічного ефекту за рік від виготовлення заданої деталі на КГШП (1.3):

$$E = (1,3 - 1,17) \cdot 100000 = 13000 \text{ грн}$$

Формула економії матеріалу за рік 1.5:

$$M = \frac{0,04 \cdot (0,3 - 0,27)}{0,3 \cdot 0,27} \cdot 100000 = 1481,5 \text{ кг}$$

Тому що $B_{\text{молот}} > B_{\text{КГШП}}$ та $\eta_{\text{молот}} < \eta_{\text{КГШП}}$, робимо висновок, що дану деталь краще виготовляти за допомогою КГШП. Таким чином цей метод вважатиме дешевшим та продуктивнішим.

Таблиця 1.6 - Формат заготовки

Показник	Позначення	Од. виміру	Молота	КГШП
Маса	Q	кг	0,148	0,133
Базова ціна 1 т. заготовок	$B_{\text{б}}$	грн	3500	3500
Вартість 1 т. стружки	$B_{\text{отх}}$	грн	140	140
Вартість 1 заготовки	B	грн	1,3	1,17
КВМ	η	-	0,27	0,3

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

База – це поверхня, вісь чи точка деталі або складальної одиниці, по відношенню до якої орієнтуються інші деталі виробу або поверхні деталі, які необхідно обробити або скласти на даній операції. По характеру свого призначення бази підрозділяються на: конструкторські, технологічні, вимірювальні.

Конструкторські бази – це основні та допоміжні бази, які мають суттєве значення при конструюванні. Основна база визначає положення деталі в вузлі, а допоміжні – положення приєднаних деталей відносно даної деталі.

Технологічною базою називають поверхню, яка визначає положення деталі при обробці. Технологічні бази можуть бути чорнові і чистові.

Вимірювальною базою називають поверхню, яка визначає відносне положення деталі і засобів вимірювання.

Технологічні чорнові та чистові бази вибирають, виходячи з наступних міркувань, на які посилаються при обґрунтуванні баз.

При проектуванні ТП для отримання необхідної точності використовують вибір баз. Спочатку за технологічну приймається чорнова база, тобто необроблені поверхні заготовель. Вибрана чорнова база повинна забезпечувати рівномірне зняття припуску при послідуєчій обробці поверхонь з базуванням на оброблену технологічну базу і найбільш точне взаємне розташування оброблених і не оброблених поверхонь деталі. Чорнові базові поверхні повинні бути по можливості гладкими, не мати штампувальних і ливарних ухилів. На них також не варто розміщувати літники, робити поверхні для рознімання ливарних форм та штамів.

Вибираючи технологічні бази для обробки заготовель необхідно застосовувати принцип суміщення баз. Це означає, що за технологічну базу необхідно вибирати поверхню, яка є вимірювальною базою. Найкращі результати досягаються при суміщенні технологічної, конструкторської та вимірювальної бази, тобто поверхонь, які визначають положення деталі в виробі.

Під час будування маршруту обробки дотримуються принципу постійності бази; на всіх основних ТО використовують для технологічних баз одні й ті самі поверхні. Принципи суміщення і постійності баз збігаються, коли розміри проставляються від однієї достатньо стійкої вимірювальної

бази. Якщо вимірювальні бази змінні і не мають великих розмірів, то принцип суміщення баз здійснити важко. В цьому випадку здійснюють інший принцип, вибирають постійну технологічну базу. Утворення штучних технологічних баз на деталях сприяє більш повному дотриманню принципу постійності баз.

Коли постійність технологічної бази не може бути забезпечена, для нової технологічної бази вибирають обов'язково оброблену, по можливості найбільш точно оброблену поверхню.

Технологічність конструкції деталі[3] – це сукупність властивостей, які досягаються в можливості дотримання оптимальних витрат праці, засобів, матеріалів і часу при технічній підготовці виробництва, виготовленні, експлуатації і ремонті при порівнянні з відповідними показниками однотипних конструкцій виробів того ж призначення, а також при забезпеченні встановлених значень показників якості і прийнятих умов виготовлення, експлуатації і ремонту (ГОСТ 18831-73).

Обробка матеріалу та його мінімальні витрати, простота геометричних форм, простота отримання заготівлі, зручність обробки і вимірювання поверхонь – це є загальними ознаками технологічності конструкції деталі.

Технологічність конструкції визначають за якісною оцінкою технологічності.

Виконуємо якісну оцінку:

- а) деталь форми прутки;
- б) деталь жорсткої конструкції, має канавки;
- в) нормальна точність деталі;
- г) оброблюється звичайним інструментом;
- г) усі поверхні оброблюються;
- д) шорсткість змінюється від 1.6 до 6.3;
- е) точність змінюється від 6-го до 12-го квалітету;

є) конструкторськими базами є поверхні - поверхня Ø10p6, Ø10e8 і Ø6h6 .

Робимо кількісну оцінку технологічності деталі:

Таблиця 1.7 – Оцінювання деталі на технологічність

№ розміру	Розміри	Квалітет	Шорсткість	Уніфікація
1	2	3	4	5
1	83 _{-0.3}	h14	6.3/4	+
2	7 _{-0.1}	h14	1.6/6	+
3	Ø5.35 ^{+0.118}	M6	6.3/4	+
4	Ø10 _{+0.015} ^{+0.024}	p6	1.6/6	+
5	Ø18 _{-0.27} ^{+1.0}	h14	1.6/6	+
6	18 _{-0.5} ^{+1.0}	h14	3.2/5	+
7	60 _{-0.5} ^{+1.0}	h14	6.3/4	+
8	Ø6 _{-0.008}	h6	3.2/5	+
9	Ø10 _{-0.047} ^{-0.025}	e8	6.3/4	+
10	Ø5.29 _{-0.112}	h14	3.2/5	+
11	9.5 _{-0.36} ^{+1.0}	M6	6.3/4	+
12	9 _{-1.5} ^{+1.0}	h14	3.2/5	+
13	62.5 _{-0.3}	h12	0.4/8	-
14	2 _{-0.1}	h12	6.3/4	+

Кількісна оцінка визначається за коефіцієнтами по формулі [2]

$$K_{tex} = \frac{K_{ye} + K_{точ} + K_{ш}}{3} > (0,06 \dots 1) \quad (1.6)$$

де K_{ye} - коефіцієнт уніфікованих елементів;

$K_{точ}$ - коефіцієнт точності;

$K_{ш}$ - коефіцієнт шорсткості.

Уніфікація коефіцієнту визначається за допомогою формули [2]

$$K_{y.e.} = \frac{Q_{ye.}}{Q_3} > 0,6 \quad (1.7)$$

де $K_{y.e.}$ – коефіцієнт уніфікації;

$Q_{ye.}$, Q_3 . – відповідно кількість уніфікованих елементів і загальна кількість елементів.

Коефіцієнт точності вираховується за формулою [2]

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{A_{cp}} > 0,8 \quad (1.8)$$

де $K_{тч}$ – коефіцієнт точності;

A_{cp} – середній квалітет точності визначається по формулі [2]

$$A_{cp} = \frac{15 \cdot n_1 + 14 \cdot n_2 + \dots + 6 \cdot n_n}{\sum n} \quad (1.9)$$

де $n_{1...n}$ - кількість розмірів, що мають відповідний квалітет;

$\sum n$ - кількість усіх розмірів.

Шорсткість коефіцієнту визначається за допомогою формули [2]

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{B_{cp}} > 0,6 \quad (1.10)$$

де $K_{ш}$ – коефіцієнт шорсткості;

B_{cp} – середній квалітет шорсткості [2], визначається по формулі 1.11

$$B_{cp} = \frac{K_4 \cdot n_1 + K_5 \cdot n_2 + \dots + K_7 \cdot n_n}{\sum n} \quad (1.11)$$

де $K_{4...7}$ - клас шорсткості;

$n_1...n_n$ - кількість розмірів, що мають відповідний клас шорсткості.

Визначимо коефіцієнт уніфікації по формулі 1.7:

$$K_{y.э.} = \frac{13}{14} = 0,9375 < 0,94$$

Визначимо коефіцієнт точності по формулі 1.8, 1.9:

$$A_{cp} = \frac{4 \cdot 14 + 4 \cdot 6 + 2 \cdot 12 + 8}{14} = 11$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{11} = 0,91 > 0,6$$

По даним коефіцієнту деталь технологічна.

Коефіцієнт шорсткості визначається за формулою 1.10, 1.11:

$$A_{cp} = \frac{6 \cdot 4 + 3 \cdot 6 + 4 \cdot 5 + 8}{14} = 5$$

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{5} = 0,8 > 0,6$$

По даним коефіцієнтам деталь є технологічною.

Загальний рівень технологічності визначаємо по формулі 1.6:

$$K_{tex} = \frac{0,94 + 0,91 + 0,8}{3} = 0,88 > 0,6$$

Отже за формулами можна зробити висновок, що деталь відповідає коефіцієнтам якісної і кількісної оцінки технологічності конструкції. А також деталь є типовою для свого класу.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Перехід від заготівлі до деталі виконують за декілька етапів. При проектуванні МОП визначають кількість переходів та послідовність.

МОП - це певна послідовність технологічних переходів обробки поверхні заготівлі, які необхідні для досягнення заданих показників якості цієї поверхні.

Задачі МОП і послідовність її проектування:

а) після ескізу заготівлі з вписаними контурами і кресленням деталі, робимо технологічну розмітку деталі (виділяємо основні поверхні які оброблятимуться) і позначаємо ці пверхні арабськими цифрами;

б) виявити кількість переходів механічної обробки, розрахувати загальне уточнення і визначити характеристики поверхонь;

в) основні показники точності та якості (ППТЯ) поверхонь деталі складаємо, а також установлюємо значення допусків та перелік технологічних переходів для цих переходів. На кожну поверхню розроблюємо декілька модифікацій ППТЯ. Число k переходів механічної обробки може бути різним.

г) доцільно, щоб повтор методів обробки в МОП однієї деталі був максимальним. Тим самим забезпечується скорочення номенклатури та скорочення необхідного ріжучого інструмента, а також дозволяється розробка ТП по принципу концентрації.

Перевагу віддають таким варіантам ППТЯ і МОП, що використовують найкоротший шлях (мінімальне число переходів), це виконують для досягнення кінцевої мети.

Створення поверхні або заготівельна операція (заготівля), це перший перехід. Від виду заготівлі залежить вибір іншого переходу в МОП і першого переходу механічної обробки. При невисокій точності заготівлі її поверхня

підлягає чорновій обробці. При точній – виконують чистову обробку, а в деяких випадках і оздоблювальну, кінцеву обробку.

Методи обробки проміжних переходів МОП необхідно встановити, базуючись на початковий і базовий метод обробки. При цій розробці потрібно виходити із того, що кожний наступний перехід повинен бути точнішим попереднього.

Для отримання необхідної точності і якості поверхні визначають необхідну кількість механічних переходів:

загальне уточнення [2]:

$$\varepsilon_{0i} = \frac{T_{i\text{заг}}}{T_{i\text{дет}}} \quad (1.12)$$

де $T_{i\text{заг}}$ – допуск на i -й параметр заготовки;

$T_{i\text{дет}}$ – допуск на i -й параметр деталі.

кількість переходів за лімітуючим показником:

$$k_{Ti} = 2 \lg \varepsilon_{T0i} \quad (1.13)$$

часткове уточнення на кожному j -тому переході

$$\varepsilon_{ij} = \frac{T_{i(j-1)}}{T_{ij}} \quad (1.14)$$

де $T_{i(j-1)}$ и T_{ij} – технологічні допуски, що забезпечують на попередньому $(j - 1)$ і даному j -тому переходах.

Маршрут обробки поверхні вважається прийнятим, якщо виконується умова:

$$\varepsilon_{i0} \leq \prod_{i=1}^k \varepsilon_{ij} \quad (1.15)$$

Проектування маршруту обробки зовнішньої циліндричної поверхні

$\varnothing 10^{+0,024}_{+0,015}$ мм

Вихідні дані:

Деталь:

$Td_d = 0,009$ мм = 9 мкм;

$Ra_d = 0,8$ мкм

Квалітет – p6.

Заготовка:

$Td_z = 1400$ мкм;

$Ra_z = 50$ мкм;

Квалітет - IT 17;

Загальні уточнення вимірюємо [2] за формулою 1.12:

$$\varepsilon_{oTd} = \frac{Td_{заг}}{Td_{дет}} = \frac{1400}{9} = 145,5$$

$$\varepsilon_{oRa} = \frac{Ra_{заг}}{Ra_{дет}} = \frac{50}{0,8} = 62,5$$

Визначаємо кількість переходів за лімітуючим показником [2] за формулою 1.13:

$$k_{розр} = 2 \lg \varepsilon_{oTd} = 4,9$$

Приймаємо кількість переходів $K=4$.

Різниця квалітетів [2]:

$$\Delta = IT_{заг} - IT_{дет} = 17 - 6 = 11 = 5 + 3 + 2 + 1$$

Складаємо послідовність ПТК [2]:

$$IT17 \rightarrow h12 \rightarrow h9 \rightarrow T/O \rightarrow h7 \rightarrow p6$$

$$Ra\ 50 \rightarrow Ra\ 6,3 \rightarrow Ra\ 3,2 \rightarrow T/O \rightarrow Ra\ 1,6 \rightarrow Ra\ 0,8$$

Визначаємо поправку за формулою 1.14:

1) Точіння чорнове [2]

$$\varepsilon_{Td1} = \frac{Td_{зар}}{Td_1} = \frac{1400}{150} = 9,33,$$

$$\varepsilon_{Ra1} = \frac{Ra_{зар}}{Ra_1} = \frac{50}{6,3} = 7,94.$$

2) Точіння чистове [2]

$$\varepsilon_{Td2} = \frac{Td_1}{Td_2} = \frac{150}{36} = 4,17,$$

$$\varepsilon_{Ra2} = \frac{Ra_1}{Ra_2} = \frac{6,3}{3,2} = 1,97.$$

3) Термічна обробка [2]

4) Шліфування попереднє [2]

$$\varepsilon_{Td4} = \frac{Td_2}{Td_4} = \frac{36}{15} = 2,4$$

$$\varepsilon_{Ra4} = \frac{Ra_2}{Ra_4} = \frac{3,2}{1,6} = 2.$$

5) Шліфування остаточне [2]

$$\varepsilon_{Td5} = \frac{Td_4}{Td_5} = \frac{15}{9} = 1,7$$

$$\varepsilon_{Ra5} = \frac{Ra_4}{Ra_5} = \frac{1,6}{0,8} = 2.$$

Загальна поправка для перевірки обраного маршруту [2] за допомогою формули 1.15:

$$\varepsilon_{Td0} = \prod_{i=1}^k \varepsilon_{iTd} = \varepsilon_{1Td} \cdot \varepsilon_{2Td} \cdot \varepsilon_{5Td} = 9,33 \cdot 4,17 \cdot 2,4 \cdot 1,7 = 148,7$$

$$\varepsilon_{Ra0} = \prod_{i=1}^k \varepsilon_{iRa} = \varepsilon_{1Ra} \cdot \varepsilon_{2Ra} \cdot \varepsilon_{5Ra} = 7,94 \cdot 1,97 \cdot 2 \cdot 2 = 62,6$$

$$\varepsilon_{oTd} \leq \Pi \varepsilon_{iTd}$$

$$145,5 \leq 148,7 - \text{вірно}$$

$$\varepsilon_{oRa} \leq \Pi \varepsilon_{iRa}$$

$$65,5 \leq 62,6 - \text{вірно}$$

Перевірка зійшлась отже маршрут обробки заданої поверхні вважаємо прийнятим.

Проектування маршруту обробки внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 6^{+0,018}_{-0,018}$ мм.

Визначимо дані по деталі та заготовці:

Деталь:

$$Td_d = 0,018 \text{ мм} = 18 \text{ мкм};$$

$$Ra_d = 0,8 \text{ мкм}$$

Квалітет – Н8.

Заготівля: даної поверхні в заготівлі немає, тому першим механічним переходом буде свердління (Н12, Ra 3,2, Td =120 мкм).

Вираховуємо загальні уточнення [2] за допомогою формули 1.12:

$$\varepsilon_{oTd} = \frac{Td_{\text{заг}}}{Td_{\text{дет}}} = \frac{120}{18} = 6,67$$

$$\varepsilon_{oRa} = \frac{Ra_{\text{заг}}}{Ra_{\text{дет}}} = \frac{3,2}{0,8} = 4$$

Визначаємо чисельність переходів за лімітуючою [2] ознакою за формулою 1.13:

$$K_{\text{расч}} = 2 \lg \varepsilon_{Td} = 1,9$$

Приймаємо кількість переходів $K=2$.

Складаємо послідовність ПТК [2]:

$$H12 \rightarrow T/O \rightarrow H8$$

$$Ra\ 3,2 \rightarrow T/O \rightarrow Ra\ 0,8$$

Оскільки перевірка зійшлась, вважаємо маршрут обробки заданої поверхні прийнятим.

Таблиця 1.9 - Зведена таблиця МОП

№	Розмір, мм	Вид поверхні	Заготовка			Деталь			$\varepsilon_{\text{отд}}$	$\varepsilon_{\text{оRa}}$	k	Δ
			Кв.	Td, мкм	Ra, мкм	Кв.	Td, мкм	Ra, мкм				
1	$\varnothing 10_{-0,022}$	зовнішня циліндр.	IT17	1400	50	h8	22	0,4	63,6	125	4	9
2	$\varnothing 10_{+0,015}^{+0,024}$	зовнішня циліндр.	IT17	1400	50	p6	9	0,8	148,7	62,5	4	11
3	$\varnothing 6_{+0,015}^{+0,024}$	зовнішня циліндр.	-	-	-	p6	9	3,2	-	-	3	-
4	$\varnothing 6_{+0,018}$	внутрішня циліндр.	-	-	-	H12	18	0,8	-	-	2	-
5	$83_{-0,12}$	торцева	IT15	1400	50	h8	54	3,2	25,9	15,6	2	7
6	$2_{-0,12}$	торцева	IT15	480	50	h12	120	3,2	4	15,6	1	3
7	$7_{-0,15}$	торцева	IT15	580	50	h12	150	3,2	3,9	15,6	1	3
8	$62,5_{-0,3}$	торцева	-	-	-	h12	300	3,2	-	-	1	-
9	$\varnothing 9,5_{-0,15}$	зовнішня циліндр.	-	-	-	h12	150	3,2	-	-	1	-
10	$\varnothing 5,5_{-0,12}$	зовнішня циліндр.	-	-	-	h12	120	3,2	-	-	1	-

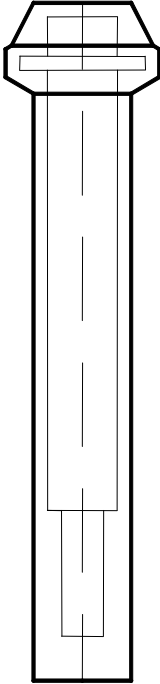
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Проектування ТП виготовлення деталі забезпечує мінімальну собівартість, потрібну якість, максимальну продуктивність, і мінімум шкоди навколишньому середовищу. Технологічними основами рішення цієї задачі закладаються у призначенні переходів маршрутів обробки поверхонь (МОП). Організаційні основи – це формування операцій маршруту виготовлення деталі (МВД).

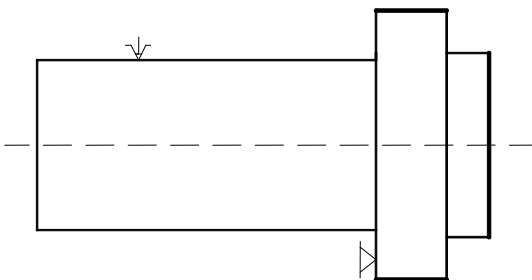
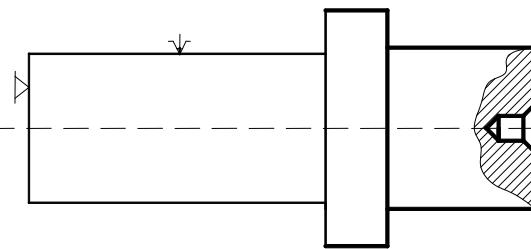
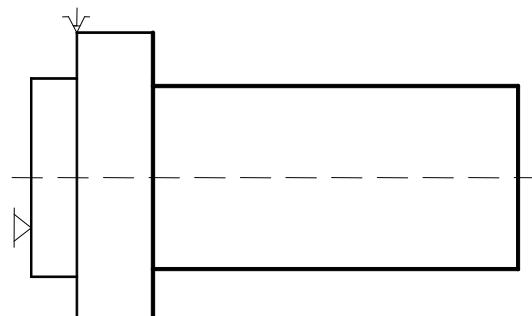
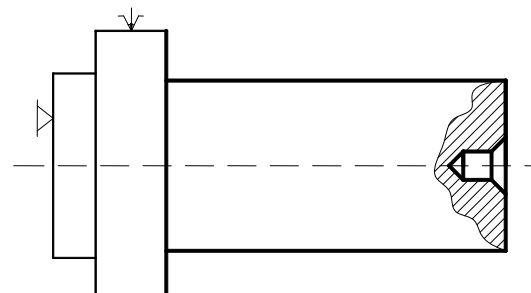
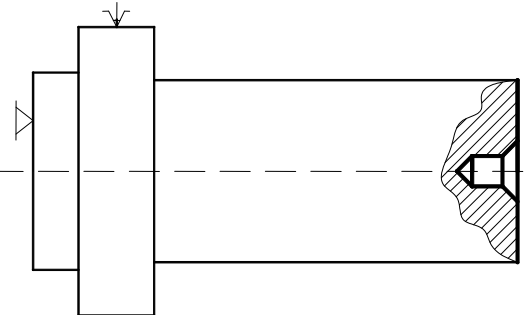
Маршрутом виготовлення деталі – є план, в основу якого закладено те, що деталь виготовляють до її кінцевого результату. Він складається з послідовності операцій технологічного процесу, типів і моделей верстата, встановлених технологічних комплексів, розроблених схем установок, в тому числі і характеристики оброблюваних поверхонь і т.п.

Виконуємо МВД у вигляді таблиці 1.10.

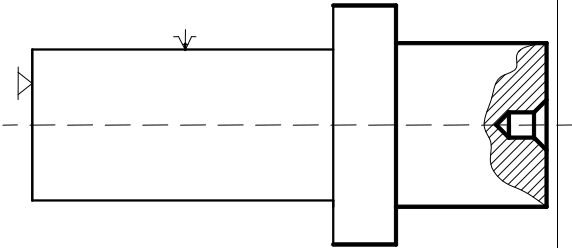
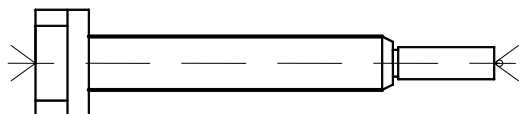
Таблиця 1.10 - Маршрут виготовлення деталі

№ оп.	Заводський ТП	№ оп.	Вдосконалений ТП
1	2	3	4
06	Заготівельна 	05	Заготівельна Штампування У відкритому штампі По заводу
09	Термообробка	09	Термообробка
13	Зачистка Верстак, Полірувальна бабка	13	Зачистка По заводу Верстак, Полірувальна бабка

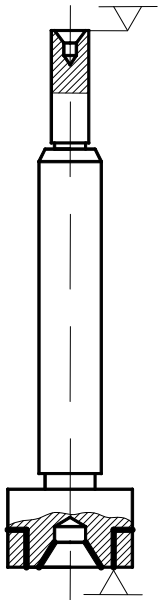
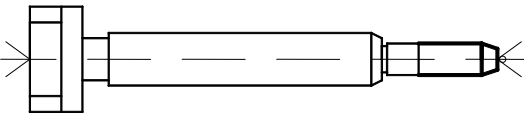
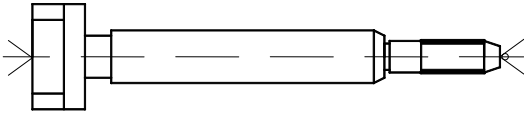
Продовження таблиці 1.10

16	Токарна  Токарно-револьверний, RC-3-36	16	Токарна  Токарно-револьверний, RC-3-36
19	Токарна  Токарно-револьверний, RC-4-36	19	Токарна  Токарно-револьверний, RC-4-36
23	Токарна  Токарно-револьверний, RC-4-36	23	Токарна По заводу Токарно-револьверний, RC-4-36

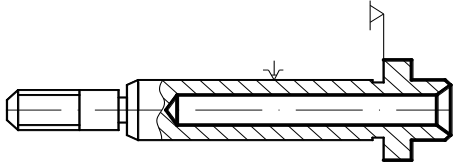
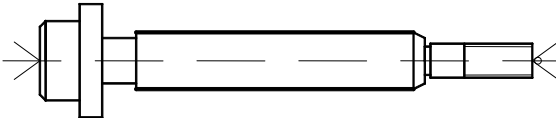
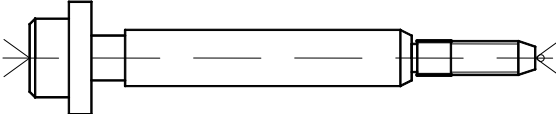
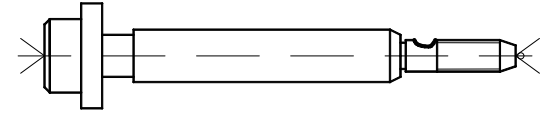
Продовження таблиці 1.10

26	Токарна  Токарно-револьверний, РС-4-36	26	Токарна По заводу Токарно-револьверний, РС-4-36
36	Токарна с ЧПУ Токарний з ЧПК, EEN-320	36	Токарна с ЧПУ По заводу Токарний з ЧПК, EEN-320
37	Зачистка Верстак, Полірувальна бабка	37	Зачистка По заводу Верстак, Полірувальна бабка
40	Транспортування	40	Транспортування
45	Бронзування	45	Бронзування
50	Стабілізація	50	Стабілізація
60	Шліфування  Круглошліфувальний ВІ-28	60	Шліфування По заводу Круглошліфувальний ВІ-28

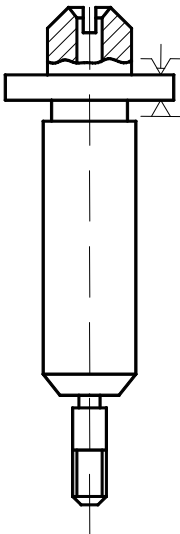
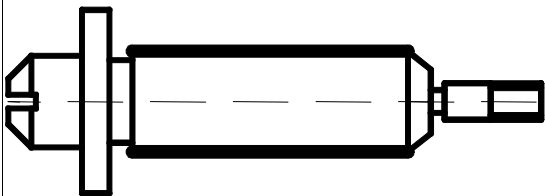
Продовження таблиці 1.10

70	Азотування	70	Азотування
75	Притиральна  Вертикально-свердильний, МН-18	75	Притиральна По заводу Вертикально-свердильний, МН-18
80	Токарна  Токарно-револьверний, Піттлер	80	Токарна По заводу Токарно-револьверний, Піттлер
85	Шліфувальна  Різьбошліфувальний 5822М	85	Шліфувальна По заводу Різьбошліфувальний 5822М

Продовження таблиці 1.10

90	Токарна  Токарно-револьверний BRT-36	90	Токарна По заводу Токарно-револьверний BRT-36
95	Шліфувальна  Безцентрово-шліфувальний ЗМ184	95	Шліфувальна По заводу Безцентрово-шліфувальний ЗМ184
100	Шліфувальна  Універсально-шліфувальна ВІ- 28	100	Шліфувальна По заводу Універсально-шліфувальна ВІ- 28
110	Фрезерна  Універсально-фрезерний СФ-250	110	Фрезерна По заводу Універсально-фрезерний СФ-250
115	Слюсарна Верстак, Полірувальна бабка	115	Слюсарна Верстак, Полірувальна бабка

Продовження таблиці 1.10

120	Фрезерна  Горизонтально-фрезерний СФ-250	120	Фрезерна По заводу Горизонтально-фрезерний СФ- 250
125	Слюсарна Верстак, Полірувальна бабка	125	Слюсарна По заводу Верстак, Полірувальна бабка
130	Полірування 	130	Полірування По заводу
135	Промивка	135	Промивка
140	Контроль	140	Контроль
145	Транспортування	145	Транспортування
150	Отримання покриття(Хім.Пас.)	150	Отримання покриття(Хім.Пас.)

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Усяка заготівля, яка в подальшому буде оброблятися, виготовляється з припуском. Припуск - шар металу, що видаляється з заготівки процесі обробки, необхідний для одержання остаточних розмірів і заданого класу шорсткості поверхонь деталей. Припуск ділиться на між операційний і загальний. Припуск, що знімається на протязі всієї обробки поверхні це загальний припуск. Він йде від розміру заготівки до остаточного розміру готової деталі. Міжопераційний припуск це - припуск який прибирають при виконанні окремих операцій. Він повинен бути таким, щоб при обробці були видалені всі дефекти попередніх переходів (дефективний шар і просторові відхилення). Він повинен мати розміри, що забезпечують виконання необхідної механічної обробки при виконанні необхідних вимог до якості поверхні металу а також точності розмірів деталі при найменших витратах собівартості деталі і матеріалу. Такий припуск являється оптимальним.

Циліндрична зовнішня поверхня $\varnothing 10^{+0,024}_{+0,015}$ мм

Обираємо мінімальні припуски табличним методом [1, с.39, табл. 4.3]:

Точіння чорнове $2z_2^{\min} = 2 \cdot 1,5 = 3,0$ мм;

Точіння чистове $2z_3^{\min} = 2 \cdot 0,25 = 0,5$ мм;

Шліфування попереднє $2z_4^{\min} = 2 \cdot 0,3 = 0,6$ мм;

Шліфування остаточне $2z_5^{\min} = 2 \cdot 0,06 = 0,12$ мм;

Номінальні припуски розраховуються [1]:

$$2z_2^H = 2z_2^{\min} + ei_1 = 3 + 0,5 = 3,5 \text{ мм};$$

$$2z_3^H = 2z_3^{\min} + Td_2 = 0,5 + 0,15 = 0,65 \text{ мм};$$

$$2z_4^H = 2z_4^{\min} + Td_3 = 0,6 + 0,036 = 0,636 \text{ мм};$$

$$2z_5^H = 2z_5^{\min} + Td_4 = 0,12 + 0,015 = 0,135 \text{ мм};$$

Знаходження номінальних діаметрів [1]:

$$\begin{aligned}d_1^H &= d_2^H + 2z_2^H = 11,421 + 3,5 = 14,921 \text{ мм}; \\d_2^H &= d_3^H + 2z_3^H = 10,771 + 0,65 = 11,421 \text{ мм}; \\d_3^H &= d_4^H + 2z_4^H = 10,135 + 0,636 = 10,771 \text{ мм}; \\d_4^H &= d_5^H + 2z_5^H = 10 + 0,135 = 10,135 \text{ мм}; \\d_5^H &= d_{\text{дет}}^H = 10 \text{ мм}.\end{aligned}$$

Знайдемо максимальні припуски [1]:

$$\begin{aligned}2z_2^{\max} &= 2z_2^{\min} + Td_1 + Td_2 = 3 + 1,4 + 0,15 = 4,55 \text{ мм}; \\2z_3^{\max} &= 2z_3^H + Td_3 = 0,65 + 0,036 = 0,686 \text{ мм}; \\2z_4^{\max} &= 2z_4^H + Td_4 = 0,636 + 0,015 = 0,651 \text{ мм}; \\2z_5^{\max} &= 2z_5^H + Td_5 = 0,135 + 0,009 = 0,144 \text{ мм};\end{aligned}$$

Знаходження загального номінального припуску [1]:

$$2z_0^H = \sum 2z_i^H = 3,5 + 0,65 + 0,636 + 0,135 = 4,921 \text{ мм}.$$

Перевірка:

$$\begin{aligned}1. \quad d_{\text{заг}}^H - d_{\text{дет}}^H &= 2z_0^H \\14,921 - 10 &= 4,921 \\4,921 &= 4,921 - \text{вірно.} \\2. \quad 2z_2^{\max} - 2z_2^{\min} &= Td_1 + Td_2 \\4,55 - 3 &= 1,4 + 0,15 \\1,55 &= 1,55 - \text{вірно.} \\2z_3^{\max} - 2z_3^{\min} &= Td_2 + Td_3; \\0,686 - 0,5 &= 0,15 + 0,036\end{aligned}$$

$$0,186=0,186 - \text{вірно.}$$

$$2z_4^{\max} - 2z_4^{\min} = Td_3 + Td_4;$$

$$0,651-0,6=0,036+0,015$$

$$0,051=0,051 - \text{вірно.}$$

$$2z_5^{\max} - 2z_5^{\min} = Td_4 + Td_5;$$

$$0,144-0,12=0,015+0,009$$

$$0,024=0,024 - \text{вірно.}$$

Результати заносимо до таблиці 1.11.

Таблиця 1.11 – Розрахунок параметрів припусків на обробку поверхні

$\varnothing 10^{+0,024}_{+0,015}$

	Операції	es, мм	ei, мм	Td, мм	$2z_i^H$, мм	d_i^H , мм	Виконавчий розмір d, мм	$2z_i^{\max}$, мм	$2z_i^{\min}$, мм
1	Заготовка	0,9	-0,5	1,4	-	14,921	$\varnothing 15^{+0,9}_{-0,5}$	-	-
2	Чорнове точіння	-	-0,15	0,15	3,5	11,421	$\varnothing 11,4_{-0,15}$	4,55	3,0
3	Чистове точіння	-	-0,036	0,036	0,65	10,771	$\varnothing 10,8_{-0,036}$	0,686	0,5
4	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліфування попереднє	-	-0,015	0,015	0,636	10,135	$\varnothing 10,1_{-0,015}$	0,651	0,6
5	Шліфування остаточне	0,024	0,015	0,009	0,135	10	$\varnothing 10^{+0,024}_{+0,015}$	0,144	0,12

Циліндрична внутрішня поверхня $\varnothing 6^{+0,018}$ мм

Визначаємо висоту нерівностей R_z та висоту дефектного шару h за [1, с.19, табл. 3.9].

За переходами:

Свердління $R_z = 100$ мкм; $h = 80$ мкм.

Розточування $R_z = 20$ мкм; $h = 20$ мкм.

Визначимо значення просторових відхилень ρ для заготовки [1, с.25, табл. 3.9]:

$$\rho_{\text{кор}}^{\text{табл}} = 2,4 \text{ мкм/мм}$$

$$\rho_{\text{кор}} = \rho_{\text{кор}}^{\text{табл}} \cdot l = 2,4 \cdot 92 = 220,8 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{зміщ}} = 0,8 \text{ мм} = 800 \text{ мкм}$$

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{зміщ}}^2} = \sqrt{220,8^2 + 800^2} = 830 \text{ мкм}$$

За переходами :

Коефіцієнти уточнення [4, с.190, табл. 29]:

$$K_{\text{усвердл.}} = 0,06 ; K_{\text{урозт.}} = 0,03$$

$$\rho_2 = 830 \cdot 0,06 = 50 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{T/O}} = \rho_{\text{кор.T/O}} \cdot l = 0,5 \cdot 92 = 46 \text{ мкм}$$

$$\rho_3 = 46 \cdot 0,03 = 2 \text{ мкм}$$

де $\rho_{\text{кор.T/O}} = 0,5$ мкм/мм [4, с.186, т.16] - короблення заготовки після термообробки;

Визначимо мінімальний припуск [4]:

$$2z_2^{\min} = 2(20 + 20 + \sqrt{46^2 + 50^2}) = 0,2 \text{ мм};$$

Визначимо номінальний припуск:

$$2z_2^{\text{H}} = 2z_2^{\min} + Td_2 = 0,2 + 0,018 = 0,218 \text{ мм};$$

Визначимо номінальні діаметри:

$$d_1^H = d_2^H - 2z_2^H = 6 - 0,218 = 5,782 \text{ мм};$$

$$d_2^H = d_{\text{дет}}^H = 6 \text{ мм}.$$

Знайдемо максимальний припуск:

$$2z_2^{\max} = 2z_2^H + Td_1 = 0,218 + 0,12 = 0,338 \text{ мм};$$

Таблиця занесених результатів 1.12.

Таблиця 1.12 - Припуски на обробку поверхні у розрахунках $\phi 6^{+0,018}$

	Операції	R_z , мкм	h , мкм	ρ , мкм	ε_i , мкм	Td , мм	$2z_i^H$, мм	d_i^H , мм	Викон. розмір d , мм	$2z_i^{\max}$, мм	$2z_i^{\min}$, мм
1	Заготівельна	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Свердління	100	80	50	-	0,12	-	5,782	$\phi 5,8^{+0,12}$	-	-
3	Т/О	-	-	46	-	-	-	-	-	-	-
4	Розточування	20	20	2	50	0,018	0,63	6	$\phi 6^{+0,018}$	0,338	0,2

1.6 Розрахунок режимів різання та технічної норми часу

Етапи призначення режимів різання: Етапи призначення режимів різання:

1. Вибір ріжучого інструменту.

2. Призначення стійкості ріжучого інструменту (Т, хв). Вибір із таблиць з довідника [3] в залежності від типу, матеріалу і геометрії інструмента та параметрів заготовки.

3. Призначення глибини різання (t, мм).

- для точіння, круглого шліфування, розточування, розгортання, зенкерування [3]:

$$t = \frac{d_{i-1} - d_i}{2} \quad (1.16)$$

де d_{i-1} – розмір деталі, отриманий на попередній операції, мм;

d_i – розмір, який отримують на даній операції, мм.

Для свердління [3]

$$t = \frac{d_{св.}}{2} \quad (1.17)$$

де $d_{св.}$ – діаметр свердла, мм.

4. Призначення подачі [3].

1) Обираємо $S_{табл.}$, мм/об за спеціальними таблицями;

2) Знаходимо $S_{розр.}$, мм/об;

Для точіння [3]:

$$S_{розр.} = S_{табл.} \cdot K_{Sp} \cdot K_{Si} \cdot K_{Sф} \cdot K_{Sз} \cdot K_{Sж} \cdot K_{Sm} \quad (1.18)$$

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

K_{Si} – коефіцієнт, який враховує матеріал інструмента;

$K_{Sф}$ – коефіцієнт, що враховує форму поверхні;

$K_{Sз}$ – коефіцієнт, що враховує термообробку;

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

K_{SM} – коефіцієнт, що враховує матеріал деталі.

Для свердління [3]:

$$S_{\text{розр}} = S_{\text{табл}} \cdot K_{Si} \cdot K_{Si} \cdot K_{Sd} \cdot K_{Sж} \cdot K_{SM} \quad (1.19)$$

де K_{Si} – коефіцієнт, що враховує глибину свердління;

K_{Sd} – коефіцієнт, який враховує тип оброблюваного отвору.

Для фрезерування [3]:

$$S_{\text{розр}} = S_{\text{табл}} \cdot K_{Sc} \cdot K_{Si} \cdot K_{Sф} \cdot K_{SR} \quad (1.20)$$

де K_{Sc} – коефіцієнт, що враховує шифр схеми фрезерування;

K_{SR} – коефіцієнт, що враховує шорсткість поверхні.

Для шліфування [3]:

$$S_{\text{розр}} = S_{\text{табл}} \cdot K_M \cdot K_R \cdot K_D \cdot K_{Vк} \cdot K_t \cdot K_T \cdot K_h \quad (1.21)$$

де K_R – коефіцієнт, що враховує радіус галтелі;

K_D – коефіцієнт, який враховує діаметр круга;

$K_{Vк}$ – коефіцієнт, що враховує швидкість круга;

K_t – коефіцієнт, що враховує стійкість круга;

K_T – коефіцієнт, що враховує точність обробки;

K_h – коефіцієнт, що враховує припуск на обробку.

3) Визначаємо S_o , мм/об за паспортом верстата.

5. Визначення швидкості різання.

1) Обираємо $V_{\text{табл}}$, м/хв за спеціальними таблицями;

2) Знаходимо $V_{\text{розр}}$, м/хв

Для точіння:

$$V_{\text{розр}} = V_{\text{табл}} \cdot K_{V\text{п}} \cdot K_{V\text{и}} \cdot K_{V\varphi} \cdot K_{V\text{з}} \cdot K_{V\text{ж}} \cdot K_{V\text{м}} \cdot K_{V\text{о}} \quad (1.22)$$

де $K_{V\text{о}}$ – коефіцієнт, що враховує вплив ЗОР;

$K_{V\varphi}$ – коефіцієнт, що враховує кут в плані.

Для свердління [3]:

$$V_{\text{розр}} = V_{\text{табл}} \cdot K_{V\text{л}} \cdot K_{V\text{и}} \cdot K_{V\text{д}} \cdot K_{V\text{т}} \cdot K_{V\text{м}} \cdot K_{V\text{о}} \quad (1.23)$$

де $K_{V\text{л}}$ – коефіцієнт, що враховує довжину свердління.

Для фрезерування [3]:

$$V_{\text{розр}} = V_{\text{табл}} \cdot K_{V\text{п}} \cdot K_{V\text{и}} \cdot K_{V\varphi} \cdot K_{V\text{с}} \cdot K_{V\text{ф}} \cdot K_{V\text{м}} \cdot K_{V\text{о}} \cdot K_{V\text{в}} \quad (1.24)$$

де $K_{V\text{в}}$ – коефіцієнт, що враховує відношення фактичної ширини фрезерування до нормативної.

6. Визначення кількості обертів (n , об/хв.) [3].

1) Визначаємо $n_{\text{розр}}$

$$n_{\text{розр}} = \frac{1000 \cdot V_{\text{розр}}}{\pi \cdot d} \quad (1.25)$$

2) За паспортом верстата приймаємо найближче менше значення $n_{\text{верст}}$, об/хв

3) Знаходимо фактичну швидкість різання $V_{\text{ф}}$, м/хв

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{\text{верст}}}{1000} \quad (1.26)$$

Технологічне нормування

$$t_{\text{шт-к}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{пз}}}{n} \quad (1.28)$$

де $t_{\text{шт}}$ – штучний час, хв;

$t_{\text{пз}}$ – підготовчо-заключний час, хв;

n – об'єм партії, шт.

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{приб}} \quad (1.29)$$

$$t_{\text{оп}} = t_o + t_v \quad (1.30)$$

$$t_{\text{приб}} = t_{\text{оп}} \cdot \alpha_{\Sigma} \quad (1.31)$$

де $t_{\text{оп}}$ – операційний час, хв;

$t_{\text{приб}}$ – час на обслуговування робочого місця та відпочинок, хв;

α_{Σ} – коефіцієнт прибавочного часу;

t_o - оперативний час, хв;

t_v - допоміжний час, хв.

$$t_o = \sum t_{oj}, \quad (1.32)$$

$$t_{oj.} = \sum t_{oi}, \quad (1.33)$$

$$t_{oi} = \frac{l_{p.x.}}{S_o \cdot n} \cdot i \quad (1.34)$$

де $t_{oj.}$ основний час i -го переходу, хв;

t_{oi} – оперативний час обробки i -ї поверхні, хв;

$l_{p.x.}$ – довжина робочого ходу, мм;

i – кількість проходів.

Для шліфування основний час за формулою:

$$T_{\text{осн}} = \frac{L_{\text{рез}} \cdot z \cdot k}{S_o \cdot S_p \cdot n_{\text{дет}}} \cdot i \quad (1.35)$$

$$t_b = k \cdot (t_{\text{уст}} + t_{\text{зн}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{шп}} + t_{\text{шв}} + t_{\text{контр}}) \quad (1.36)$$

де k – коефіцієнт, що враховує серійність;

$t_{\text{уст}}, t_{\text{зн}}$ - час на установку та зняття заготовки, хв;

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

$t_{\text{шп}}, t_{\text{шв}}$ - швидке підведення та відведення інструменту в початкове положення, хв;

$t_{\text{контр}}$ – час на вимір та контроль оперативних параметрів деталі, хв;

$$t_{\text{упр}} = t_{\text{вкл}} + t_{\text{викл}} + t_{\text{поворотарг}} + t_{\text{пер.част.}} + t_{\text{огр}} \quad (1.37)$$

де $t_{\text{вкл}}$ та $t_{\text{викл}}$ - час на вмикання та вимикання верстата, хв;

$t_{\text{поворотарг}}$ – час на поворот револьверної головки в наступну позицію, хв;

$t_{\text{пер.част.}}$ – час на переключення частоти обертання шпинделя, хв;

$t_{\text{огр}}$ - час на огорожу від стружки, хв.

Операція 026 Токарна.

Операція виконується на токарному верстаті РС-4-36.

Пристосування: трьохкулачковий патрон.

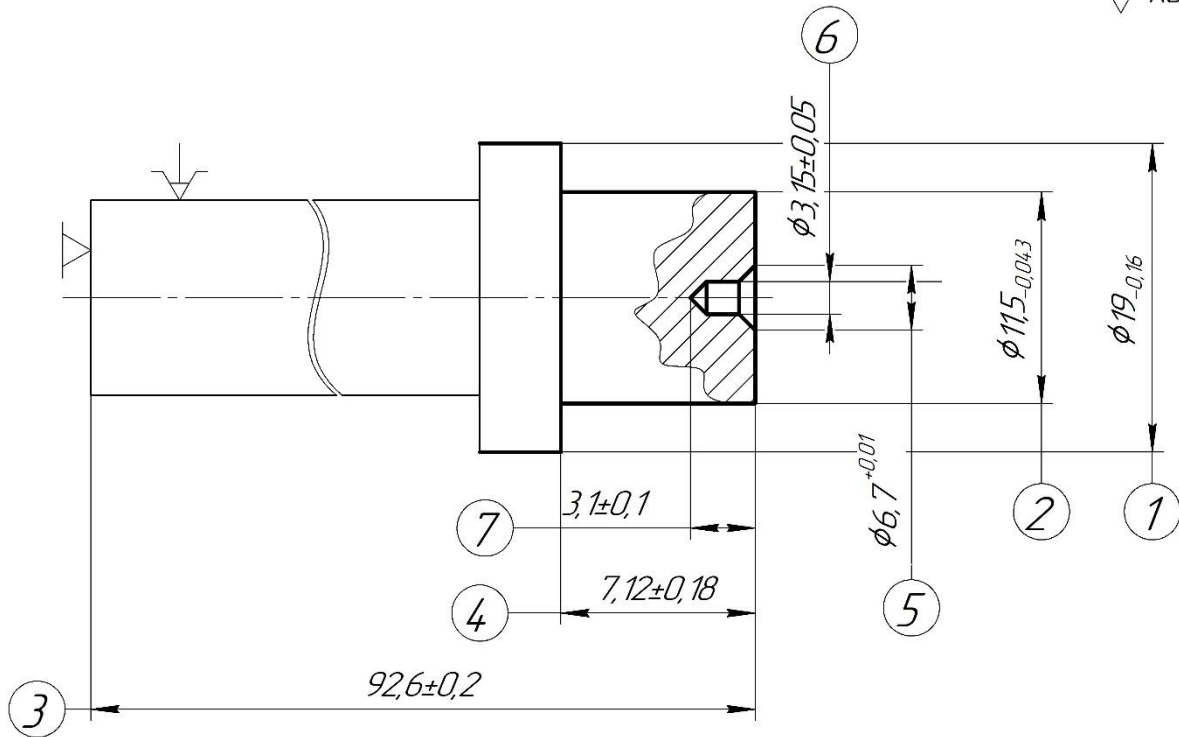


Рисунок 1.8 - Операційний ескіз токарної операції

Глибина різання:

$$t_1 = \frac{12 - 11,5}{2} = 0,25 \text{ мм}$$

$$t_2 = 93,2 - 92,6 = 0,6 \text{ мм}$$

$$t_3 = \frac{20 - 19}{2} = 0,5 \text{ мм}$$

Перехід 1: Підрізати торець, витримуючи розмір 3.

Інструмент: різець 2112-0101 ГОСТ 18880-73, 12x12, ВК6, R=0,4 мм;

Обираємо подачу за [3, с.237, т.26]: $S_{\text{табл}} = 0,3 \text{ мм/об.}$

За формулою (1.18) визначаємо $S_{\text{розр}}$:

$$S_{\text{розр}} = 0,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,45 \cdot 1,07 = 0,414 \text{ мм/об}$$

де $K_{\text{сп}} = 1$ – для поверхні без корки;

$K_{\text{си}} = 1$ – для інструменту із твердого сплаву;

$$K_{S\phi} = 1;$$

$$K_{S3} = 1;$$

$$K_{Sж} = 0,45 \text{ – для оброблюваного діаметра } 20 \text{ мм};$$

$$K_{SM} = 1,07 \text{ – для заданого матеріалу.}$$

Приймаємо $S_o = 0,1 \text{ мм/об.}$

Табличну швидкість обираємо за [3, с.243, т.36]: $V_{\text{табл}} = 304 \text{ м/хв.}$

Визначаємо $V_{\text{розр}}$ за формулою (1.22):

$$V_{\text{розр}} = 304 \cdot 0,83 \cdot 1 \cdot 0,45 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,81 = 92 \text{ м/хв}$$

де $K_{V\pi} = 1$ – для поверхні без корки;

$K_{Vи} = 0,83$ – для інструменту з ВК8;

$$K_{V3} = 1;$$

$K_{Vж} = 0,45$ – для оброблюваного діаметра 20 мм;

$K_{Vo} = 1$ – обробка з ЗОР;

$K_{V\phi} = 0,81$ – коефіцієнт, що враховує кут в плані 90° .

За формулою (1.25) визначаємо $n_{\text{розр}}$:

$$n = \frac{1000 \cdot 92}{3,14 \cdot 20} = 1465 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Обираємо частоту обертання $n = 1000 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Визначаємо фактичну швидкість різання V_ϕ за формулою (1.26)

$$V = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 1000}{1000} = 62,8 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Перехід 2: Центрувати торець, витримуючи розміри 5,6,7.

Інструмент: свердло центровальне 2317-0002 ГОСТ 14952-75 Р6М5

Обираємо подачу за [3, с.267, т.64]: $S_{\text{табл}} = 0,04$ мм/об.

За формулою (1.19) визначаємо $S_{\text{розр}}$:

$$S_{\text{розр}} = 0,04 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,03 \text{ мм/об}$$

Приймаємо $S_0 = 0,03$ мм/об.

Табличну швидкість обираємо за [3,с.268, т.66]: $V_{\text{табл}} = 18$ м/хв.

Визначаємо $V_{\text{розр}}$ за формулою (1.23):

$$V_{\text{розр}} = 18 \cdot 1 \cdot 0,91 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 16,4 \text{ м/хв}$$

де $K_{V\pi} = 1$ – для поверхні без корки;

$K_{Vi} = 0,91$ – для інструменту з Р6М5;

$K_{Va} = 1$ – для глухого отвору;

$K_{VT} = 1$;

$K_{Sl} = 1$ – для глибини свердління $< 3D$;

$K_{Vo} = 1$ – обробка з ЗОР.

За формулою (1.25) визначаємо $n_{\text{розр}}$:

$$n = \frac{1000 \cdot 16,4}{3,14 \cdot 3} = 740 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Обираємо частоту обертання $n = 700 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Визначаємо фактичну швидкість різання V_f за формулою (1.23)

$$V = \frac{3,14 \cdot 3 \cdot 700}{1000} = 15,3 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Перехід 3: Точити поверхні, витримуючи розміри 1,2,4.

Інструмент: різець 2100-0005 ГОСТ 18878-73, 12x12, ВК6, R=1мм;

Обираємо подачу за [3, с.237, т.26]: $S_{\text{табл}} = 0,3 \text{ мм/об.}$

За формулою (1.18) визначаємо $S_{\text{розр}}$:

$$S_{\text{розр}} = 0,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,45 \cdot 1,07 = 0,414 \text{ мм/об}$$

де $K_{S\pi} = 1$ – для поверхні без корки;

$K_{Si} = 1$ – для інструменту із твердого сплаву;

$K_{S\phi} = 1$;

$K_{S3} = 1$;

$K_{Sж} = 0,45$ – для оброблюваного діаметра 20 мм;

$K_{Sm} = 1,07$ – для заданого матеріалу.

Приймаємо $S_o = 0,1 \text{ мм/об.}$

Табличну швидкість обираємо за [3,с.243, т.36]: $V_{\text{табл}} = 304 \text{ м/хв.}$

Визначаємо $V_{\text{розр}}$ за формулою (1.22):

$$V_{\text{розр}} = 304 \cdot 0,83 \cdot 1 \cdot 0,45 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 113 \text{ м/хв}$$

де $K_{V\pi} = 1$ – для поверхні без корки;

$K_{Vi} = 0,83$ – для інструменту з ВК8;

$K_{V3} = 1$;

$K_{Vж} = 0,45$ – для оброблюваного діаметра 20 мм;

$K_{Vo} = 1$ – обробка з ЗОР;

$K_{V\varphi} = 1$ – коефіцієнт, що враховує кут в плані 45° .

За формулою (1.25) визначаємо $n_{\text{розр}}$:

$$n = \frac{1000 \cdot 113}{3,14 \cdot 20} = 1800 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Обираємо частоту обертання $n = 1000 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Визначаємо фактичну швидкість різання V_ϕ за формулою (1.26)

$$V = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 1000}{1000} = 62,8 \frac{\text{м}}{\text{хв.}}$$

Нормування:

Перехід 1:

Оперативний час за формулою (1.34):

$$L_1 = \frac{11,5}{2} + 3 + 3 = 11,75 \text{ мм}$$

$$T_{\text{очн } 1} = \frac{11,75}{0,1 \cdot 1000} = 0,12 \text{ хв.}$$

Перехід 2:

$$L_2 = 3,1 + 0 + 3 = 6,1 \text{ мм}$$

$$T_{\text{очн } 2} = \frac{6,1}{0,03 \cdot 700} = 0,3 \text{ хв.}$$

Перехід 3:

$$L_3 = 24,87 \text{ мм}$$

$$T_{\text{очн } 3} = \frac{24,87}{0,1 \cdot 1000} = 0,25 \text{ хв.}$$

Оперативний час операції за формулою (1.32):

$$T_0 = T_{\text{очн } 1} + T_{\text{очн } 2} + T_{\text{очн } 3} = 0,12 + 0,3 + 0,25 = 0,67 \text{ хв.}$$

Допоміжний час по формулі (1.36):

$$T_{\text{уст}} = 0,67 \text{ хв [5, карта 51, стр.138];}$$

$$T_{\text{упр}} = 0,08 + 0,05 + 0,15 + 0,03 = 0,31 \text{ хв [5, карта 60-61, стр.150];}$$

$$T_{\text{контр}} = 0,12 + 0,06 = 0,18 \text{ хв [5, карта 64, стр.160];}$$

$$T_{\text{доп}} = 0,67 + 0,31 + 0,18 = 1,16 \text{ хв.}$$

Операційний час за формулою (1.30):

$$T_{\text{оп}} = 0,67 + 1,16 = 1,83 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок за формулою (1.31):

$$T_{\text{приб}} = (0,03 + 0,04 + 0,04) \cdot 1,83 = 0,2 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час за формулою (1.28):

$$T_{\text{шт-к}} = 1,83 + 0,2 + \frac{19}{200} = 2,13 \text{ хв.}$$

Операція 087 Свердлильна.

Операція виконується свердлильному верстаті МН-18.

Інструмент: свердло 2300-2581 Ø 5,8 мм ГОСТ 10902-77, матеріал Р6М5;

Режими різання:

$$\text{Глибина різання } t = \frac{5,8}{2} = 2,9 \text{ мм.}$$

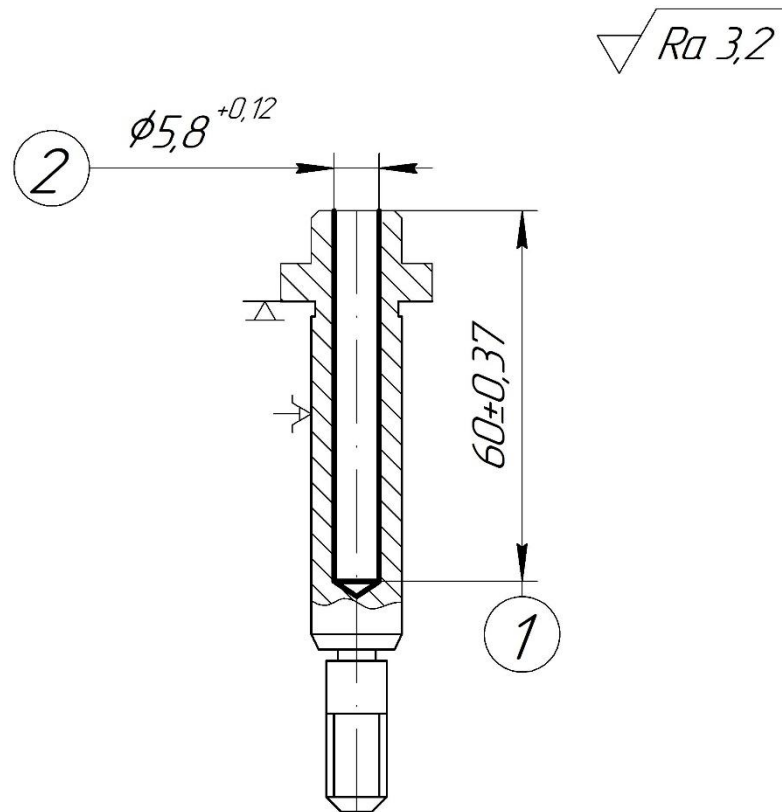


Рисунок 1.9 – Свердлильна операція в операційному ескізі

Свердлити отвір, витримуючи розміри 1,2.

Обираємо подачу за [3, с.267, т.64]: $S_{\text{табл}} = 0,16$ мм/об.

За формулою (1.16) визначаємо $S_{\text{розр}}$:

$$S_{\text{розр}} = 0,16 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0,05 \text{ мм/об}$$

де $K_{Sl} = 0,6$ – для глибини свердління $10D$;

$K_{Si} = 1$ – для інструменту із швидкоріжучої сталі;

$K_{Sd} = 0,5$ – для глухого отвору;

$K_{Sm} = 1$ – для легованих сталей.

Приймаємо $S_o = 0,05$ мм/об.

Табличну швидкість обираємо за [3, с.268, т.66]: $V_{\text{табл}} = 38$ м/хв.

Визначаємо $V_{\text{розр}}$ за формулою (1.23):

$$V_{\text{розр}} = 38 \cdot 1 \cdot 0,91 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 = 23,3 \text{ м/хв}$$

де $K_{Vn} = 1$ – для поверхні без корки;

$K_{Vi} = 0,91$ – для інструменту з Р6М5;

$K_{Va} = 0,9$ – для глухого отвору;

$K_{VT} = 1$;

$K_{Sl} = 0,75$ – для глибини свердління $10D$;

$K_{Vo} = 1$ – обробка з ЗОР.

За формулою (1.22) вираховуємо $n_{\text{розр}}$:

$$n = \frac{1000 \cdot 23,3}{3,14 \cdot 5,8} = 1279 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Обираємо частоту обертання $n = 1200 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Визначаємо фактичну швидкість різання V_ϕ за формулою (1.23)

$$V = \frac{3,14 \cdot 5,8 \cdot 1200}{1000} = 21,9 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Нормування

Формула оперативного часу (1.31):

$$L_1 = 60 + 5 + 0 = 65 \text{ мм}$$

$$T_{\text{очн } 1} = \frac{65}{0,05 \cdot 1200} = 1,1 \text{ хв.}$$

Формула допоміжного часу (1.33):

$$T_{\text{уст}} = 0,53 \text{ хв [5, карта 81, стр.158];}$$

$$T_{\text{упр}} = 0,08 + 0,05 + 0,1 + 0,05 = 0,28 \text{ хв [5, карта 85-66, стр.170];}$$

$$T_{\text{контр}} = 0,12 + 0,06 = 0,18 \text{ хв [5, карта 88, стр.172];}$$

$$T_{\text{доп}} = 0,53 + 0,28 + 0,18 = 0,99 \text{ хв.}$$

Формула операційного часу (1.27):

$$T_{\text{оп}} = 1,1 + 0,99 = 2,09 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок за допомогою формули (1.28):

$$T_{\text{приб}} = (0,03 + 0,04 + 0,04) \cdot 2,09 = 0,23 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час за формулою (1.25):

$$T_{\text{шт-к}} = 2,09 + 0,23 + \frac{29}{200} = 2,5 \text{ хв.}$$

Операція 120 Фрезерна

Операція виконується на фрезерному верстаті СФ-250.

Інструмент: дискова фреза 2250-0001 ГОСТ 3964-69, матеріал Р9М4К8;

Режими різання:

Обираємо подачу на зуб за [3, с.304, т.112]: $S_{Z\text{табл}} = 0,15 \text{ мм/зуб.}$

За формулою (1.20) розраховуємо $S_{\text{розр}}$:

$$S_{Z\text{розр}} = 0,15 \cdot 0,66 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0,05 \text{ мм/об}$$

де $K_{V\phi} = 0,66$ – для обробки пазу;

$K_{Vн} = 1$ – для інструменту з швидкорізучої сталі;

$K_{SR} = 0,5$.

$$S_o = S_{z_{розр}} \cdot Z = 0,05 \cdot 14 = 0,7 \text{ мм/об}$$

де $Z=14$ – кількість зубів фрези.

Приймаємо $S_o = 0,7$ мм/об.

Табличну швидкість обираємо за [3,с.332, т.149]: $V_{табл} = 41$ м/хв.

Розрахунок $V_{розр}$ за формулою (1.24):

$$V_{розр} = 41 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 28,7 \text{ м/хв}$$

де $K_{Vп} = 1$ – для поверхні без корки;

$K_{Vф} = 0,7$ – для обробки пазу;

$K_{Ви} = 1$ – для інструменту з Р9М4К8;

$K_{VB} = 1$;

$K_{Vo} = 1$ – обробка з ЗОР.

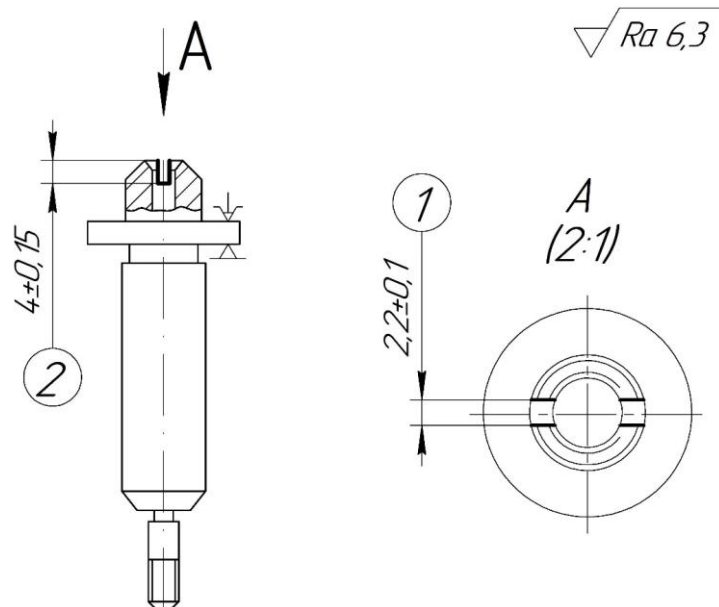


Рисунок 1.10 - Операційний макет фрезерного процесу

За допомогою формули (1.24) визначаємо $n_{розр}$:

$$n = \frac{1000 \cdot 28,7}{3,14 \cdot 20} = 457 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Обираємо частоту обертання $n = 400 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Визначаємо фактичну швидкість різання V_f за формулою (1.26)

$$V = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 400}{1000} = 25,1 \frac{\text{м}}{\text{хв}}.$$

Оперативний час за допомогою формули (1.34):

$$L_1 = 5 + 5 + 20 = 30 \text{ мм}$$

$$T_{\text{осн}} = \frac{30}{0,7 \cdot 400} = 0,11 \text{ хв.}$$

Допоміжний час розраховується за допомогою формули (1.36):

$$T_{\text{уст}} = 0,53 \text{ хв [5, карта 81, стр.158];}$$

$$T_{\text{упр}} = 0,08 + 0,05 + 0,1 + 0,05 = 0,28 \text{ хв [5, карта 85-66, стр.170];}$$

$$T_{\text{контр}} = 0,12 + 0,06 = 0,18 \text{ хв [5, карта 88, стр.172];}$$

$$T_{\text{доп}} = 0,53 + 0,28 + 0,18 = 0,99 \text{ хв.}$$

Операційний час визначається за формулою (1.30):

$$T_{\text{оп}} = 0,11 + 0,99 = 1,1 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок визначається за формулою (1.31):

$$T_{\text{приб}} = (0,03 + 0,04 + 0,04) \cdot 1,1 = 0,12 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час визначається по формулі (1.28):

$$T_{\text{шт-к}} = 1,1 + 0,12 + \frac{17}{200} = 1,3 \text{ хв.}$$

1.7 Розробка трьох технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК

1.7.1 Розробка токарної операції

Модуль NX-CAM дозволив отримати графічні зображення та програму токарних чистових переходів.

На рисунку 1.11 зображена траєкторія руху різця при обробці торцю. На рисунку 1.12 зображений різець у робочій зоні, під час проведення обробки. На рисунку 1.13 зображена обробка торцю підрізним різцем за допомогою програми.

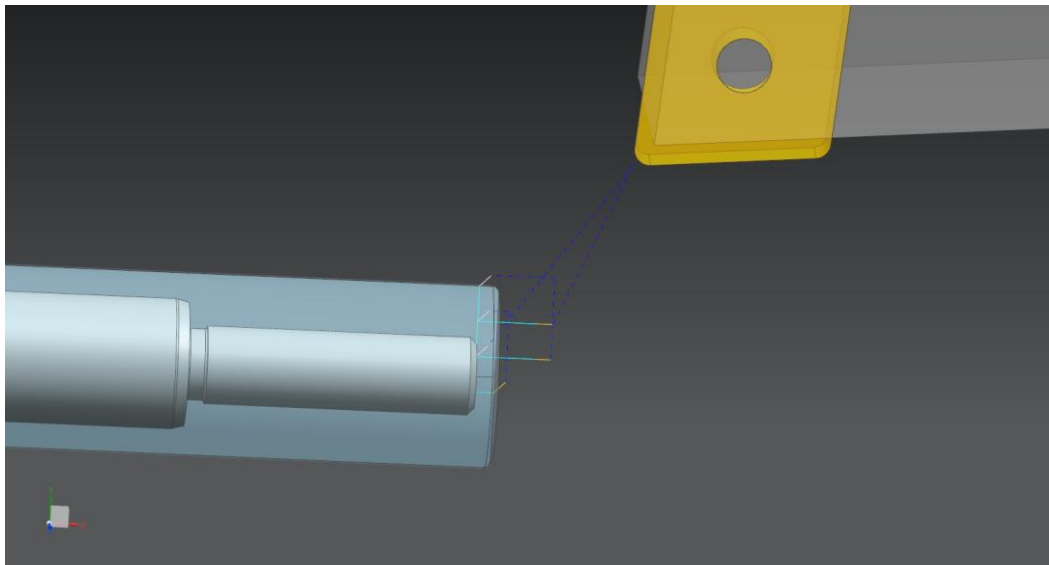


Рисунок 1.11 – Траєкторія руху різця

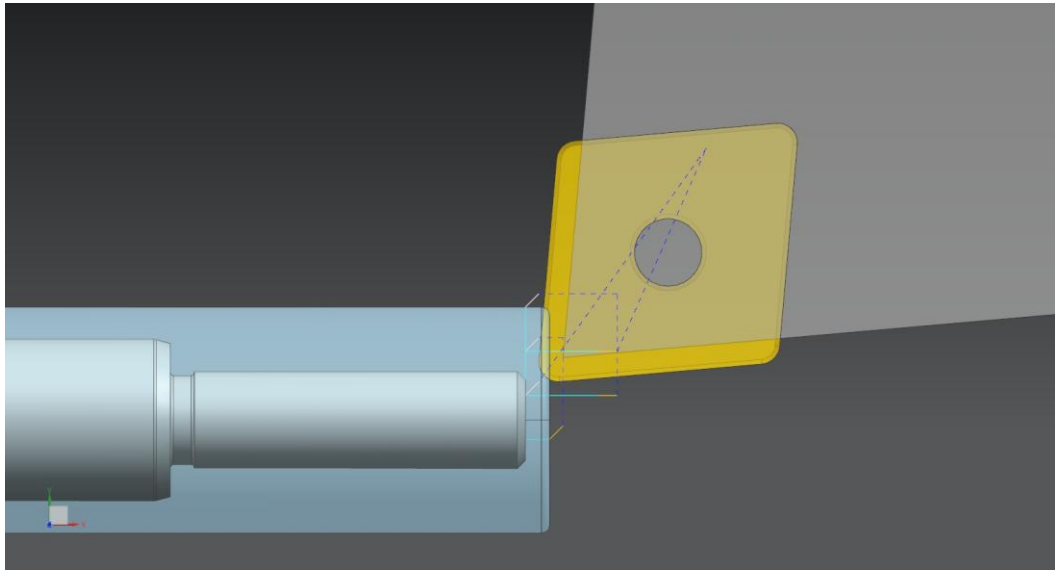


Рисунок 1.12 – Різець у робочій зоні

```

%
N0010 G94 G90 G20
N0020 G50 X0.0 Z0.0
:0030 T00 H00 M06
N0040 G94 G00 X-6.1858 Z-.1065
N0050 X-6.1339 Z.0571
N0060 G97 S60 M04
N0070 G95 G01 X-6.1024 F.0035
N0080 X-3.8681
N0090 Z0.0
N0100 X-3.8904 Z-.0223
N0110 G94 G00 X-6.1339
N0120 Z.1142
N0130 G95 G01 X-6.1024
N0140 X-3.8681
N0150 Z.0571
N0160 X-3.8904 Z.0348
N0170 G94 G00 X-6.1858 Z-.1065
N0180 M02
%
```

Рисунок 1.13 – Програма обробки

1.7.2 Розробка свердлильної операції

Модуль NX-CAM дозволив отримати графічні зображення та програму на свердлильний перехід.

На рисунку 1.14 зображена траєкторія руху свердла під час обробки отвору.

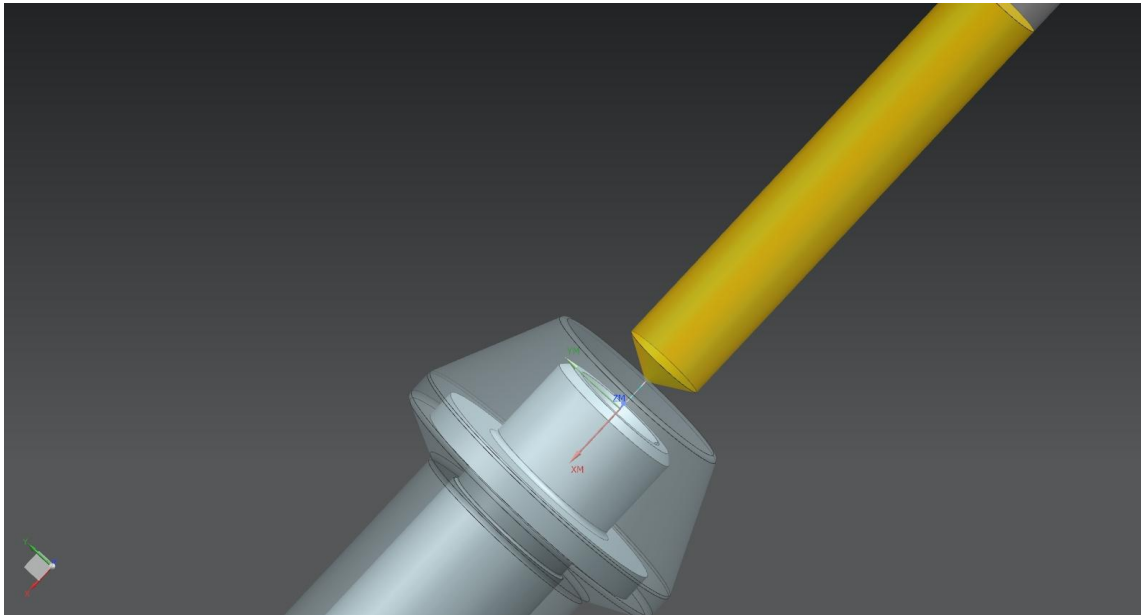


Рисунок 1.14 – Траєкторія руху свердла

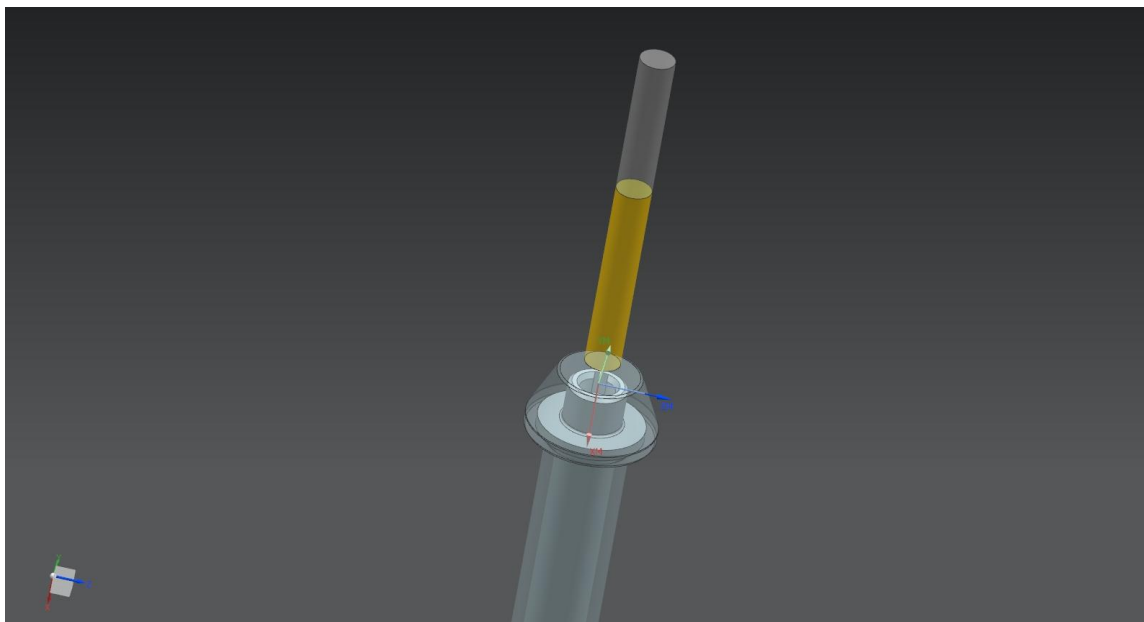


Рисунок 1.15 – Свердло у робочій зоні

1.7.3 Розробка фрезерної операції

Модуль NX-CAM дозволив отримати графічні зображення та програму обробки фрезерної операції.

На рисунку 1.16 відтворена траєкторія руху фрези під час обробки 12 пазів на торці деталі. На рисунку 1.17 відтворена фреза вкінці робочого ходу.

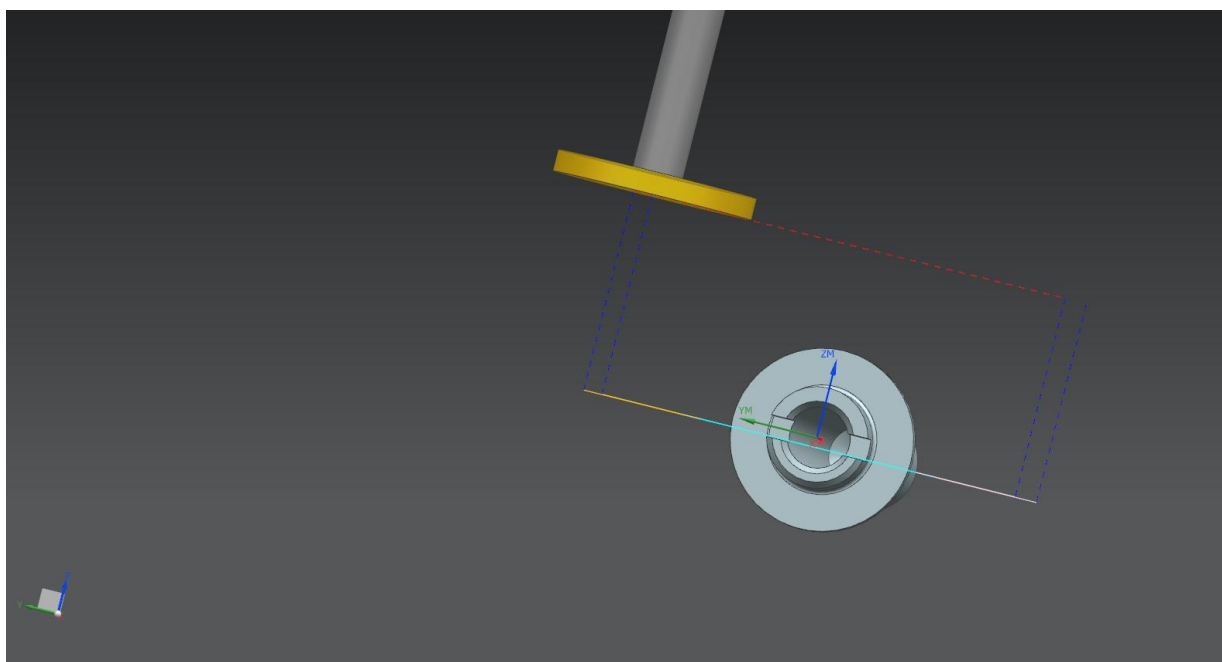


Рисунок 1.16 – Траєкторія руху фрези

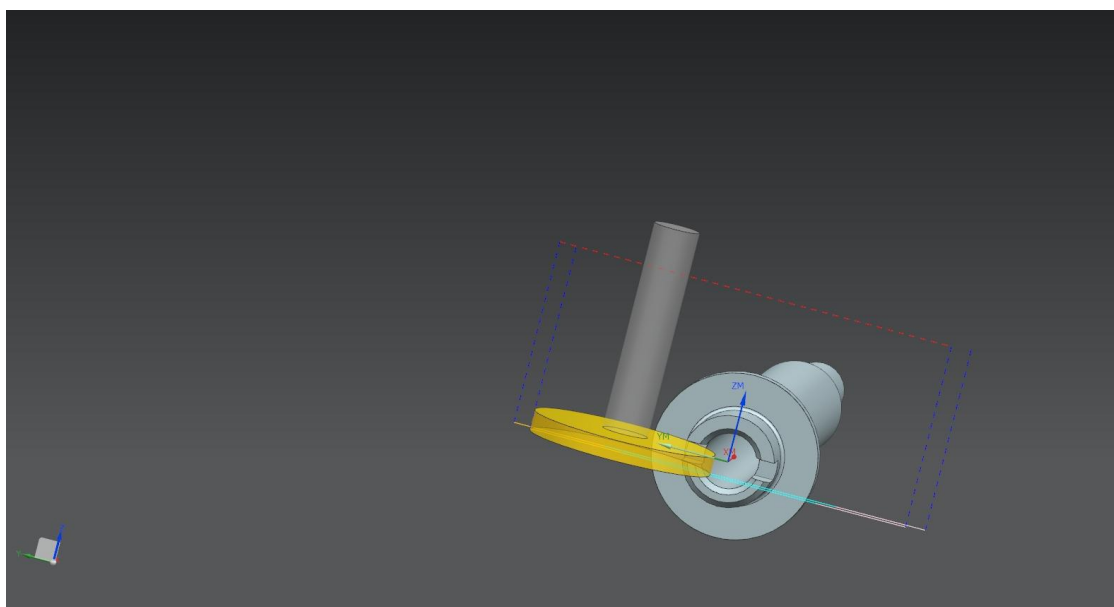


Рисунок 1.17 – Фреза у робочій зоні

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Обґрунтування ріжучого інструменту та його матеріалу

Свердло використовується в проектованому технологічному процесі в операції 023 та 026. Свердла призначені для отворів в деталі. Такі свердла важкі у виготовленні, тому що мають різні діаметри і мають не одну ріжучу кромку. Через це їх переважно виготовляють зі швидкоріжучої сталі. Це свердло з конічним хвостовиком ГОСТ 10903-77. Дане свердло виготовляється зі швидкоріжучої сталі Р6М5, діаметр свердла $d=4,6\text{мм}$; довжина фрези $L=50\text{ мм}$; довжина робочої частини $l=15\text{мм}$. Конус Морзе 4 .

Визначаємо геометричні показники:

- кут нахилу канавок $\omega=35^\circ$;
- число зубів фрези $z=4$;
- передній кут фрези $\gamma=10^\circ$;
- задній кут фрези $\alpha=14^\circ$;
- кут загострення фрези $\beta=66^\circ$;
- кут різання $\delta=80^\circ$.

2.1.1 Вибір і розрахунок зусиль затиску верстатного пристрою, його робота

Затискний елемент є одним із елементів пристрою, що призначений для затискання деталі на верстаті (затискному пристрої), що використовують в процесі процесі обробки.

Вимоги до затискних елементів наступні:

- забезпечення точності встановлення деталі згідно технологічним вимогам креслення;
- забезпечення закріплення деталі і жорстке встановлення в моменти обробки;

- надійність і зручність в експлуатації;
- бажано, щоб вони були швидкодіючими.

Види затискних елементів: клинові, плунжерні, комбіновані, важільні, ексцентрикові, гвинтові.

Пристрій спроектований на конкретну операцію для фрезерування даної деталі: фрезерування контуру.

Деталь закріплюється за допомогою гідроциліндра.

До переваг гідроприводів відносяться:

- відносно невеликі габарити дозволяють розвинути достатнє зусилля затиску;

- зручність, надійність в експлуатації;
- безшумність;
- забезпечення плавності ходу.

Недоліки:

- не довговічні;
- дорогі;
- не екологічні.

В даному пристрої рух передається поршню, затиск відбувається при подачі масла в штокову порожнину гідроциліндра.

Затиск відбувається при подачі масла в штокову порожнину гідроциліндра. Масло тисне на поршень, поршень переміщується вниз разом зі штоком поз 8, який тягне за собою гайку поз 11. Гайка переміщується вниз, та притискає за допомогою відкидної шайби поз.9 та кришки поз. 7 деталь до плити поз. 6.

Для того, щоб визначити зусилля затиску в пристрої необхідно розрахувати силу різання, тобто силу, яка виникає при обробці деталі.

Знаходимо силу різання:

$$P_z = 275 \cdot 1,45 = 38,75 \text{ Н}$$

Отримавши значення сили різання P_z , визначаємо зусилля Q , яке необхідно отримати на штоці привода, щоб забезпечити затиск деталі.

Для забезпечення надійності затиску сила різання збільшується на коефіцієнт запасу k , який залежно від умов обробки визначається за певними даними. Зміна умов в процесі обробки враховується за допомогою цього коефіцієнта. Прогресуючий знос інструменту, непостійність сил затиску та збільшення сил різання, це все розвивається приводом.

$$Q = k \cdot P_z \quad (2.1)$$

де $k = 1,5$ – коефіцієнт для всіх випадків гарантії запасу.

Зусилля затиску в штоковій порожнині

$$Q = 0,785 \cdot (D^2 - d^2) \cdot \rho \cdot \eta \quad (2.2)$$

$$D = \sqrt{\frac{Q}{\rho \cdot \pi \cdot \eta}} + d^2 \quad (2.3)$$

де $Q = 598,13\text{Н}$ -зусилля затиску на штоковій деталі приводу;

$\rho = 10\text{ Мпа}$ - тиск повітря;

$\eta = 0.85 \dots 0.9$ - ККД циліндру;

$d = 20\text{ мм}$ - діаметр штоку

У порожнині без штоку

$$Q = 0,785 \cdot D^2 \cdot \rho \cdot \eta \quad (2.4)$$

У порожнині штоку

$$Q = 0,785 \cdot (D^2 - d^2) \cdot \rho \cdot \eta \quad (2.5)$$

Зусилля затиску за допомогою формули 2.1:

$$Q = 1,5 \cdot 398,75 = 598,13 \text{ Н}$$

Діаметр циліндра за формулою 2.2:

$$D = \sqrt{\frac{598,13}{0,785 \cdot 10 \cdot 0,85} + 20^2} = 20,55 \text{ мм}$$

Обираємо діаметр циліндра [6]: $D=40 \text{ мм}$

Відповідно до діаметра циліндра обраємо діаметр штоку [6]:
 $d=20 \text{ мм}$.

Згідно з отриманими даними розраховуємо дійсне зусилля затиску приводу:

У без штоковій порожнині (формула 2.4):

$$Q = 0,785 \cdot 40^2 \cdot 10 \cdot 0,85 = 10676 \text{ Н}$$

У штоковій порожнині (формула 2.5):

$$Q = 0,785 \cdot (40^2 - 20^2) \cdot 10 \cdot 0,85 = 8007 \text{ Н}$$

$$598,13 \text{ Н} < 8007 \text{ Н}$$

З розрахунку видно, що сила затиску приводу дорівнює 8007 Н, а необхідна – 598,13 Н, а оскільки сила затиску приводу більше сили затиску, з якою потрібно закріпити деталь, то пневмопривід обрано вірно.

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Опис конструкції і принципу роботи пристосування

Вивчивши конструкцію деталі, контрольне пристосування для перевірки радіального биття було детально спроектовано для 2-х поверхонь деталі одночасно.

Воно складається з корпусу 1 на якому встановлені бабка 13 з центром 7, стійка 8 з центром 7, призма 9, на які встановлюється деталь, яка підлягає перевірці. Бабка 13 складається з наступних частин: центру 6, пружини 5, кришки 4 та важеля 3. Фіксація вище згаданих деталей здійснюється за допомогою спеціального гвинта 2, гвинтами 14 та 15. Вимірювання здійснюється за допомогою індикаторів годинникового типу 20, які встановлені на плиті 10 за допомогою стійки індикаторної 11 та магнітного тримача 12, [7].

Принцип роботи пристосування наступний: корпус 1, на якому встановлені усі основні частини за встановлюється на столі ОТК. Вал за допомогою механізму затиску та натягу встановлюється у центрах та призмі. Далі на вільне місце встановлюється магнітний тримач для індикатора часового типу. Після цього проходить вимірювання биття на визначених кресленнях та конструкцією деталей ділянках. Креслення пристосування та специфікація знаходиться у додатку та графічній частині проекту.

2.2.2 Вибір засобу вимірювання

Для ТП обробки деталі вибір засобу вимірювання є дуже важливим. Він повинен мати найбільш сприятливі характеристики в експлуатації, ергономіці та метрології.

Допустима похибка контрольного пристосування визначається за ГОСТ 8.051-81 «Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм».

Розрахунок допустимої похибки, за формулою:

$$|\delta_{вим}| = k \cdot T_K \quad (2.6)$$

де k – коефіцієнт, залежить від квалітету або ступеня точності контрольованого параметра [8,9];

T_K – допуск на розмір контрольованої поверхні, вказаний на кресленні деталі.

Розрахунок допустимої фактичної похибки засобу вимірювання, за допомогою формули:

$$|\Delta_{вим}| = 0,7 \cdot |\delta_{вим}| \quad (2.7)$$

Формула визначення межі вимірювання за шкалою $[A]$:

$$[A] = 4 \cdot T_K \quad (2.8)$$

Розрахунок кількості циклів вимірювання з ймовірністю безвідмовної роботи, за допомогою формули:

$$[t(P)] = 2 \cdot N \quad (2.9)$$

Виконання розрахунків за допомогою формул 2.6:

$$|\delta_{вим}| = 0,2 \cdot 0,02 = 0,004 \text{ мм.}$$

Відповідно до ГОСТ 8.051–81 «Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм» приймаємо допустиму похибку засобів вимірювання у $|\delta_{вим}| = 0,001 \text{ мм.}$

Виконання розрахунку за допомогою формул 2.7:

$$|\Delta_{вим}| = 0,7 \cdot 0,001 = 0,0007 \text{ мм}$$

Ціну поділки визначаємо в залежності від величини допустимої фактичної похибки засобу вимірювання та приймаємо $|\Delta_{вим}| = 0,001 \text{ мм}$.

Інтервал поділки шкали $[A]$ приймаємо 2 мм, виходячи з умов праці робітника.

Виконання розрахунків за допомогою формул 2.8:

$$[A] = 4 \cdot 0,02 = 0,08 \text{ мм.}$$

Інтервал поділки шкали $[B]$ приймаємо 2 мм, згідно з умовами експлуатації. Приймаємо $[B] = 2 \text{ мм}$.

Вимірювальне зусилля P_{yc} визначається характером контрольованих поверхонь та величиною допуску вимірюваного параметра. Приймаємо $|P_{yc}| = 5 \text{ Н}$. Допустиме коливання вимірювального зусилля приймаємо $\Delta P_{yc} = 1 \text{ Н}$.

Розраховується наступною формулою 2.9:

$$[t(P)] = 2 \cdot 5000 = 10000 \text{ шт}$$

Імовірність безвідмовної роботи приймаємо $|P| = 0,85$.

На підставі виконаних розрахунків, за ГОСТ 9696-82 «Индикаторы многооборотные с ценой деления 0,001 и 0,002 мм» обираємо в якості засобу вимірювання індикаторні годинник моделі 2МИГ-1. Даний прилад зображений на рис. 2.1. Обраний засіб вимірювання характеризується наступними параметрами:

1. Похибка вимірювання = 0,001 мм.

2. Найбільше вимірювальне зусилля = 1,5 Н.
3. Коливання вимірювального зусилля = 0,5 Н.
4. Межа вимірювання за шкалою [А] = 0,1 мм.
5. Межа вимірювання за шкалою [Б] = 0 – 2 мм.
6. Кількість циклів вимірювання з ймовірністю безвідмовної роботи 0,85, складає 10000 шт.

Головка індикатора виконана суцільним литим силуміновим корпусом. В латунних платах розташований вимірювальний механізм, що складається з трьох важільного кулісного механізму та одноступінчастої зубчастої передачі. Сталевий вимірювальний стрижень, оснащений вимірювальним наконечником, рухається в сталевий направляючої втулці, запресованої в корпусі. Вимірювальне зусилля забезпечується двома пружинами. Для підвищення точності і надійності вимірювань, наконечник вимірювального приладу забезпечений вставкою з твердого сплаву.

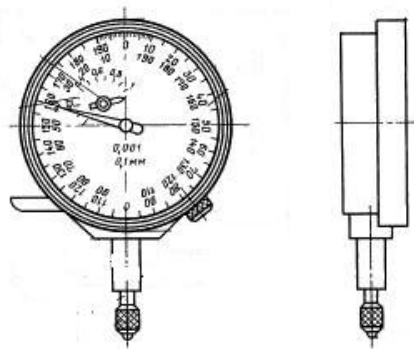


Рисунок 2.1 – Макет індикатора багатооборотної моделі 2МИГ-1

2.2.3 Розрахунок допустимої сумарної похибки вимірювань

Розрахунок допустимої сумарної похибки вимірювань наступною формулою:

$$\Delta_{\text{вим.}} = \frac{1}{k} \cdot \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2 + \Delta_7^2 + \Delta_8^2} \quad (2.10)$$

де k – коефіцієнт відносного розсіювання; [7, с. 75].

Δ_1 – похибка базування і закріплення;

Δ_2 – частина похибки установки і зносу опорних елементів пристосування;

Δ_3 – частина похибки конструкції пристосування;

Δ_4 – похибка, яка залежить від ціни поділу індикатора годинникового типу;

Δ_5 – похибка настройки пристосування за еталоном;

Δ_6 – похибка від контактних деформацій;

Δ_7 – похибка від температурних деформацій.

Δ_8 – співвісність центрів, мм.

Формула визначення частини похибки установки та зносу опорних елементів пристосування:

$$\Delta_2 = 0,5 \cdot a \quad (2.11)$$

де a - відхилення обробленої поверхні.

Розрахунок частини похибки конструкції пристосування за допомогою формули:

$$\Delta_3 = (0,07 \dots 0,1) \cdot a \quad (2.12)$$

Формула визначення похибки від контактних деформацій:

$$\Delta_6 = 0,43 \cdot k \cdot \sqrt[3]{\frac{P^2}{r}} \quad (2.13)$$

де k – коефіцієнт, який залежить від матеріалу вимірювального наконечника;

r – радіус вершини наконечника, мм

Розраховуємо похибку від контактних деформацій за допомогою формули:

$$\Delta_7 = l \cdot \alpha \cdot (t_1^o - t_2^o), \quad (2.14)$$

де α – коефіцієнт лінійного розширення матеріалів вимірювального об'єкта і вимірювального засобу;

l – довжина щупа, який здійснює контакт з деталлю;

t_1, t_2 – температури вимірюваного об'єкта і наконечника.

Провадимо розрахунок за формулою 2.11:

$$\Delta_2 = 0,5 \cdot 0,02 = 0,01 \text{ мм}$$

Виконуємо обчислення за формулою 2.12:

$$\Delta_3 = 0,085 \cdot 0,02 = 0,0017 \text{ мм}$$

Розрахунки провадимо за формулою 2.13:

$$\Delta_6 = 0,43 \cdot 0,81 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,5^2}{5}} = 0,27 \text{ мм}$$

Похибка від контактних деформацій обчислюється за формулою 2.14:

$$\Delta_7 = 10 \cdot 13,4 \cdot 10^{-6} \cdot (25 - 20) = 0,00067 \text{ мм}$$

Виконуємо розрахунки за формулою 2.10:

$$\Delta_{\text{вим.}} = \frac{1}{0,85} \times \sqrt{0^2 + 0,01^2 + 0,0017^2 + 0,001^2 + 0^2 + 0,00027^2 + 0,0067^2 + 0,005^2} = 0,00012$$

$$\Delta_{\text{вим.}} = 0,00012 \leq [\Delta_{\epsilon \text{ вим.}}] = 0,0007$$

Отже, порівнявши фактичну сумарну похибку з допустимою робимо висновок, що умова придатності виконується, пристосування можна використовувати для даної контрольної операції.

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ НА ВЕРСТАТІ

Датчики, які встановлюють в шпиндель чи револьверну головку, використовуються для визначення розмірів заготовки в процесах її обробки та контролю при переходах до нової партії деталей – використання ручних мірних приладів залежить від кваліфікації працівника, а переміщення деталі з верстата на КВМ не завжди доцільне. Переваги застосування датчика:

- деталі вимірюються в процесі її виготовлення, що супроводжується автоматичним вводом потрібних корекції [10];
- автоматизована обробка деталей не потребує втручання обслуговуючого персоналу [10];
- автоматично перевіряє розміри першої оброблюваної деталі та автоматичним корегує параметри наступних деталей [10];
- верстат не простоює в очікуванні результатів перевірки розмірів першої деталі [10].

Для того щоб не витрачати на контроль багато часу при свердленні та фрезеруванні ми автоматизували контроль на станку VMC850E (рис 3.1) використовуючи для цього датчики автоматичного контролю Renishaw [10], що усувають необхідність в спеціальних шаблонах, прискорюють контроль розмірів, усувають необхідність в калібр-пробках і необхідність людського втручання в контроль.

Був встановлений зв'язок між системою ЧПК верстата і датчиками Renishaw. Сигнал прибору попадає до системи ЧПК верстата для того щоб зафіксувати момент торкання заготовки або інструмента до датчика. Окрім того, між пристроєм ЧПК та датчиком має існувати зворотній зв'язок, щоб ПЧПК верстата було спроможним керувати роботою датчику [10].

Забезпечення зв'язку між системою ЧПК та датчиками виконує система передачі сигналів. Тип конкретної системи передачі сигналів залежить від типу верстата і типу використаного датчика.



Рисунок 3.1 – Спец станок VMC850E [11]

В інструментальному магазині зазвичай знаходяться датчики для контролю деталей. Вони встановлюються в шпиндель подібно тому як туди встановлюється звичайний інструмент[10]. Тому зв'язок системи ЧПК і датчика дистанційний.

Зазвичай положення датчика фіксоване, а це дозволяє організувати дротовий зв'язок між ЧПК і самим датчиком.

Існує чотири основні системи передачі сигналів датчиків Renishaw:

- індуктивними;
- радіочастотними;
- дротовими.
- оптичними;

Ми використали оптичну систему передачі сигналів для даного типу контролю.

Мережа оптичної передачі сигналів (рис. 3.2) дозволяє проводити передачу сигналів між системою ЧПК та датчиком за допомогою інфрачервоного діапазону [10]. Складовими частинами для такої системи є:

1) Інтерфейс що перетворює сигнали датчика для підключення до верстата (МІ12), таким чином, що вони мають сполучення з системою ЧПК верстата. Крім того, на нього встановлені візуальні або звукові показники, що відображають наявність живлення системи, стан датчика, стан елементів живлення і діагностики помилок датчика [10].

2) Приймач оптичних сигналів (ОММ) підключають до інтерфейсу верстата, за допомогою дроту. Він підтримує зв'язок з датчиком і є приймально-передавальним пристроєм.

3) Датчик отримує сигнал від ЧПК верстата і передає в систему ЧПК сигнали про свій стан [10]. Датчик має два активні режими: робочий і режим очікування. В очікуваному режимі датчик є приймачем, який чекає сигналу, для початку роботи. В робочому режимі, приймач ОММ отримує інформацію про стан елементів живлення і стан датчика.

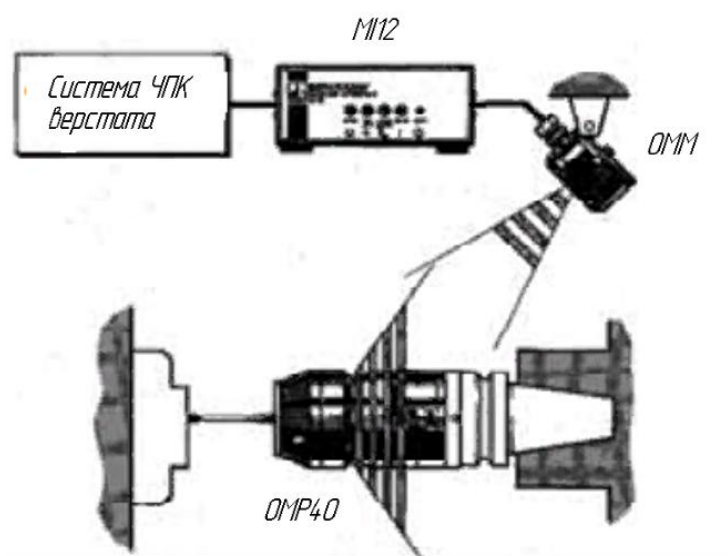


Рисунок 3.2 – Мережа оптичної передачі імпульсів

ОММ (рис 3.3) це – оптичний приймально-передавальний пристрій, що виконує передачу імпульсів між системою ЧПК верстата та датчиком.

Область застосування ОММ – токарні верстати та обробляючі центри.

Тип передачі імпульсу – оптична передача в інфрачервоному діапазоні.

Кабель – екранований 5-ти жильний кабель довжиною 25 м.

Закріплення – використовується монтажна скоба для регулювання положення.

Ступінь захисту – IPX8.

Сумісні інтерфейси – ОММ підключається до МІ12. До одного МІ12 може бути підключені два приймачі ОММ.

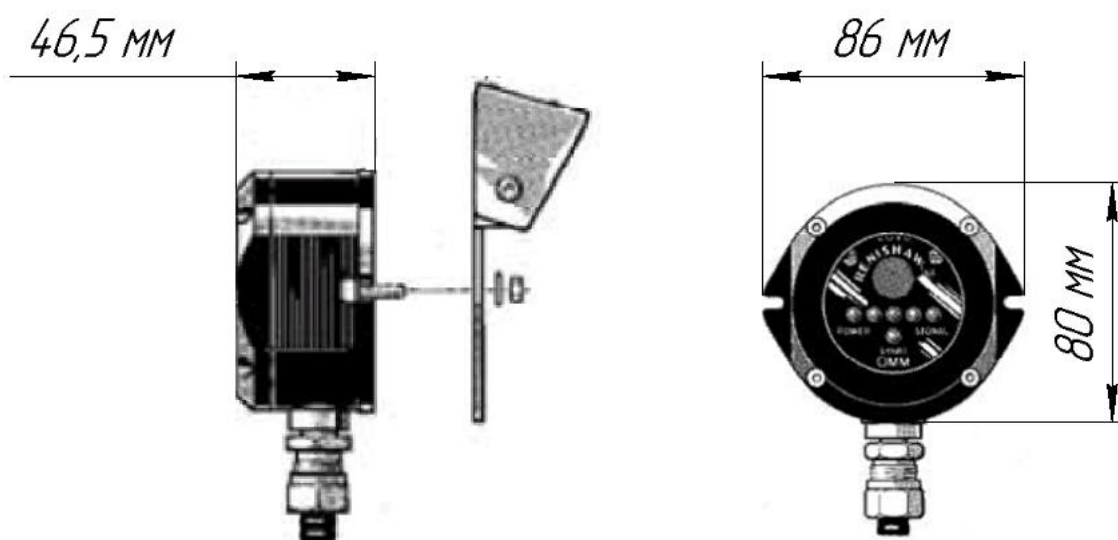


Рисунок 3.3 – Оптичний приймально-передавальний пристрій ОММ

Сумісні датчики – ОМР40, МР10, МР12 і МР700 для контролю деталей на обробляючих центрах. LTO2S, LTO2T, LTO3Ti LTO2 для контролю деталей на токарних верстатах [10].

Необхідно щоб протягом всього часу існувала пряма видимість між датчиком і приймачем. Вони не зобов'язані розташовуватися на оптичній або центральній осі, але важливо, щоб пристрої не виходили за межі конусів випромінювання одне одного.

Відбиваючі поверхні всередині верстата можуть призвести до покращення прийому/передачі сигналу.

ОМР40 датчик підтримує оптичну передачу сигналу та режим дистанційного вмикання у діапазоні 360°.

Приведений на рисунку 3.5 діапазон передачі оптичного сигналу не залежить від орієнтації шпинделя [10].

Кутові діапазони передачі сигналів представлені на рисунку 3.4. [10]

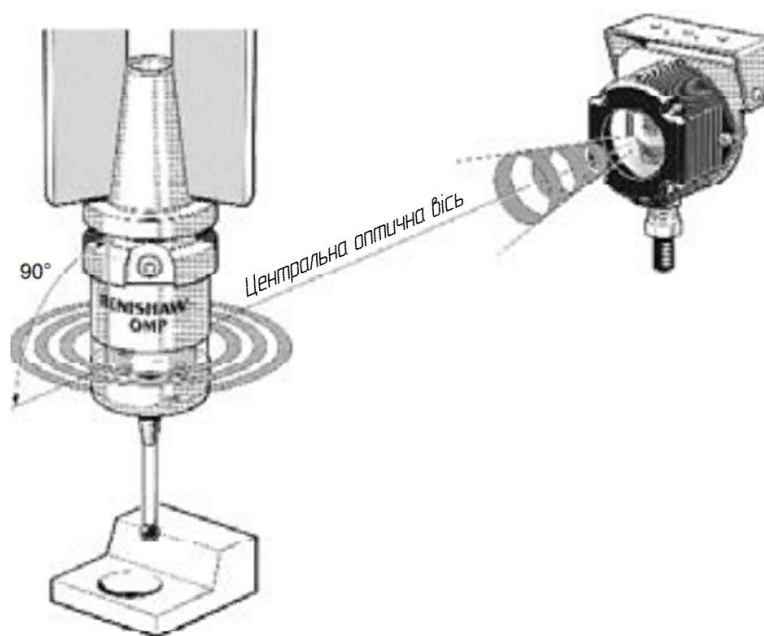


Рисунок 3.4 – Передача сигналів в кутових діапазонах [10]

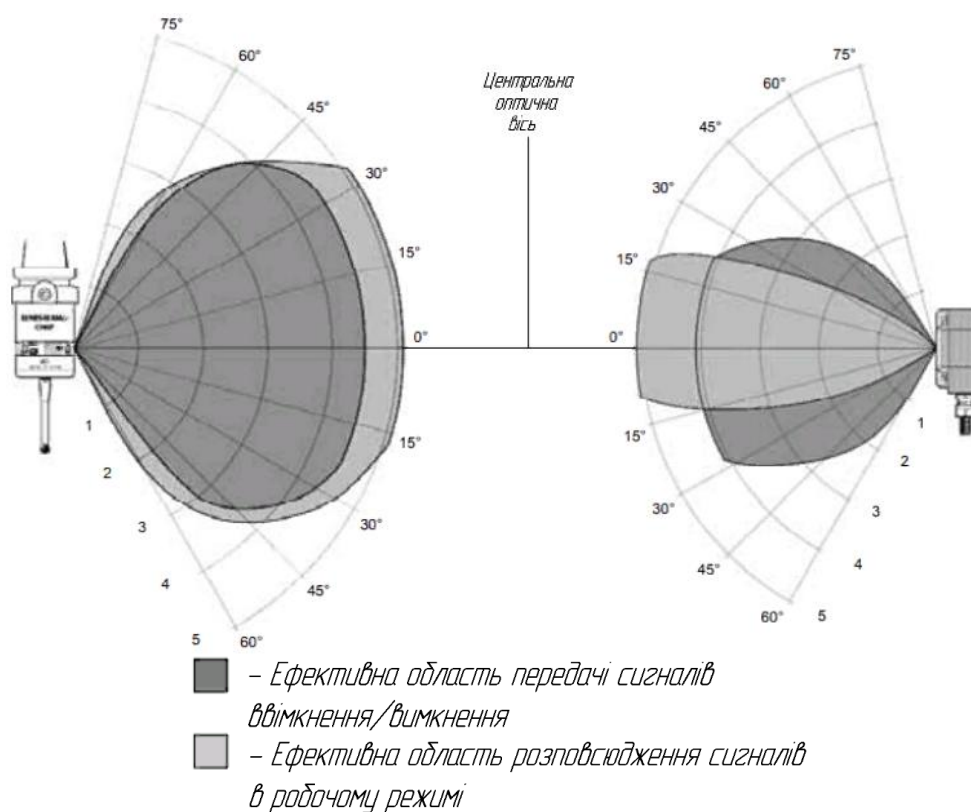


Рисунок 3.5 – Діапазони оптичних сигналів передачі [10]

4 РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ ЗА ДОПОМОГОЮ МОДУЛЮ NX-CAM

4.1 Формула напружено-деформованого стану деталі

Початкові дані:

Модуль пружності - $E = 1,15 \cdot 10^5$ МПа;

Коефіцієнт Пуассона - $\mu = 0,3$;

Границя міцності - $\sigma_B = 880$ МПа;

Статичний аналіз проводимо в Siemens NX.

Розбиваємо модель на сітку кінцевих елементів Solid186. Середній розмір елемента дорівнює 1 мм.

Закріплюємо за $\varnothing 10$ мм, прикладаємо навантаження 3 МПа на торець $\varnothing 18$ мм (рис. 4.1). Картина розподілу напружень зображена на рис. 4.2.

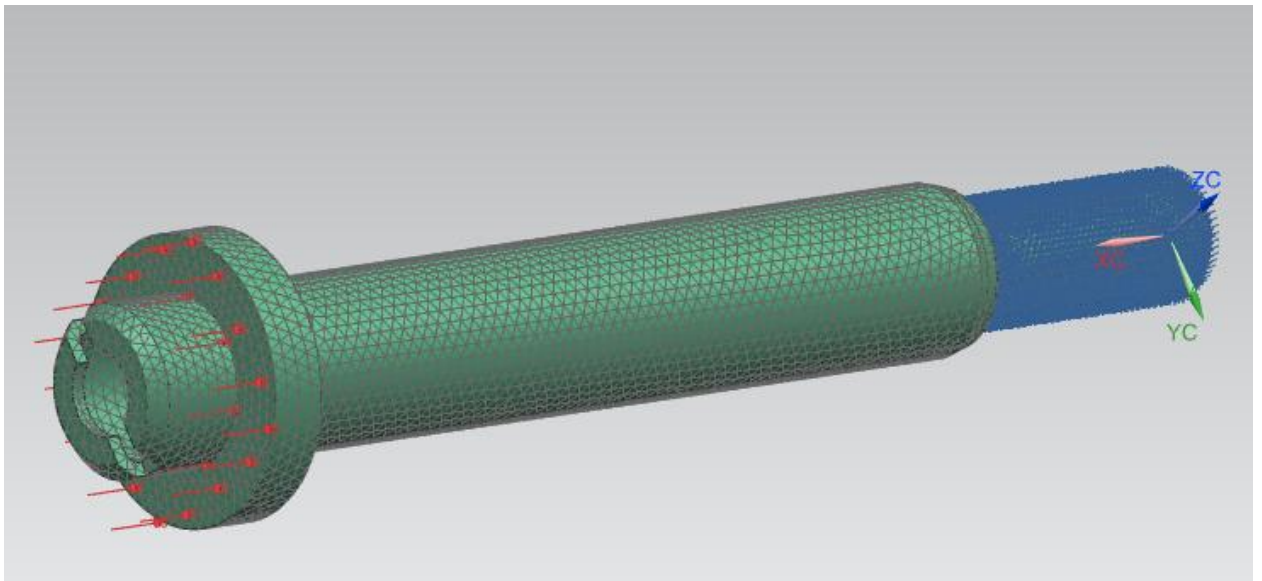


Рисунок 4.1 – Зразок розкладений на сітку кінцевих елементів з прикладеним навантаженням

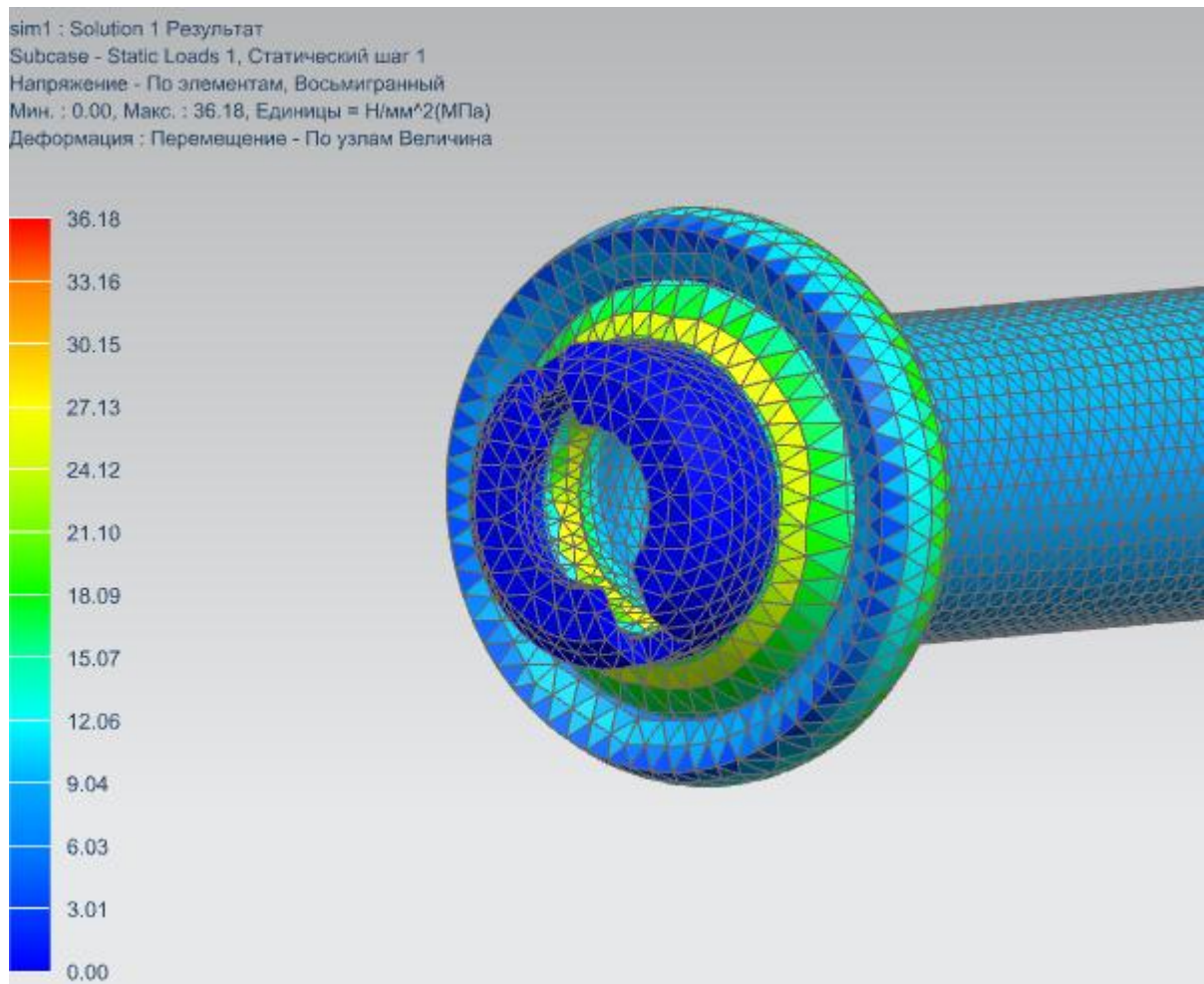


Рисунок 4.2 - Розподіл напружень зразка (навантаження 3 МПа)

Максимальне напруження $\sigma_{max} = 36,18$ МПа.

Розраховуємо коефіцієнт запасу міцності:

$$n_{\sigma} = \frac{[\sigma_b]}{\sigma_{max}} \quad (4.1)$$

де $[\sigma_b]$ - межа міцності матеріалу при розтягуванні, МПа;

σ_{max} - найбільше розрахункове напруження, що виникає в елементі конструкції при експлуатаційному навантаженні.

Запас міцності за формулою 4.1:

$$n_{\sigma} = \frac{880}{36,18} = 24,3$$

Допустимий коефіцієнт запасу міцності авіабудівної промисловості $[n]=2\dots5$.

Оскільки значення запасу міцності $n_{\sigma} = 24,3$ більше допустимого, тому деталь не зруйнується. Отже можна додати навантаження. Прикладаємо навантаження 10 МПа (рис. 4.3).

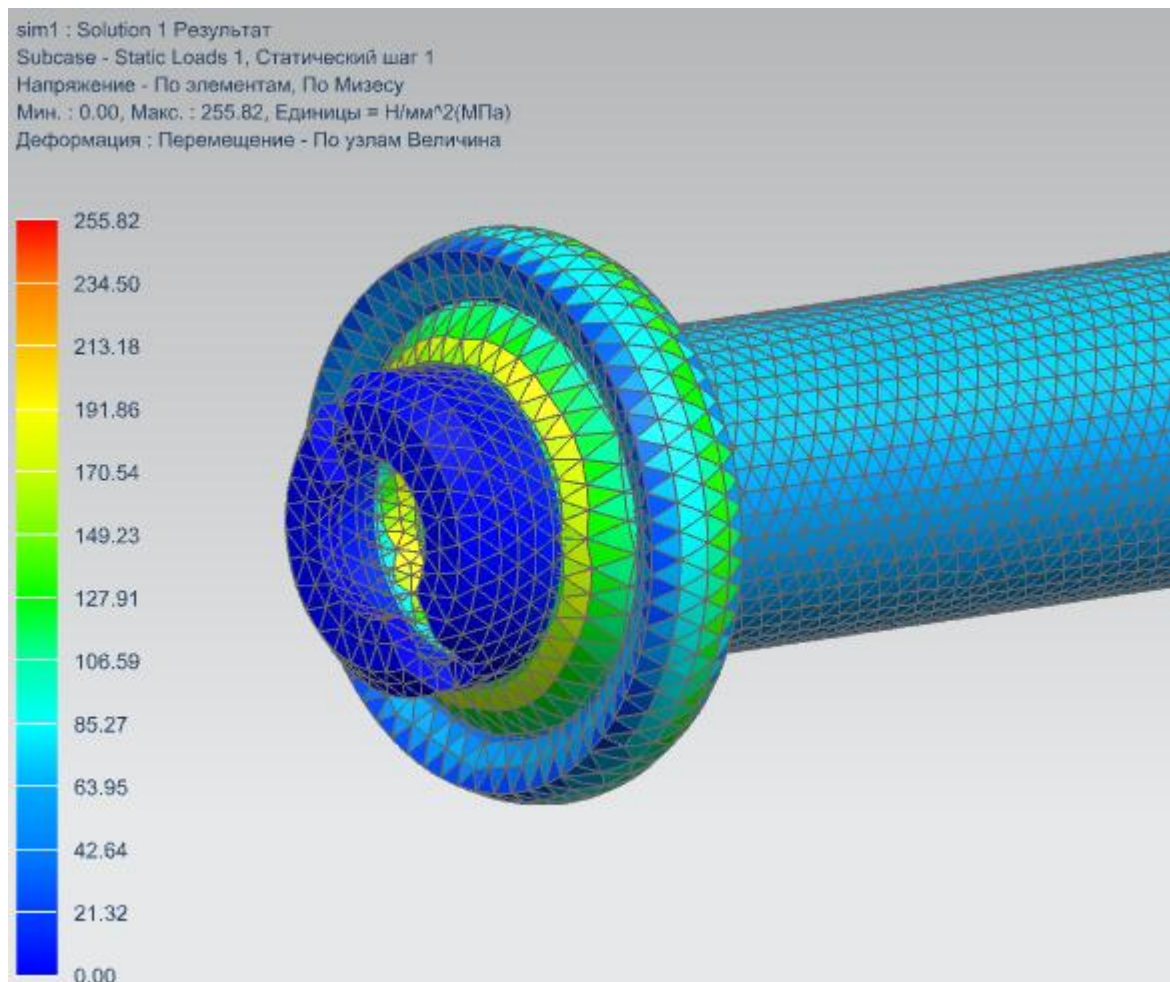


Рисунок 4.3 - Розподіл напружень зразка (напруження 10 МПа)

Максимальне напруження $\sigma_{max} = 255,8$ МПа

Визначаємо міцність зразка за допомогою коефіцієнту запасу за формулою 4.1:

$$n_{\sigma} = \frac{880}{255,8} = 3,45$$

Прикладаємо навантаження 15 МПа (рис. 4.4).

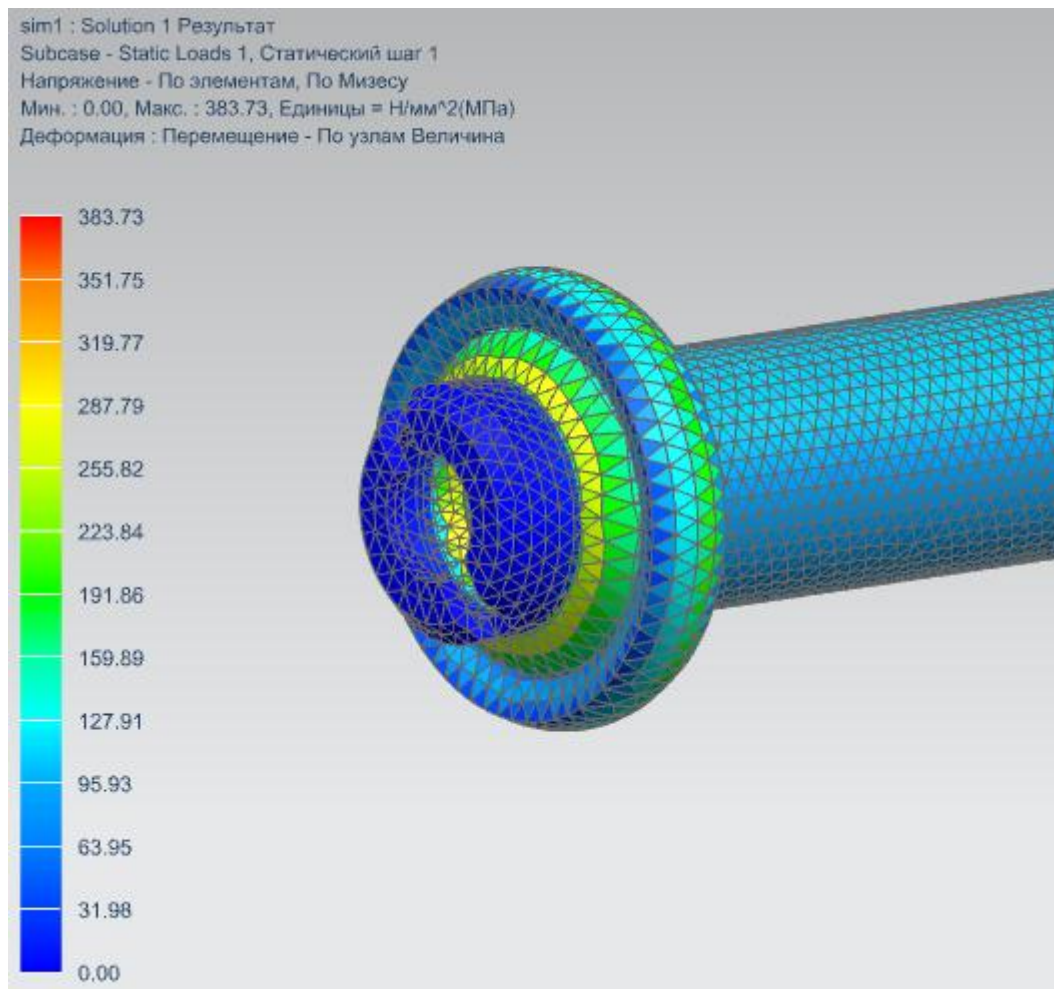


Рисунок 4.4 - Розподіл напружень моделі (напруження 15 МПа)

Максимальне напруження $\sigma_{max} = 383,7$ МПа.

Розраховуємо коефіцієнт запасу міцності за формулою 4.1:

$$n_{\sigma} = \frac{880}{383,7} = 2,3$$

Отримане значення запасу міцності $n_{\sigma} = 2,3$ лежить в межах належного.

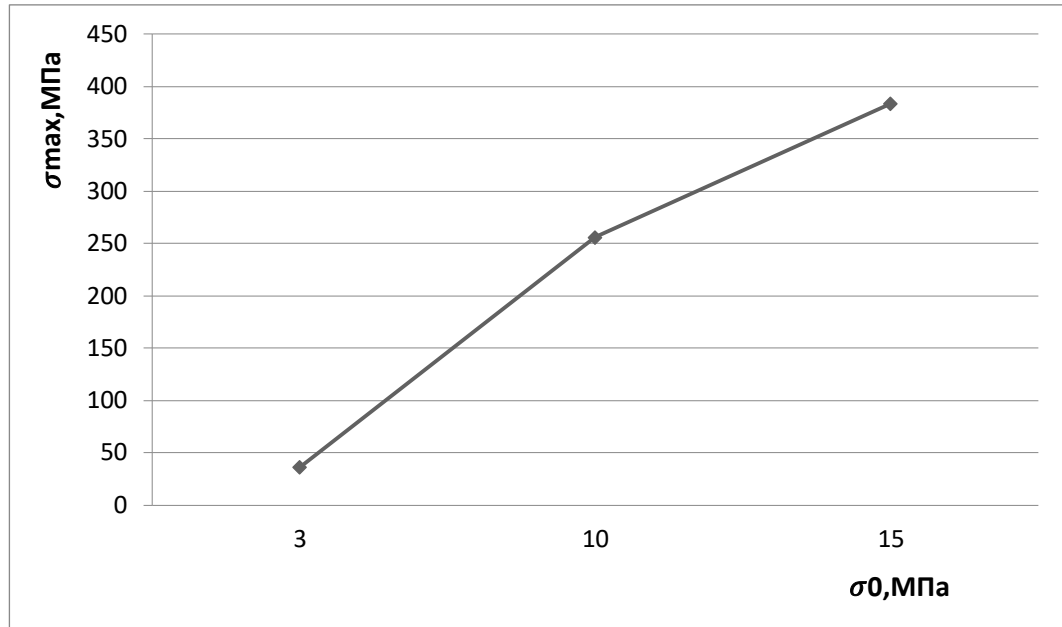


Рисунок 4.5 - Залежність напруження від прикладеного зусилля відображена на графіку

За результатами розрахунків, можна зробити висновок, що оптимальне прикладене навантаження 15МПа. Тому, що коефіцієнт запасу міцності входить в межі допустимого. Тому для подальших розрахунків, було обране саме це значення.

4.2 Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конструкції

Бачимо, що більші напруження виникають в місці переходу $\varnothing 10$ в $\varnothing 18$. В цьому місці вписаний радіус $R0,4\text{мм}$, він є концентратором напруження. Тому в якості оптимізації конструкції деталі збільшимо цей

радіус до R1 мм; R1,5 мм; R2 мм. Прикладемо навантаження 15 МПа. Результати розрахунків на рис. 4.7-4.9.

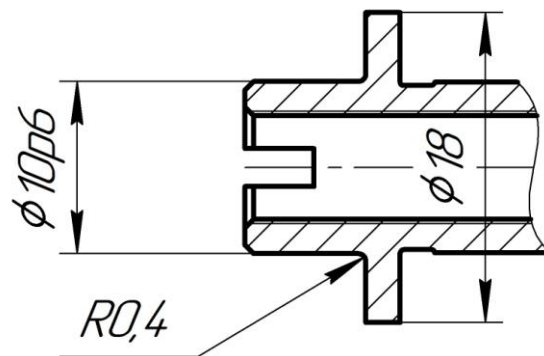


Рисунок 4.6 – Ділянка деталі, яка підлягає зміненню

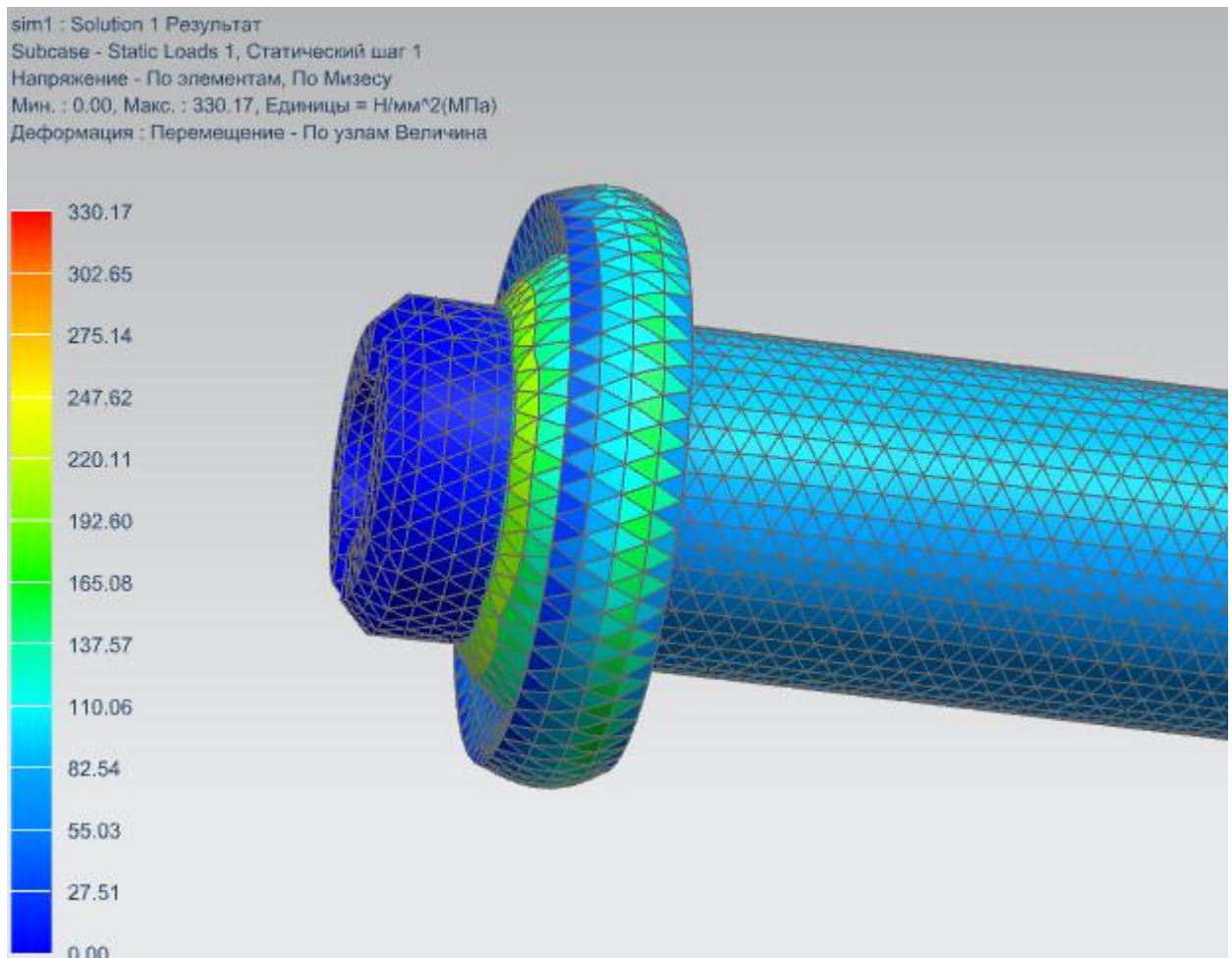


Рисунок 4.7 – Модель деталі з відображенням напружено-деформованого стану після зміни радіусу на R=1мм

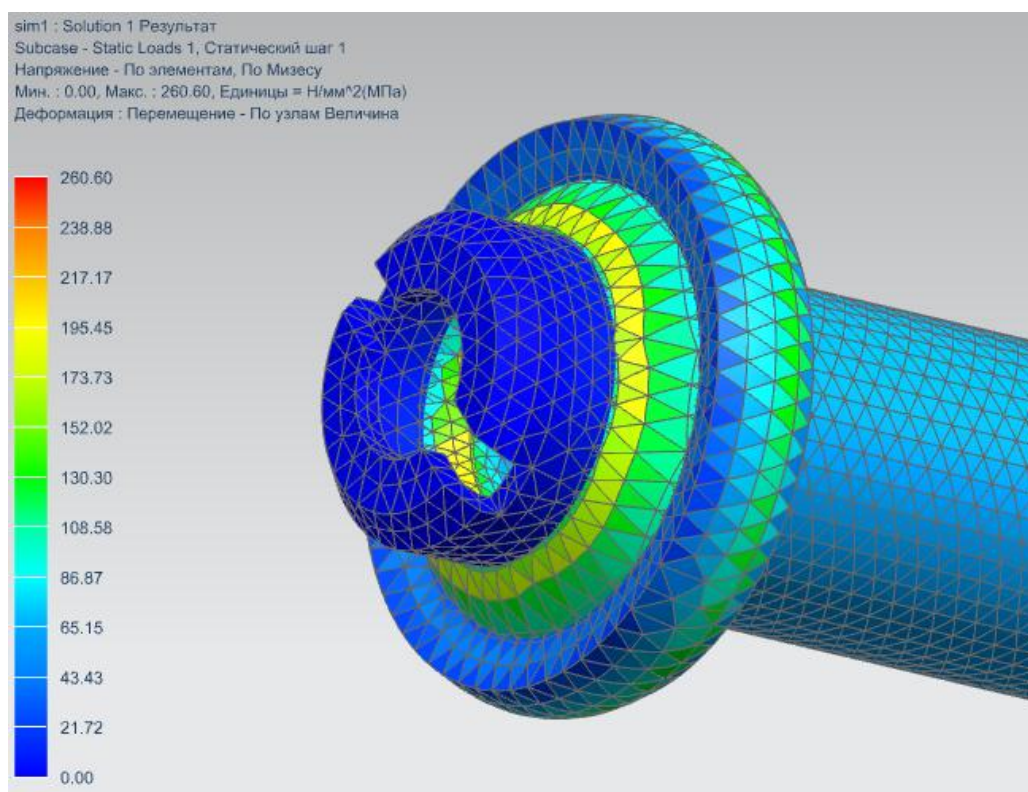


Рисунок 4.8 – Модель деталі з відображенням напружено-деформованого стану після зміни радіусу на $R=1,5\text{мм}$

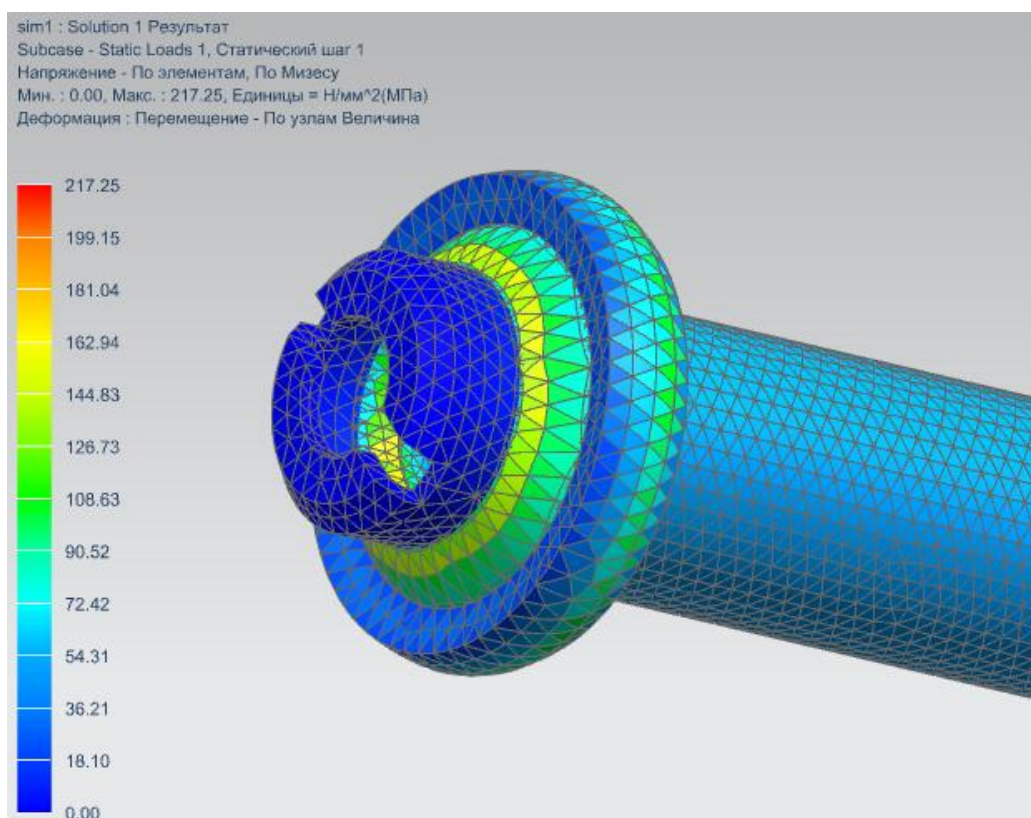
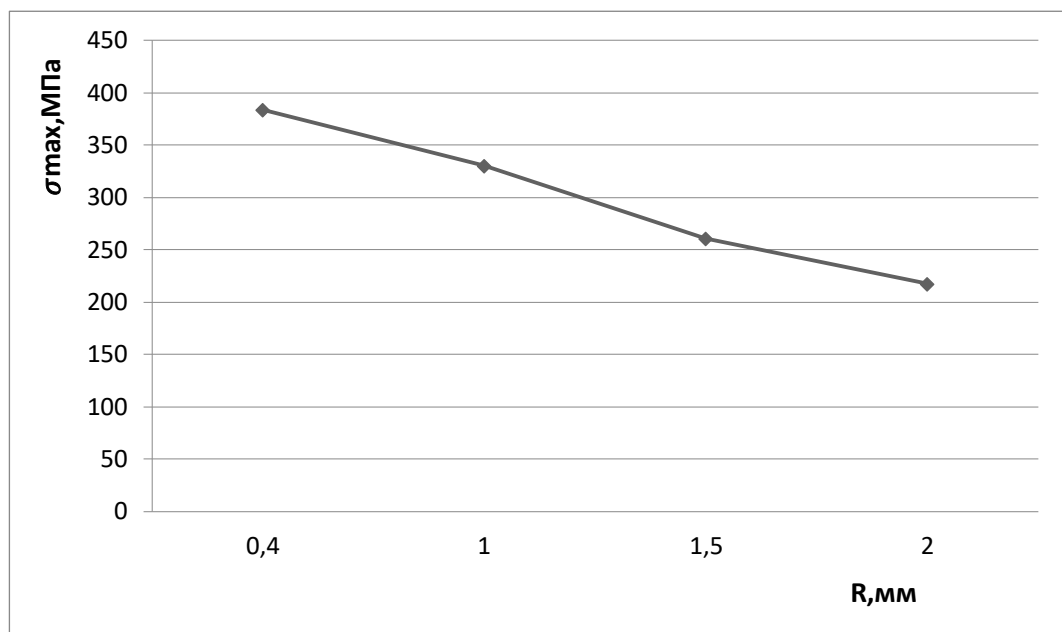


Рисунок 4.9 – Модель деталі з відображенням напружено-деформованого стану після зміни радіусу на $R=2\text{мм}$

Таблиця 4.1 – Результати визначення НДС при зміні радіусу

Значення радіусу	Сумарне прикладене навантаження σ_0 , МПа	Максимальне напруження $\sigma_{\max}$, МПа
0,4	15	383,7
1		330,1
1,5		260,6
2		217,2

Рисунок 4.10– Графік залежності $\sigma_{\max}$ від величини радіусів

4.3 Оптимізація геометрії деталі

За результатами зміни R (рис.4.6) можна підсумувати, що збільшення величини радіусу супроводжується зменшенням величини напруження.

Рекомендація заходів щодо майбутньої оптимізації геометрії деталі: збільшити значення радіусу до R2мм, якщо це не буде заважати подальшій експлуатації та функціям деталі.

5 СПЕЦЗАВДАННЯ

5.1 Азотування. Дифузійне насичення неметалами

Розвиток сучасних концепцій азотування базується на розробках Ю. М. Лахтіна, що отримав світове визнання, по виявленню закономірностей формування азотованого шару. В середині 1940-вих років була експериментально підтверджена дифузійна природа процесів росту азотованого шару [11].

Ю.М. Лахтин показав, що послідовність утворення різних фаз при азотуванні знаходиться в повній відповідності з класичними принципами перетворень в металевих сплавах. Згідно з цими уявленнями в процесі азотування спочатку утворюється твердий розчин азоту в фериті. При досягненні граничної концентрації азоту в твердому розчині утворюється γ' -фаза - хімічна сполука Fe_4N [11].

Збільшення концентрації азоту в γ' -фазі до граничної веде до утворення високоазотистої ε -фази. У ці ж роки Ю.М. Лахтін були проведені найважливіші дослідження по визначенню дифузійних констант і енергій активації дифузії азоту в різних фазах азотованого шару. Це дозволило оцінити швидкість росту кожної з цих фаз, яка визначається інтенсивністю дифузійних процесів.

Велике значення мають роботи Ю.М. Лахтін по вивченню впливу вуглецю і легуючих елементів на дифузійні параметри, фазовий склад і структуру азотованого шару сталей [11].

Ці дослідження в значній мірі сприяли промисловому застосуванню різних сталей для азотування. Ю.М. Лахтин довів, що збільшення вмісту вуглецю в сталі зменшує дифузійну рухливість азоту і в ε -фазі, і в фериті, і, перш за все, за рахунок підвищення енергії активації дифузії азоту [11]. Це призводить до зменшення товщини всього азотованого шару і поверхневого нітрідного шару. Ю.М. Лахтін запропоновані рівняння, що дозволяють

розрахувати коефіцієнти дифузії азоту і товщину шару ϵ -фази в залежності від концентрації вуглецю в сталі. Детально вивчивши вплив легуючих елементів на утворення азотованого шару, Ю.М. Лахтін встановив, що метали, присутні в сталі: вольфрам, молібден, нікель, хром, марганець, так само, як і вуглець, зменшують коефіцієнт дифузії азоту в α -фазі, і при цьому підвищують розчинність азоту в фериті [11]. У той же час розчинність азоту в ϵ -фазі в присутності легуючих елементів зменшується.

Системне вивчення кінетики і фазового складу азотованого шару в легованих сталях дозволило Ю.М. Лахтіну показати основні відмінності в специфіці зростання шару на легованому ферриті і чистому залізі [11]. Воно полягає в тому, що азот може взаємодіяти з деякими легуючими елементами, утворюючи крім нітрідів заліза спеціальні нітриди. Було встановлено, що саме ці нітрид легуючих елементів і ступінь їх дисперсності, в кінцевому рахунку, визначають твердість азотованої сталі. Ці наукові результати були принципово важливими для розробки і промислового застосування нітроллов - азотуємих сталей типу 38Х2МЮА. Вони дозволили впровадити технології, які шляхом регулювання ступеня дисоціації аміаку усувають з дифузійного шару цих сталей ϵ -фазу і, тим самим, дозволяють уникнути крихкості азотованого шару [11].

У більш пізні роки в результаті теоретичних і експериментальних досліджень Ю.М. Лахтіна за участю його колег Я.Д. Когана і А.А. Булгача були запропоновані залежності, що дозволяють розрахувати дифузійні параметри азоту в легованих сталях шляхом введення коефіцієнтів легування. Ці коефіцієнти, що залежать від концентрації легуючого елемента в сталі, були експериментально визначені для ряду елементів на підставі даних з кінетики росту азотованих шарів в бінарних сплавах [11]. Важливу роль зіграли дослідження Ю.М. Лахтіна і Я.Д. Когана по систематизації уявлень про структуру азотованого шару. Ними була запропонована структурна модель (рис. 1.1), згідно з якою дифузний шар поділяється на

поверхневу зону з'єднань (нітрідний або карбонітридний шар) і зону внутрішнього азотування (дифузний підслой під зоною з'єднань, що складається з азотистої твердого розчину основного металу, його нітрідів і нітрідів легуючих елементів).

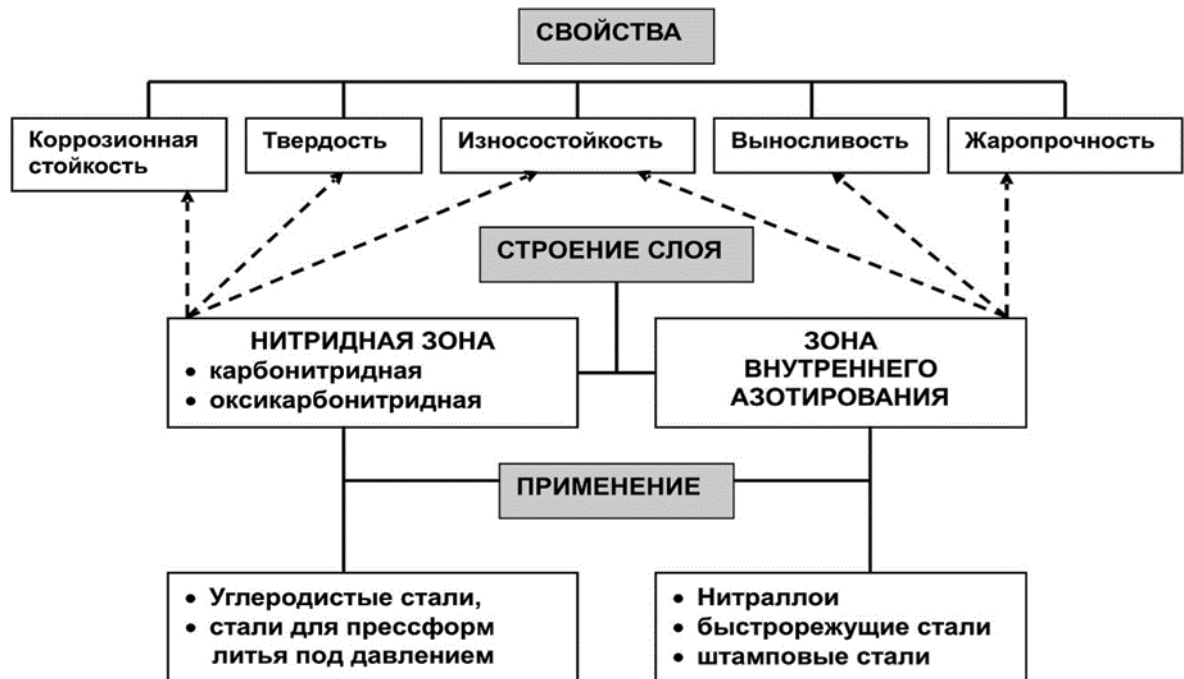


Рисунок 5.1 – Взаємозв'язок будови і властивостей азотованого шару [11]

На підставі цих уявлень були розроблені підходи, що дозволяють отримувати дифузійні шари із заданими механічними властивостями. Так, для деталей, що працюють в корозійному середовищі, на знос при малих контактних навантаженнях, потрібно азотований шар з розвиненою нітрідною зоною, від якої залежить приробіток, що треться і опір корозії. Для деталей, що працюють на знос при великих питомих навантаженнях, в умовах втоми, при підвищених температурах, необхідний азотований шар з розвиненою зоною внутрішнього азотування без крихкого нітрідного шару [11]. Таким чином, отримання тих чи інших структурних і фазових складових в азотованого шару дозволяє реалізувати різні експлуатаційні вимоги, що пред'являються до виробів. Неоцінений внесок у систематизацію уявлень про хіміко-термічну обробку внесли роботи Ю.М. Лахтіна за класифікацією

процесів азотування. До кінця 1960-х рр. азотування вже отримало широке промислове використання, застосовувалась велика кількість технологічних процесів в різних температурних інтервалах і різних насичуючих середовищах. За класифікацією, запропонованою Ю.М. Лахтін, процеси азотування діляться на низькотемпературні (нижче 600°C - температури евтектоїдні перетворення в системі Fe-N) і високотемпературні (вище 600°C) [11].

При цьому до низькотемпературного азотування відносилися як процеси класичного азотування в аміаку, так і процеси із застосуванням насичуючого середовища, що містять добавки кисню, повітря, вуглецевих газів, інертних газів, а також процеси азотування в рідких середовищах (в вуглецево-вмістних розплавах солей). До високотемпературного азотування віднесені процеси азотування тугоплавких металів (вище 900°C), процеси азотування аустенітних і феритних сталей. Не можна не відзначити вагомий внесок наукової школи Ю.М. Лахтіна в розвиток технології процесу азотування. Ще в 1930-х рр., Будучи молодим аспірантом, Ю.М. Лахтин підключився до досліджень по антикорозійному азотуванню. Ці дослідження встановили, що високою корозійною стійкістю володіє, головним чином, високо-азотиста ϵ -фаза. Було показано, що для отримання оптимальної структури та найвищого значення електродного потенціалу азотування слід проводити при температурах вище 600°C і ступеня дисоціації аміаку не більше 60-70% [11]. Ці технології дозволили добитися корозійної стійкості сталей в атмосфері, воді, перегрітому парі та інших середовищах.

У 1950-х рр. Ю.М. Лахтін розроблені технологічні процеси, названі «нітрозакалкой». Це комбіновані способи обробки, що поєднують процеси азотування і загартування з наступним низькотемпературним відпуском. В результаті таких процесів значно підвищується твердість азотованого шару в порівнянні з класичним газовим азотуванням, що пов'язано з утворенням азотистого мартенситу. Нітрозакалка дозволила підвищити зносостійкість і

межу витривалості високовуглецевих сталей. Науковій школі Ю.М. Лахтін належить велика заслуга в розробці різних насичуючих середовищ при азотуванні. Їм і його колегами запропонований спосіб розведення аміаку відпрацьованими азотуючими газами, а також технологія короткочасного газового азотування з добавками вуглецевих газів. У 1960-і рр. під керівництвом Ю.М. Лахтін на кафедрі металознавства і термообробки МАДИ розроблені процеси низькотемпературної нітроцементації конструкційних, інструментальних сталей і чавунів. Основна перевага проведення процесів з використанням вуглецевих середовищ полягає в можливості регулювання насичує потенціалу атмосфери, що дозволяє отримати оптимальне будова і склад дифузійного шару. Подібні процеси не тільки забезпечують високі фізико-механічні характеристики різних сталей (конструкційних, інструментальних, корозійностійких і ін.), але і підвищують зносостійкість, корозійну стійкість, опір втоми, стійкість різального інструменту, а також в 1,5 ... 2 рази прискорюють процес насичення.

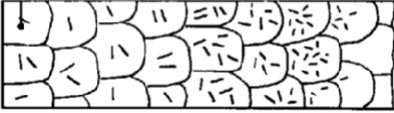
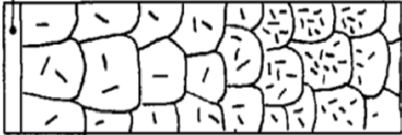
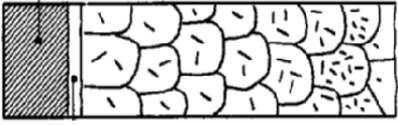
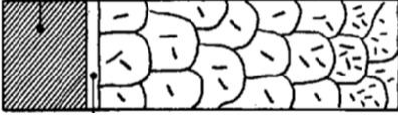
Таким чином, до середини 1970-х рр. вдосконалення процесів азотування йшло по шляху створення нових насичують середовищ, в зв'язку з чим виникла нагальна проблема управління газовою фазою (табл. 1.1). Величезною заслугою Ю.М. Лахтін і його колег (Я.Д. Когана, А.А. Булгач, В.А. Александрова, А.Е. Межонова, Г.А. Солодкіна) стала вироблення концепцій контролю і регулювання процесів газового азотування Ю.М. Лахтін було сформульовано поняття азотного потенціалу газової атмосфери, як функції парціальних тисків аміаку і водню. Були експериментально отримані залежності рівноважного азотного потенціалу від концентрації азоту в α - і ϵ -фазах при азотуванні в диссоційованому аміаку [11]. Підтримуючи азотний потенціал на рівні розчинності азоту в тій чи іншій фазі, можна отримати азотований шар, що складається тільки з α -твердого розчину, або сформувати на поверхні нижчий нітрид - γ' -фазу, або отримати ϵ -фазу з низьким вмістом азоту. Регулювати азотний потенціал

пропонувалося шляхом розбавлення аміаку повністю дисоційованому аміаком, киснем, повітрям, вуглецевмістними газами. Найпростішим способом контролю азотного потенціалу є зміна ступеня дисоціації аміаку, що дозволяє при всіх температурах азотування регулювати фазовий склад і зміст азоту в фазах азотованого шару [11].

Розкриті закономірності зміни азотного потенціалу насичувальна атмосфера мали велике значення для управління газовою фазою з метою контролю і регулювання процесів азотування. На базі цих закономірностей розроблені основні принципи і технологічні прийоми інтенсифікації процесів газового азотування. Школа Ю.М. Лахтін внесла значний вклад в розробку наукових основ процесу азотування в плазмі тліючого розряду (іонного азотування), і його практичне застосування, включаючи промислові технології і обладнання для їх реалізації. Перша в країні установка для іонного азотування була розроблена і виготовлена в 1970-і рр. на кафедрі металознавства і термообробки МАДИ. Перевагами технології азотування в тліючому розряді є екологічна безпека процесу, мінімальні викривлення і деформації виробів, а також економія технологічних газів і енергії за рахунок скорочення тривалості процесу.

Було показано, що іонне азотування забезпечує в 2 ... 3 рази більшу швидкість росту дифузійного шару, ніж газове азотування [11]. Інтенсифікація насичення при цьому пояснюється дією тліючого розряду на всі елементарні процеси: активацію газової фази, адсорбцію і дифузію.

Таблиця 5.1 - Формування дифузійного шару [11]

Структура шару	Атмосфера для ХТО	Рекомендовані умови експлуатації
Зона ВА ($\text{Fe}_4\text{N} + \text{MeN} + \text{Fe}\alpha$) 	Аміак, розбавлений дисоційованим аміаком/вуглецем	В умовах втоми
$\gamma'\text{-Fe}_4\text{N}$ Зона ВА 	Аміак, розбавлений дисоційованим аміаком/вуглецем	Зношування в умовах тертя ковзання, корозійна стійкість
$\epsilon\text{-Fe}_{2-3}\text{N}$ Зона ВА 	Аміак + азот Аміак + дис. аміак	
$\gamma'\text{-Fe}_4\text{N}$ $\epsilon\text{-Fe}_{2-3}(\text{NC})$ Зона ВА 	Аміак + вуглеводень (метан, пропан)	
$\epsilon\text{-Fe}_{2-3}(\text{NO})$ Зона ВА 	Аміак + повітря/кисень	Зношування в умовах сухого тертя, корозійна стійкість
$\epsilon\text{-Fe}_{2-3}(\text{NCO})$ Зона ВА  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ $\gamma'\text{-Fe}_4\text{N}$	Аміак + повітря+ + газ що містить вуглець (метан, пропан, пари спирту), продукти розкладання карбаміду	

Застосування регульованих процесів азотування в тліючому розряді забезпечує формування оптимального для заданих умов експлуатації будівлі азотованого шару. Ю.М. Лахтін запропоновано пояснення механізму формування дифузійного шару при іонному азотуванні, згідно з яким рушійною силою процесу є високий градієнт концентрації азоту, який встановлюється на початку насичення. Активація поверхні і підвищена концентрація дефектів в поверхневому шарі під дією іонного бомбардування супроводжується активним поглинанням азоту поверхнею, що і призводить до інтенсивного зростання шару і підвищенню твердості вже в перші хвилини процесу [11].

Протягом багатьох років на кафедрі удосконалювалися процеси іонного азотування в напрямку оптимізації технологічних режимів і використання різних насичують середовищ: аміачно-аргонних, азото-водневих. Розвиток високоефективних технологій регульованих процесів азотування, які вимагали контролю параметрів у вузькому діапазоні значень, призвело до розробки та впровадження автоматизованих систем і установок ХТО [11]. Система управління процесами хіміко-термічної обробки забезпечує автоматизоване приготування багатокомпонентних газових атмосфер з різним складом насичують сумішей, контроль насичує потенціалу атмосфери (азотного, вуглецевого, кисневого) і кінетики формування дифузійного шару. При створенні системи для управління процесами ХТО була використана передова для того часу мікропроцесорна техніка. Проблеми інтенсифікації процесів ХТО завжди знаходилися в полі зору Ю.М. Лахтін і його колег. Основні напрямки вирішення цієї проблеми актуальні й досі. Крім застосування високоенергетичних джерел активації газової фази (плазми тліючого розряду, лазерного випромінювання, коронного розряду, електролітній плазми) ефективним інструментом прискорення азотування визнані процеси ХТО в кисневмісних середовищах. Ще в 1960-х рр. було показано позитивний вплив попереднього окислення сталевий поверхні на

прискорення процесу азотування. Азотування корозійностійких аустенітних сталей в аміачно-повітряній атмосфері забезпечує інтенсифікацію насичення в 1,2 ... 1,5 рази в порівнянні з традиційним способом азотування і дає можливість обробки хромонікелевої сталі без попередньої депасивації поверхні [11]. Завдяки рівномірному дифузійному шару сталь набуває високу поверхневу твердість, зберігаючи необхідну корозійну стійкість.

З початку 1990-х рр. пошук можливостей інтенсифікації процесів ХТО і рішення проблем ресурсозбереження стає одним з основних напрямків досліджень наукової школи Ю.М. Лахтін. Досліджено процеси оксіязотірованія сталей, розроблені технологічні процеси парооксидірованія, нітрооксидірованія з попередніми оксидуванням. Представникам наукової школи під керівництвом Ю.М. Лахтін належить першість у розробці цілого ряду інших комбінованих процесів ХТО, багато з яких націлені не тільки на отримання нових властивостей поверхневого шару, а й на виявлення додаткових ресурсів по інтенсифікації дифузійного насичення сталей: сульфоціанірованіє, титаноазотірованіє, хромоазотірованіє, одночасне насичення вуглецем і кремнієм, бором і азотом, а також процеси азотування попередньо легованої сталевий поверхні [11].

Дослідження Ю.М. Лахтін і його школи в області теорії і практики поверхневого зміцнення заслужено отримали міжнародне визнання. Після відходу Юрія Михайловича з життя з ініціативи Асоціації металознавців Росії (Расмет) і Міжнародної Федерації по термічній обробці і інженерії поверхні (IFHTSE) в 1996 р засновані Лахтинська меморіальні читання, які проводяться на міжнародному рівні і присвячені внеску Ю.М. Лахтін в удосконалення теорії і практики азотування. Перші Лахтинська читання відбулися у Флоренції (Італія) в 1998 р, меморіальну лекцію прочитав відомий британський вчений професор Том Белл (Бірінгемський університет, Великобританія). Лекція була присвячена розвитку теорії азотування і ролі азотування в інженерії поверхні. Другі Лахтинська читання

пройшли у вересні 1999 р в Будапешті (Угорщина) в рамках 7-го Міжнародного семінару «Термічна обробка та інженерія поверхні легких сплавів». У меморіальній лекції, прочитаної професором Х.-Й. Шписом (Технічний університет Гірської Академії Фрайберга, Німеччина) обговорювалися питання контролю процесів газового азотування сталей, оксіязотірованія, а також проблеми азотування титанових і алюмінієвих сплавів. Переклад цієї лекції з німецької мови на російську був виконаний професором н.е. Струве і представлений професором Л.Г. Петрової широкої російської Металознавчі громадськості на засіданні Расмет в травні 2000 р Треті Лахтинська меморіальні читання відбулися в рамках міжнародної конференції «Nitriding Technology» у вересні 2003 р в Варшаві (Польща). Меморіальна лекція, авторами якої були В.Я. Сироп'ятов, В.М. Зінченко і Ю.А. Перека́тiв, була присвячена обговоренню сучасної концепції азотного потенціалу . Сьогодні, після тривалої перерви, традиція Лахтинська читань поновлюється. Четверта меморіальна лекція, присвячена Ю.М. Лахтіну, включена в програму майбутнього 26 Конгресу IFHTSE в Москві у вересні 2019 р Лекцію на тему «Хіміко-термічна інженерія поверхні нержавіючих сталей з елементами впровадження; симбіоз науки, технологій та інновацій» прочитає відомий вчений з Технічного Університету Данії професор Марсель А.Дж. Сомерс.

Більшість наукових напрямків і заділів, сформованих школою Ю.М. Лахтін, не втратили своєї актуальності і в даний час. Важливим науковим напрямком залишається розвиток теорії і практики розробки регульованих ресурсозберігаючих технологій хіміко-термічної обробки деталей машин і інструменту, що включає в себе і рішення проблем інтенсифікації. Розробляються сучасні процеси ХТО націлені як на підвищення службових характеристик матеріалів з метою збільшення довговічності, надійності і терміну служби машин, так і на зниження витрат на технологічні процеси обробки шляхом економії енергоресурсів і витратних матеріалів,

автоматизації та скорочення тривалості процесів, підвищення їх ефективності.

5.2 Класифікація процесів хіміко-термічної обробки: актуалізація традиційних уявлень

У класичній термінології хіміко-термічна обробка (ХТО) являє собою насичення поверхні металу одним або декількома елементами з використанням термічного впливу. Метою ХТО є зміна хімічного складу поверхневого шару виробу для надання йому особливих механічних і фізичних властивостей. Згідно з традиційними уявленнями, процеси ХТО діляться на дифузійне насичення неметалами (однокомпонентне або багатокомпонентне), дифузійна металізація (однокомпонентне або багатокомпонентне), і багатокомпонентне насичення металами і неметалами.

В даний час застосовується і розробляється безліч різноманітних видів ХТО, що розрізняються за умовами проведення процесу, типу і кількості насичують елементів, що вимагає актуалізації класичних поданні про процеси ХТО.

5.2.1 Класифікація ХТО за характером структурних змін

Традиційною є класифікація процесів ХТО по температурі процесу. Так, широко відома класифікація процесів азотування сталей по Ю.М. Лахтіну [12]:

- а) низькотемпературні процеси при $t < A_1$ в системі Fe-N;
- б) середньо температурні процеси при $t > A_1$ в системі Fe-N і $t < A_1$ в системі Fe-C;
- в) високотемпературні процеси при $t > A_1$ в системі Fe-C, до яких відносять також карбонітруванні / нітроцементациї.

Строго кажучи, температурний вплив при ХТО необхідно лише для активізації дифузійних процесів проникнення насичує елемента вглиб металу. Чисто теоретично процес можливий і при дії інших факторів, які активізують дифузію. Але в ряді випадків нагрівання до певних температур необхідний також для протікання фазових перетворень при наступному охолодженні. Тому видається логічним уточнити класичного розподілу процесів ХТО на низькотемпературні і високотемпературні. Пропонується класифікувати види ХТО на процеси без фазових перетворень і з фазовими перетвореннями (по аналогії з відпалом І-го і ІІ-го роду) [12]. По суті, саме цей фактор і лежить в основі класифікації азотування Ю.М. Лахтін, оскільки формальними температурними межами процесів, згрупованих під номерами а), б) і в), є критичні точки фазових перетворень. Наявність або відсутність фазових перетворень визначається термодинамічним рівновагою в системі «металонасичуючий елемент».

Крім того, температура ХТО має значення для забезпечення структури серцевини виробу. Якщо структура серцевини була сформована попередньою термообробкою (наприклад, шляхом гарту і відпустки), то температура подальшої ХТО не повинна бути вище, щоб цю структуру не порушити, що, наприклад, обмежує температуру традиційного азотування [12]. У ряді інших випадків, наприклад, при цементації, допустима перекристалізація, і остаточна структура формується при термообробці після ХТО. Таким чином, буде корисною класифікація видів ХТО на процеси з попереднім формуванням структури серцевини (попередньої термообробкою) і процеси без формування структури серцевини (з наступною термообробкою). У системах без фазових перетворень можливі також процеси ХТО без додаткової термообробки [12].

У переважній більшості випадків зміна хімічного складу поверхневого шару при ХТО супроводжується зміною його фазового складу і структури. Ці зміни знаходяться в кореляції з фазовим станом багатокомпонентної системи,

що включає всі елементи, які беруть участь в процесі: як елементи насичує середовища, так і елементи, спочатку присутні в оброблюваному металі (метал-основа, компоненти сплаву). Зміни структури, пов'язані з виділенням нових фаз (хімічних сполук), можуть відбуватися як на мікрорівні, так і на нано-рівні. У дифузійному шарі, сформованому ХТО, можуть утворюватися два типи нанооб'єктів; згідно з класифікацією наноструктурних елементів - це наночастинки (шари нанорозмірною товщини, що відрізняються від матриці фазовим складом) і наночастинки, які вивільняються в результаті розпаду пересичених твердих розчинів [13]. Можуть бути отримані шари, що містять як один з цих типів об'єктів, так і обидва типи об'єктів, як наприклад, в результаті азотування з формуванням бар'єрної оксидної нано-плівки. Це дозволяє запропонувати класифікацію ХТО по «мірності» структурних об'єктів шару: ХТО без наноструктурування, ХТО з двовимірним наноструктурування (наночастинки, наноплівки), ХТО з нуль-мірним наноструктурування (нанодисперсні частки в дифузійному шарі) [13].

5.2.2 Класифікація ХТО по характеристикам шару

Відомі різні види ХТО, що модифікують не тільки поверхневий шар виробу, але змінюють хімічний склад по всій його товщині, наприклад, процеси наскрізного високотемпературного азотування листових виробів. Це крайній випадок поверхневого насичення з утворенням аномально товстих градієнтних дифузійних шарів [13]. У подібних випадках можна застосувати класифікацію по товщині шару і характеру формується градієнта властивостей, наприклад, тонкошарові ХТО з різким градієнтом, толстослойные з плавним градієнтом, наскрізні і т.п. Прикладом першої групи процесів є антикорозійне азотування сталі з отриманням поверхневої нитридної ϵ -фази або оксікарбонітридної зони складу (Fe, Me) (N, C, O) [14]. Прикладом другої групи процесів є внутрішнє азотування сталі з утворенням

дифузійного подслоя з твердого розчину з включеннями нітридів легуючих елементів. Особливим випадком є отримання багат шарових поверхневих структур з заданим варіативним (нелінійним) градієнтом властивостей [14]. Класичним прикладом такого процесу є азотування з одержанням композиційного шару, що складається з нітридної зони (ϵ - і γ' -фази) і зони внутрішнього азотування. Сучасні процеси ХТО дозволяють формувати композиційні шари складного складу з елементами наноструктури.

Очевидно, що подібні вихідні параметри будови дифузійного шару повинні бути задані спочатку при виборі виду ХТО для конкретних умов експлуатації виробу. Окремого обговорення заслуговує підхід до термінології, що розрізняє власне «дифузійні шари», як хімічно модифіковані ділянки всередині металу, що формуються при ХТО, і «покриття», одержувані на поверхні металу методами осадження, нанесення (CVD, PVD та ін.) [13]. В останньому випадку покриття повністю диференційовано за хімічним складом від металу-підкладки і, як наслідок, має дефектом в зчепленні з цією підкладкою (слабкою адгезією). Тоді як дифузний шар характеризується більш-менш плавним зміною концентрації насичує елемента за глибиною і, внаслідок цього, позбавлений згаданого недоліку [13]. Необхідно відзначити, що існують сучасні види ХТО, що поєднують нанесення покриттів з дифузійної обробкою, що забезпечує проникнення елемента покриття вглиб підкладки з утворенням «перехідного шару», що мінімізує проблему адгезії. Наприклад, отримані перспективні результати по азотуванню попередньо нанесених на сталі цинкових покриттів, а також мідних каталітичних плівок. ХТО (дифузний відпал) хромових покриттів, отриманих методом осадження з металоорганічних сполук, дозволяє здійснити процес наноструктурування з аморфної фази. Подібні процеси можна виділити в окрему групу - «ХТО покриттів», які, в свою чергу, можуть класифікуватися по способам первинного нанесення і подальшого впливу [13].

ХТО покриття можна віднести до класу комбінованих способів поверхневого модифікування. Знову розробляються сьогодні види ХТО, по суті, є комбінованими процесами. Комбінації передбачають:

- а) поєднання різних насичуючих середовищ, як по елементного складу (насичення декількома елементами), так і по агрегатному стану середовища;
- б) поєднання способів впливу (наприклад, осадження покриття + пічна обробка, лазерне легування + пічна обробка і т.п.).

5.2.3 Класифікація ХТО по типу середовища що насичує

Насичуючі середовища при ХТО можуть бути будь-якого агрегатного стану: газового, рідкого і твердого. У кожній з цих середовищ можна принципово забезпечити протікання трьох основних елементарних процесів ХТО: дисоціації (отримання дифундируючого елемента в атомарному стані), адсорбції (контакт атомів дифундують елемента з поверхнею з утворенням хімічних зв'язків з атомами металу), дифузії атомів вглиб металу [14]. Процеси ХТО можуть проводитися з використанням або без використання термічного впливу; при нормальному, підвищеному або високому тиску; в низькому, середньому або глибокому вакуумі; в атмосфері водяної, водогазового або іонного пара; в контрольованих атмосферах; в електропровідній або діелектричній середовищі; в середовищі з поверхнево-активними або абразивними властивостями; в магнітному, електричному, гравітаційному або термічному полі.

Процеси ХТО з газових середовищ отримали найбільш широке застосування для дифузійного насичення азотом (класичне газове азотування), вуглецем (газова цементация, нітроцементация). У газовому середовищі насичення відбувається, як правило, тими елементами, які можуть існувати в газоподібному стані при температурах процесу. Насичуючий елемент в даному випадку одержують при дисоціації молекул

газу на складові. Насичення з газових середовищ ефективно піддається контролю за рахунок регулювання складу газового середовища. Процеси насичення з газової фази досліджені також стосовно до насичення кремнієм (силицирование з моносілана SiH_4), алюмінієм, хромом, причому в останніх випадках використовується насичення з галогенідів металів [14]. Процеси ХТО з рідкого стану застосовуються для насичення азотом (ціанування - насичення з розплавів солей), вуглецем (цементация в киплячому шарі), а в більшій мірі для насичення з розплавів металів (із застосуванням або без застосування електролізу).

Процеси ХТО з порошкових сумішей ефективно використовуються при дифузійному насиченні металами (алюмінієм, хромом). Відомим прикладом є також процес цементації в твердому карбюризаторі.

Різновидом методів ХТО з використанням умовно твердої фази є так званий шлікерного метод - насичення з обмазок суспензій (паст). Він ефективно застосовується для алітірованія, Силіціювання, борирования. В якості твердої фази використовуються порошки насичують елементів або їх хімічних сполук (металів, бору, кремнію). Для формування суспензії (шлікера) порошок зв'язується з органічним зв'язуючим. Для протікання дифузійних процесів виріб з нанесеним шлікером піддається відпалу.

За останні роки процеси шлікерної металізації удосконалилися; перевагами методу є простота нанесення, можливість багатокомпонентного насичення елементами в самих різних поєднаннях при точному дозуванні співвідношення компонентів, широкі можливості комбінацій з різними способами активізації дифузії (термічний відпал, лазерний відпал або лазерна ХТО, вплив плазми рідкого електроліту). Розширився діапазон насичують компонентів: Cr, Ti, B, Al, Si, V, Mo, W, Zn. Досліджено процеси багатокомпонентного насичення (Cr-Si, Ti-Si, Zr-Si, Cr-Ti, Cr-Al, Ti-Al, Zr-Al, Al-Si, V-Al, B-Ti, B-Al, Cr -Al-Si, Ti-Al-Si, Zr-Al-Si, Cr-Ti-Al) [13-17], комбінації з різними способами азотування і науглероживання.

В останньому випадку ми маємо справу з комбінованими процесами, що поєднують кілька типів насичують середовищ. Наприклад, процеси металокарбонітрированія здійснюють одночасне дифузійне насичення металом (хромом, титаном, алюмінієм, ванадієм) з шлікера, азотом з низькотемпературної плазми, порушуємо в рідкому електроліті (NH_4Cl) і вуглецем з графіту, присутнього в шлікерної обмазці [15]. Аналогічно, комбіновані процеси «лазерне легування + азотування» передбачають одночасне дифузійне насичення металом (V, Mo, Cr) з обмазки і азотом з газової фази. Окремим випадком комбінованих процесів є також, наприклад, процес азотування хромових покриттів, отриманих методом електроосадження [15].

Основною проблемою при реалізації подібних комбінованих процесів є контроль концентрації легуючого елемента в дифузійному шарі, особливо при багатокомпонентному насиченні, від якої залежить фазовий склад. Важливим кроком для вирішення цієї проблеми є виявлення особливостей структурних і фазових перетворень в багатокомпонентних системах, що формуються при комбінованих процесах ХТО.

5.2.4 Класифікація ХТО по способам інтенсифікуючого впливу

Як вже було зазначено, процеси ХТО передбачають вплив енергетичного фактори для активізації дифузійних процесів і протікання фазових перетворень. Традиційно таким фактором є температура процесу, тому при ХТО передбачений нагрів виробів до температур, що забезпечують досягнення вищевказаних результатів. Вишукування додаткових способів інтенсифікації процесу (зниження його тривалості) обумовлює застосування при ХТО особливих видів високоенергетичного або каталітичного впливу. Таким чином, процеси ХТО можуть бути класифіковані на процеси з традиційним пічним нагрівом (в камерних, шахтних, тигельних і інших

печах) і процеси з використанням різних факторів інтенсифікації. На окрему увагу заслуговують процеси із застосуванням каталізаторів.

Фактори інтенсифікації можуть бути фізичної природи (наприклад, знижений або підвищений тиск в камері процесу, вакуум, конвекція, термоциклірування), механічної природи (пластична деформація), і електрофізичної природи. Останні знаходять найширше застосування, до них відносяться всі види розряду (тліючий, коронний, електроіскровий), плазма, електронно-променевий, лазерний вплив, ультразвуковий вплив [16]. Як показує аналіз джерел, у багатьох випадках ефективними виявляються комбінації цих форм впливу з традиційними грубними способами ХТО.

В останні роки відновилися дослідження з вишукування ефективних каталізаторів процесу азотування. Застосовуються процеси каталітичного азотування з використанням рідкісноземельних металів, керамічних каталізаторів, каталізаторів з кремнеземистого скловолокна, активно досліджуються каталітичні властивості плівок оксидів по відношенню до азотування. Більшість каталізаторів працюють за принципом активізації процесу дисоціації аміаку - основний насичує середовища при азотуванні.

5.2.5 Класифікація ХТО за кількістю і типом насичуючих елементів

Сьогодні стає очевидним, що однокомпонентні види ХТО практично вичерпали свій потенціал з точки зору отримання нових властивостей поверхні. Сучасні види ХТО найчастіше передбачають багатоконпонентне насичення. Проте, сувора класифікація повинна передбачати процеси ХТО з будь-якою кількістю насичують середовищ. Таким чином, найбільш зручна класифікація реально існуючих процесів ХТО по типу насичують елементів зводиться до наступного [17].

1. Однокомпонентне насичення:

- неметалом (цементация / коксування, азотування, борування, силіцирування, оксидування);
- металом (дифузійна металізація: хромування, титанування, ванадіювання, цинкування, ін.);

2. Багатокомпонентне насичення неметалами:

- нітроцементация ($C + N$);
- оксіязотування ($N + O$);
- сульфоазотування ($N + S$);
- боросиліцирування ($B + Si$);
- бороазотування ($N + B$);
- окси-карбонітрування ($N + C + O$).

3. Багатокомпонентне насичення металами:

- алюмохроміювання ($Al + Cr$);
- алюмосиліцирування ($Al + Si$);
- титаноалітирування ($Ti + Al$) і ін.

4. Багатокомпонентне насичення металами і неметалами:

- металлоазотування ($Me + N$);
- металлосиліцирування ($Me + Si$);
- металлоборірування ($Me + B$);
- карбохромірування ($Cr + C$);
- металокарбонітрирування ($Me + C + N$).

Спільне насичення поверхні кількома елементами може проводитися як одночасно, так і послідовно. Окремо в наведеній класифікації слід відвести місце процесам насичення одним елементом в багатокомпонентних середовищах. Прикладом є азотування в контрольованих атмосферах суміші газів (водню, азоту, парів води, оксиду вуглецю, метану, продуктів крекінгу аміаку і ін.). Дискретна подача газів дозволяє регулювати азотний потенціал атмосфери, насичення азотом відбувається в кілька етапів за рахунок проведення циклічних процесів окислення і відновлення.

При використанні металів для поверхневого легування при хіміко-термічній обробці важливим фактором є температура, оскільки вона дає можливість для утворення активних атомів (іонів) насичує елемента за рахунок електромагнітного випромінювання при нагріванні і дозволяє йому дифундувати углиб стали завдяки збільшенню амплітуди коливань атомів в решітці металу.

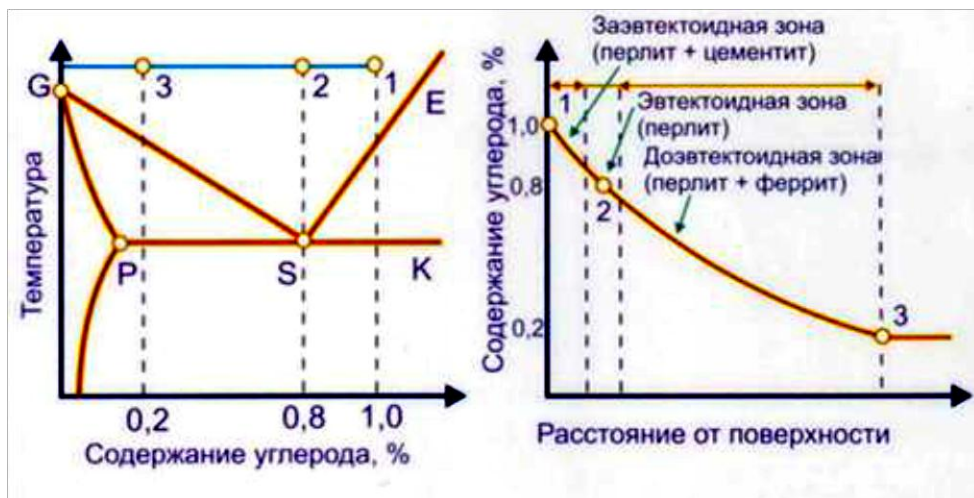


Рисунок 5.2 - Процес дифузійного насичення поверхневого шару сталевих деталей [18]

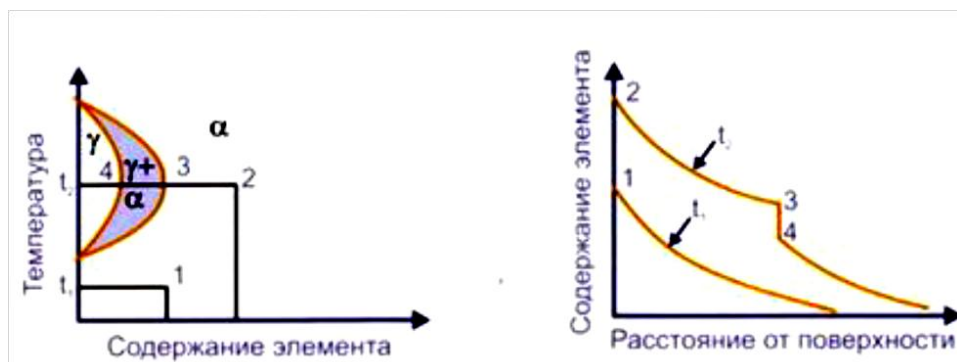


Рисунок 5.3 - Залежність насичення елемента від товщини шару [17]

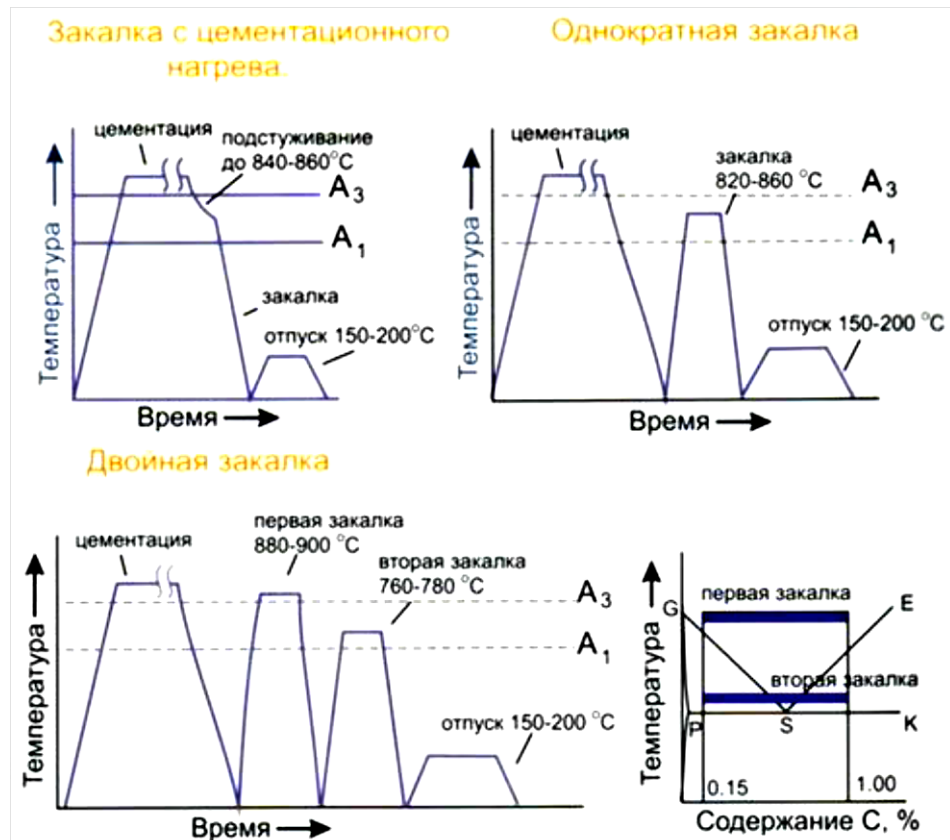


Рисунок 5.4 - Термічна обробка цементованих виробів [18]

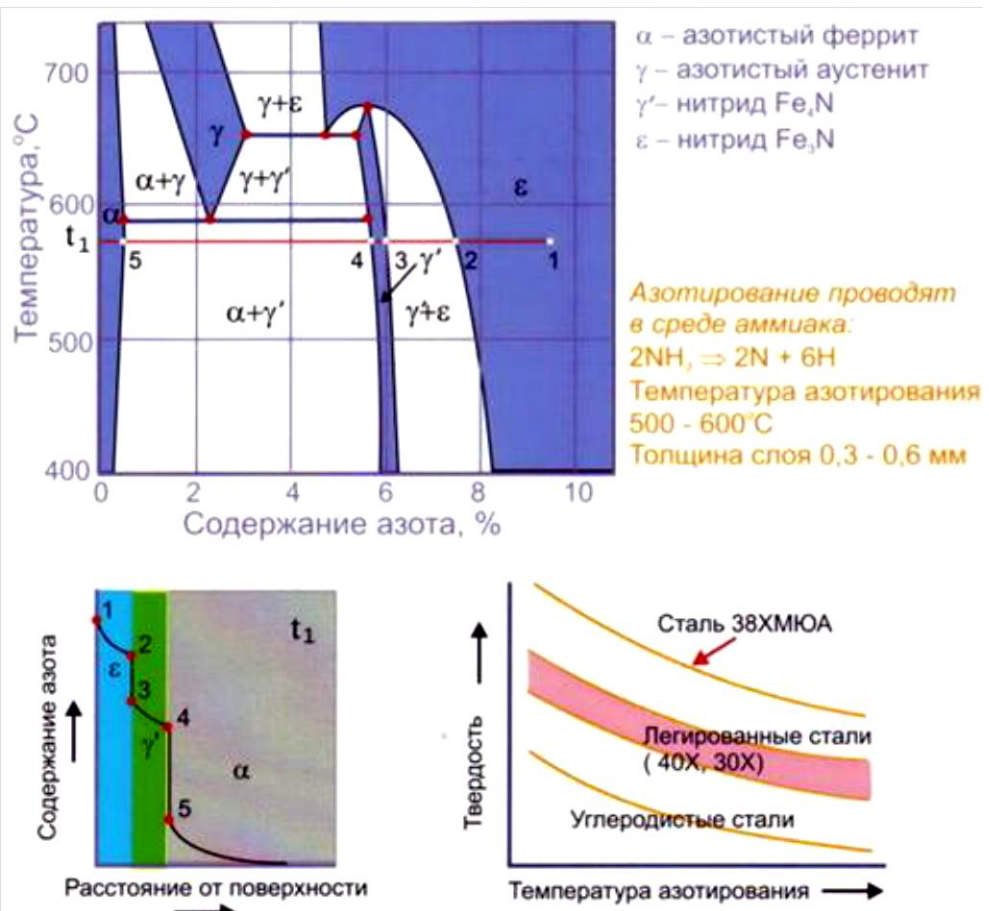


Рисунок 5.5 - Азотування поверхонь в різних середовищах [18]

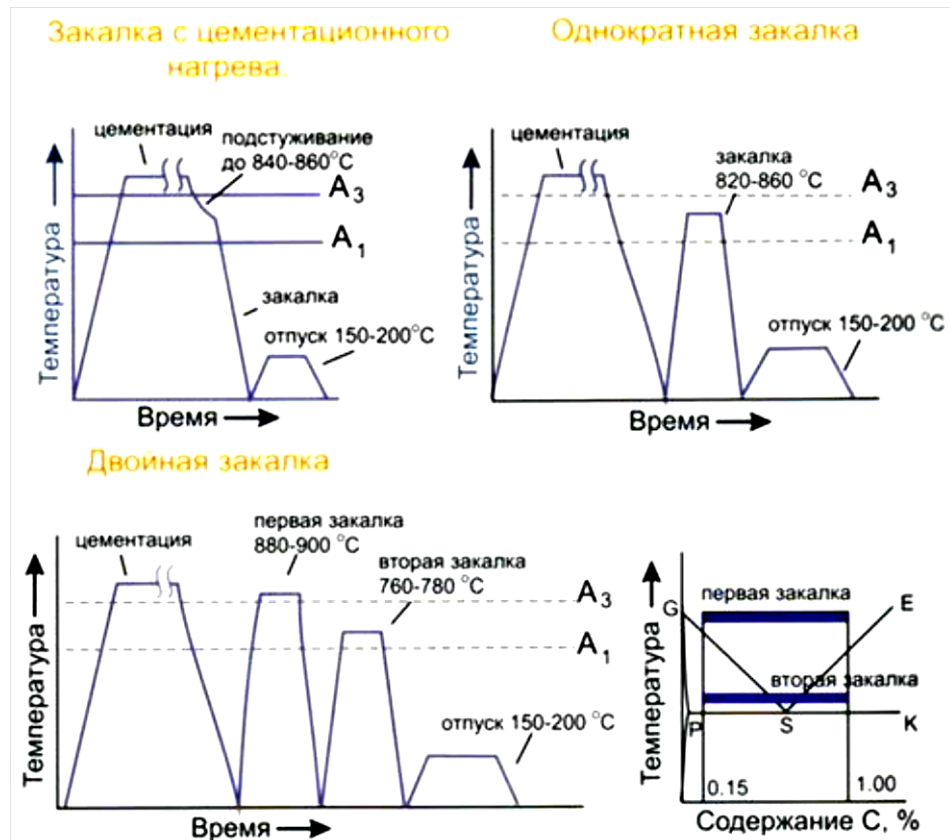


Рисунок 5.4 - Термічна обробка цементованих виробів [18]

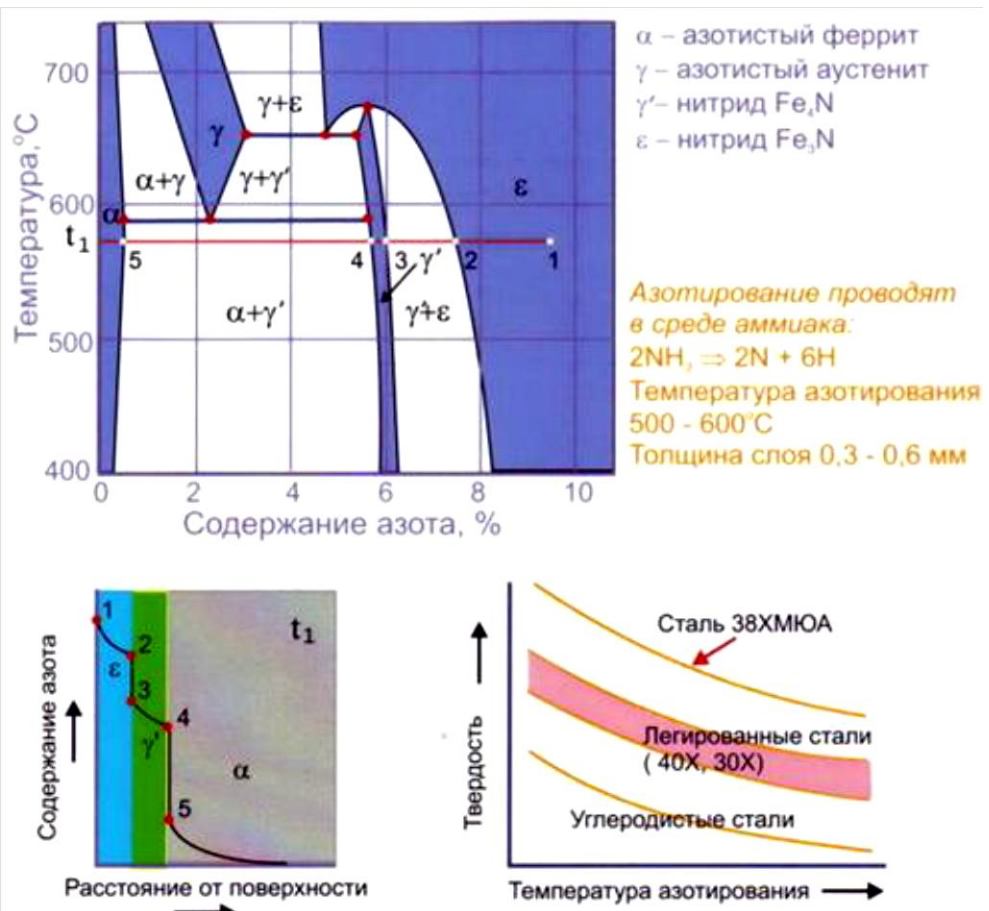


Рисунок 5.5 - Азотування поверхонь в різних середовищах [18]

6 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ АБО ЗАХОДІВ

6.1 Розрахунок економічної частини

Для прорахунку економічної частини проводимо паралелі двох різновидів токарних операцій: перша операція (токарна обробка на верстаті РС-4-36) та друга операція (токарна обробка на верстаті Optimab 250). Потім обираємо найбільш ефективний з точки зору собівартості.

Формула являє собою [18], хв:

$$\tau = \frac{F_a \cdot 60}{N}, \quad (6.1)$$

де F_a – актуальний фонд річної роботи обладнання, год [18].

Розраховується наступною формулою (6.1)

$$\tau = \frac{3020 \cdot 60}{1000} = 181,2$$

Знаходимо кількість токарних верстатів для обробки (1) та ЧПК токарної обробки (2) наступною формулою, шт:

$$n_p = \frac{t_{шт-к}}{\tau}, \quad (6.2)$$

де $t_{шт-к}$ – штучно-калькуляційний час операції, хв.

Розраховується наступною формулою (6.2):

$$n_{p1} = \frac{9,04}{181,2} = 0,049 \text{ шт}$$

$$n_{p2} = \frac{8,16}{181,2} = 0,045 \text{ шт}$$

ЗП нараховується наступним чином, коп/хв.:

$$З_p = З_T \cdot K_n, \quad (6.3)$$

де $З_m$ – тарифна хвилинна заробітна плата працівника з урахуванням діючих начислень на базовому підприємстві [20, т. 2.18, с. 94];

K_n – коефіцієнт перевиконання норм часу [20, с. 93].

Провадимо розрахунки заробітної плати (6.3)

$$З_{p1} = 2,210 \cdot 1,2 = 2,652 \text{ коп/хв}$$

$$З_{p2} = 1,526 \cdot 1,2 = 1,831 \text{ коп/хв}$$

Заробітна плата наладчиків розраховується згідно КЗпП та за формулою, коп/хв.:

$$З_n = З_T \cdot K_n, \quad (6.4)$$

де $З_m$ – тарифна хвилинна зарплата робітника з наладки з урахуванням начислень діючих на базовому підприємстві [20, т. 2.18, с. 94];

K_n – коефіцієнт перевиконання норм часу [20, с. 93].

Основна заробітна плата розраховується за формулою (6.4):

$$З_{n1} = 2,210 \cdot 1,2 = 2,652 \text{ коп/хв}$$

$$З_{n2} = 2,210 \cdot 1,2 = 2,652 \text{ коп/хв}$$

Норма витрат на електроенергію вимірюється по формулі, коп/год:

$$E = \frac{N \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot C_e}{60}, \quad (6.5)$$

де N – потужність верстата, кВт

K_1 – коефіцієнт, що враховує використання електродвигунів потужністю [20, т. 2.19, с. 94]

K_2 – коефіцієнт, що враховує використання електродвигунів за часом [19, т. 2.19, с. 94]

C_e – вартість 1 кВт/год електроенергії у діючий час, коп.

Провадимо розрахунки за допомогою формули (6.5):

$$E_1 = \frac{20 \cdot 0,6 \cdot 0,5 \cdot 230}{60} = 23 \text{ коп/год}$$

$$E_2 = \frac{18 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 230}{60} = 38,64 \text{ коп/год}$$

Визначаємо витрати з амортизації обладнання по формулі, коп

$$A = \frac{A_{\Gamma} \cdot 100}{F_d \cdot 60}, \quad (6.7)$$

де A_{Γ} – начислення амортизації за рік, коп.

Визначаємо амортизаційні нарахування за рік по формулі, коп

$$A_{\Gamma} = \frac{\alpha_1 \cdot 1,15Ц}{100}, \quad (6.8)$$

де α_1 – відсоток відрахувань від балансної вартості приладів [19, с.92]

$Ц$ – ціна обладнання, грн

Обчислення проводимо за формулою (6.8):

$$A_{\Gamma 1} = \frac{15 \cdot 1,15 \cdot 135000}{100} = 23287,5 \text{ коп}$$

$$A_{\Gamma 2} = \frac{15 \cdot 1,15 \cdot 137500}{100} = 23718,75 \text{ коп}$$

Проводимо розрахунки за допомогою формули (6.7):

$$A_1 = \frac{23287,5 \cdot 100}{3020 \cdot 60} = 12,85 \text{ коп}$$

$$A_2 = \frac{23718,75 \cdot 100}{3020 \cdot 60} = 11,91 \text{ коп}$$

Розрахунки витрат на обслуговування обладнання обчислюємо за формулою, коп

$$O = \frac{O_{\Gamma} \cdot 100}{F_d \cdot 60}, \quad (6.9)$$

де O_{Γ} – нарахування на обслуговування за рік, коп.

Обслуговування за рік розраховується за формулою, коп

$$O_{\Gamma} = \frac{\alpha_2 \cdot 1,15 \Pi}{100}, \quad (6.10)$$

де α_2 – відсоток відрахувань від балансної вартості обладнання [19, с. 92];

В поточному нарахуванні проводиться за формулою (6.10):

$$O_{\Gamma 1} = \frac{0,5 \cdot 1,15 \cdot 135000}{100} = 776,25 \text{ коп}$$

$$O_{\Gamma 2} = \frac{0,5 \cdot 1,15 \cdot 137500}{100} = 790,625 \text{ коп}$$

Розрахунки виконуються по формулі (6.9):

$$O_1 = \frac{776,25 \cdot 100}{3020 \cdot 60} = 0,43 \text{ коп}$$

$$O_2 = \frac{790,625 \cdot 100}{3020 \cdot 60} = 0,44 \text{ коп}$$

Формула розрахунку на ремонт обладнання визначається наступним чином, коп:

$$P = \frac{P_{\Gamma} \cdot 100}{F_d \cdot 60}, \quad (6.11)$$

де P_{Γ} – нарахування на ремонт за рік, коп

Ремонт за рік визначається формулою, коп

$$P_{\Gamma} = \frac{\alpha_3 \cdot 1,15 \Pi}{100}, \quad (6.12)$$

де α_3 – відсоток відрахувань від балансної вартості обладнання [19, с. 92].

Формула розрахунків провадиться наступним чином (6.12):

$$P_{\Gamma 1} = \frac{4,5 \cdot 1,15 \cdot 135000}{100} = 6986,25 \text{ коп}$$

$$P_{\Gamma 2} = \frac{4,5 \cdot 1,15 \cdot 137500}{100} = 7115,625 \text{ коп}$$

Визначаємо за допомогою формули (6.11):

$$P_1 = \frac{6986,5 \cdot 100}{3020 \cdot 60} = 3,9 \text{ коп}$$

$$P_2 = \frac{7115,625 \cdot 100}{3020 \cdot 60} = 3,93 \text{ коп}$$

Розраховуємо витрати на інструмент за довідковою літературою [19, т. 2.20, с. 94].

Для токарної обробки в обох варіантах обираємо різці, оснащені твердим сплавом, для чистового проходу $I_T = 0,092$ грн.

Визначаємо витрати на пристосування за довідковою літературою [19, т. 2.21, с. 95].

Для токарної обробки в обох варіантах спеціальних пристосувань не передбачено.

Розраховуємо технологічну собівартість для кожного варіанту операції за формулою, коп:

$$C_i = (З_{pi} + З_{ni} + E_i + П_i + И_i + A_i + O_i + P_i) \cdot t_{шт-к i}. \quad (6.13)$$

Провадимо розрахунки за формулою (6.13):

$$\begin{aligned} C_1 &= (1,697 + 1,697 + 16,8 + 0 + 0,092 + 9,67 + 0,32 + 2,9) \cdot 7,14 \\ &= 236,876 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_2 &= (1,09 + 1,697 + 33,45 + 0 + 0,092 + 9,84 + 0,32 + 2,95) \cdot 4,19 \\ &= 207,149 \end{aligned}$$

Розраховуємо очікуваний економічний ефект при впровадженні токарного верстата з ЧПК (MDW 20M) замість токарного верстата з ручним керуванням (1M63Б) по формулі, грн:

$$E_e = (C_1 П + E_1 Ц_1 n_1) - (C_2 П + E_2 Ц_2 n_2), \quad (6.14)$$

де E – нормативний коефіцієнт ефективності [19, с. 91]

Формула розрахунків для виконання оцінювання (6.14)

$$E_e = (2,36876 \cdot 1500 + 0,15 \cdot 135000 \cdot 1) - (2,07149 \cdot 1500 + 0,15 \cdot 137500 \cdot 1) = 70,905$$

Після аналізу розрахунків економічної ефективності можна зробити висновок, що технологічна собівартість токарної операції на верстаті 1М63Б складає 236,876 грн., а на верстаті з ЧПК MDW 20 М – 207,149 грн. Економічний ефект від впровадження верстата з ЧПК MDW 20М замість 1М63Б складає 70,905 грн.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Аналіз потенційних небезпек

Відповідно до теми диплома: особливості технологічного процесу обробки деталі: «Шток поршня» в умовах серійного виробництва для виготовлення деталі використовують таке обладнання: верстат токарний (РС-4-36); верстат токарний з ЧПУ (Optimab 250); верстат шліфувальний (RSM 500); верстат фрезерний (Granmill 1300); Ультразвукова установка (УЗВ-18М).

При роботі на даних верстатах можуть виникати такі потенційні небезпеки[20] :

1) потенційні небезпеки фізичного характеру:

- при неправильно закріпленій деталі можливий виліт деталі при її обробці що може призвести до механічних травм людини.
- при відсутності рукавиць можливі порізи стружкою або гостими кутами деталі що можуть призвести до ураження шкіри людини.
- можливе ураження електричним струмом при виході з ладу обладнання та не дотримання техніки безпеки при роботі з електричними приладами[21].
- поломка інструмента може спричинити механічні травми у людини.

2) потенційні небезпеки психо-фізичного характеру:

- відсутність перерв та перевантаження робітника може призвести до погіршення уваги робітника в наслідок чого можуть виникнути фізичні травми.

3) потенційні небезпеки санітарно-гігієнічного характеру:

- перевантаження органів зору при поганому освітленні може призвести до погіршення зору.

- підвищений шум та відсутність захисту від нього можуть призвести до погіршення слуху.

- підвищена запиленість робочої зони при відсутності засобів індивідуального захисту може призвести до захворювання дихальних шляхів, що в свою чергу є великим ризиком подальшого виникнення професійних захворювань.

4) потенційні небезпеки, які пов'язані з порушенням правил пожежної безпеки:

Можливе виникнення пожежі через несправність електричного обладнання, систем охолодження. Коротке замикання може стати причиною виникнення пожежі.

Все це може призвести до погіршення фізичного та психічного самопочуття людини, втрати людиною здоров'я, сили, слуху, зору, можливої втрати кінцівок чи смерті. Тому для того щоб не допускати подібного були розроблені правила охорони праці [21].

Заходи щодо забезпечення безпеки наведені в додатку В.

Заходи щодо виробничої санітарії та гігієни праці наведені в додатку Г.

Заходи з пожежної безпеки наведені в додатку Д.

Заходи по забезпеченню стійкої роботи комунально-енергетичних систем промислового об'єкта наведені в додатку Е.

7.2 Висновки

Проаналізувавши умови праці в цеху, при інтенсивній роботі за станком робимо висновок, що найбільш несприятливим являється підвищений шум що може призвести до погіршення фізичного і психічного здоров'я людини, а з проміжком часу викликає часткову втрату слуху

Розрахунок загального шуму, виконаний згідно вимогам . Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку, що дозволяє поліпшити умови праці[22].і.

ВИСНОВКИ

В результаті проведення в магістерській роботі таких заходів, як впровадження у виробництво нового більш прогресивного обладнання, заміни методу одержання заготівлі, заміни - операцію 23 – токарну, операцію 19 - токарну, в операцію 26 - токарну з ЧПК. Обробка виконується на токарному верстаті з ЧПК мод. EEN-320, за рахунок поширених технологічних можливостей верстату, переконструювання затискного пристрою з ручним затиском на затискний пристрій з пневматичним затиском, було досягнуто удосконалення заводського варіанту технологічного процесу при заданому типі виробництва.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Додатки до методичних вказівок "Розрахунки технологічних розмірів при проектуванні технологічних процесів механічної обробки" - Запоріжжя, ЗНТУ, 1996.-55с.
2. Методичні вказівки до дипломного проектування з технології авіадвигунобудування і машинобудування для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» і «Технологія будування авіаційних двигунів» / укл. В.К. Яценко, В.І. Ципак, Є.Я. Коренєвський та ін. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2003. –245 с.
3. Баранчиков, В.И. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов / В.И. Баранчиков - М.:Машиностроение, 1990.-400с.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В2 т.Т1. / [под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова]. –М.: Машиностроение, 1985.-694с.
5. Справочник технолога-машиностроителя В2 т.Т1. / [под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова]. – М.: Машиностроение, 1985.- 652 с.
6. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учебное пособие для техникумов по предмету «Основы учения о резании металлов и режущий инструмент» / Под ред. Н.А. Нефедова, К.А. Осипова, - 5-е изд., перераб. И доп- М.: Машиностроение, 1990.- 448с.
7. Алексеев, Г.А. Расчет и конструирование режущего инструмента / Г.А. Алексеев, Е.А. Смальников. - М.: Машиностроение, 1951. - 598 с.
8. Справочник «Станочные приспособления» в 2-х томах. / Под ред. Вардашкина В.В.– М.: Машиностроение, 1984. - 656 с.
9. Конструкции приспособлений /[подред. В.А. Богуслаева]. –Запорожье: издательство «Мотор Сич», 2004. –203с.
10. Справочное издание «Контактные измерительные системы для станков с ЧПУ RENISHAW», 2006. - 72 с.

11. Жизнь и научно-педагогическая деятельность : биобиблиогр. указ. / сост. Л.Г. Петрова, О.В. Чудина, В.А. Александров, Н.В. Шашина; под общ. ред. Л.Г. Петровой; МАДИ. – М., 2010. – 179 с.
12. Лахтин, Ю. М. Азотирование стали / Ю.М. Лахтин, Я.Д. Коган - М.: Машиностроение, 1976. - 256 с.
13. Лахтин, Ю. М. Теория и технология азотирования / Ю.М. Лахтин, Я.Д. Коган - М.: Металлургия, 1991. - 320 с.
14. Лахтин, Ю. М. Исследование процесса азотирования стали в тлеющем разряде / Ю.М. Лахтин, Я.Д. Коган, В.Н Шапошников – Электронная обработка материалов. 1976, - № 5, - с. 15-18.
15. Лахтин, Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов: учеб. для металлург. и машиностроит. техникумов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Металлургия, 1979. - 320 с.
16. Принципы классификации, контроля и применения процессов азотирования / З. Бемер, В. Шретер, Ю.М. Лахтин и др. // Металловедение и терм. обраб. металлов. - 1979. - № 10. - С. 19-25.
17. Лахтин, Ю.М. Материаловедение: учеб. для вузов / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1980. - 493 с.
18. Єгоров М.Е. Основи проектування машинобудівних заводів: Підручник, - М.: Висш. шк., 1969. - 480 с.
19. Проектування машинобудівних заводів і цехів: Довідник: В 5 т. /Під ред. Е.С. Ямпольського.- П.: Машинобудування, 1975. - Т,4,5.
20. 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.

21. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках.-М.: Энергоатомиздат, 1985.-376с. Пістун І. П., Стець Р. Є., Трунова І. О. Охорона праці в галузі машинобудування: Навч. посіб. – Суми: Університетська книга, 2011. 557 с.

22. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку, [Електронний ресурс] : ДСН 3.3.6.037-99. – Чинний від 1999-12-01. – К. : МОЗ України, 1999.– URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va037282-99>. – (Державні санітарні норми)

ДОДАТОК В

Згідно НПАОП 0.004.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці» для виключення порізів і механічних травм; уникнення травмування через руйнування ріжучого інструмента, у разі неправильного підбору режимів різання; уникнення травмування різного ступеня важкості при роботі з ручним інструментом; уникнення травмування від руйнування інструменту, передбачено такі організаційні заходи, як проведення навчань з техніки безпеки та перевірка знань персоналу. [B1] Окрім цього, в якості організаційних заходів для уникнення порізів і механічних травм під час роботи на верстатах і при виконанні слюсарних операцій передбачене забезпечення працівників засобами індивідуального захисту у вигляді рукавиць від механічних порізів, захисних окулярів, захисного одягу від механічних ушкоджень, напівчоботів для захисту від порізів стружкою і незначних вібрацій, згідно ДСТУ 7239:2011 «ССБП. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація». Для уникнення травмування через руйнування ріжучого інструмента при неправильному підборі режимів різання проводять інформування робітників, щодо особливостей роботи з обладнанням, згідно НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями» [B2], а також розробляють такі режими різання і підбирають такий інструмент, що дадуть можливість виключення механічного травмування через виліт інструмента, згідно ДСТУ EN ISO 12100:2016 «Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків (EN ISO 12100:2010, IDT)».

Для уникнення травмування персоналу при роботі на верстатах всі верстати оснащені захисними щітками та кожухами, згідно ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і змінних захисних огорож» [B3], блокувальні пристрої для виключення можливості проникнення людини в небезпечну зону обробки на верстаті, згідно ДСТУ EN ISO 14119:2017

«Безпечність машин. Блокувальні пристрої, з'єднані з огорожами. Принципи проектування та вибору» [B4].

Для захисту від травмування значної кількості людей при розриві гучного шлангу, що з'єднується з пневмо приладом передбачене забезпечення персоналу засобами захисту від механічного фактору (порушення цілісності обладнання), у вигляді огорожувальних і запобіжних пристроїв та засобів безпеки, згідно ДСТУ 7238:2011 «ССБП. Засоби колективного захисту працюючих. Загальні вимоги та класифікація».

Для уникнення ураження електричним струмом передбачені:

- організаційні заходи: проведення навчань з електробезпеки, перевірка знань та атестація персоналу на другу або третю групу з електробезпеки, згідно НПАОП 0.004.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці» [B1];

- технічні заходи: використання електроустановок з глухо заземленою нейтраллю відповідно до вимог глави 1.2.16 «ПУЕ-2014» [B5] та ДСТУ 7237:2011 «ССБП. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту». Враховуючи те, що верстати на виробничий дільниці характеризуються як електроустановки до 1000 В, тому згідно вимог глави 1.7 «ПУЕ» величина опору контуру захисного заземлення електрообладнання приміщення з верстатами у будь – яку пору року не перевищує – 4 Ом. [B5]

Всі виробничі приміщення розташовані в цеховій зоні за рівнем електробезпеки поділяються на два класи:

- приміщення без підвищеної небезпеки – це сухі приміщення зі струмонепровідною підлогою, з вологістю не вище 75%, без пилу або лише зі струмонепровідним пилом температурою повітря до 30С, в яких відсутня можливість одночасного дотику людини до корпусу електричної установки і металевих елементів, з'єднаних з землею. До таких відносять приміщення в яких працюють робітники не пов'язані з роботою на верстатах (начальство, технологи, конструктори, програмісти та інші.) [B5]

- приміщення з підвищеною небезпекою – для них характерним є наявність однієї з таких п'яти ознак: вологість перевищує 75%, наявний електропровідний пил, електропровідна підлога, температура повітря вище +30°C, існує можливість одночасного дотику до металевих предметів, з'єднаних з землею, і корпусу електроустановки. До таких відносять приміщення в яких робочий працює безпосередньо на станках. [B6]

Згідно «Технічного регламенту безпеки машин» розміщення й експлуатація виробничого устаткування в цехах у підприємства відповідає характеру виробництва і послідовності технологічного процесу. [B7]

Проходи між апаратами, за умови цілодобового обслуговування, становлять не менше 1 м; Відстань між устаткуванням за умови встановлення його фронтами одне до іншого не менше ніж 1,5 м; відстань між частинами устаткування, що виступають, з урахуванням однобічного проходу - не менше ніж 0,8 м, а якщо не потрібен їх ремонт і не передбачається руху людей, - не менше ніж 0,5 м; ширина головного проходу між рядами технологічного обладнання у разі руху транспорту в одному напрямку не менша від максимальної ширини навантаженого транспорту плюс 1,4 м, у разі зустрічного руху транспорту - не менше подвійної максимальної ширини плюс 1,5 м; ширина проїзду не менше 2,0 м. [B8]

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ В

В1. 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. : Держнаглядохоронпраці, 2005. 26с.- (Нормативно-правовий акт охорони праці).

В2. 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 .

В3. ДСТУ EN ISO 14120:2017«Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож».

В4. ДСТУ EN ISO 14119:2017 «Безпечність машин. Блокувальні пристрої, з'єднані з огорожами. Принципи проектування та вибору».

В5. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. [На заміну ПУЕ-86 ; чинний з 2017-08-21]. К. : Міненерговугілля України, 2017. 617 с.

В6. . ДСТУ EN 60204-32:2018 «Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1»

В7.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)

В8. 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.

ДОДАТОК Г

Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії і гігієни праці розробляються відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МЮУ 06.05.2014 р. за № 472/25249. [Г1]

Згідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МЮУ 06.05.2014 р. за № 472/25249 умови праці на дільниці виробничого цеху відносять до 2 класу (допустимі умови праці) – умови, що характеризуються такими рівнями факторів виробничого середовища і трудового процесу які не перевищують встановлених гігієнічних нормативів (а можливі зміни функціонального стану організму відновлюються за час регламентованого відпочинку або до початку наступної зміни) та не повинні чинити несприятливого впливу на стан здоров'я працівників та їх нащадків в найближчому і віддаленому періодах. При цьому шліфувальні операції, які виконуються на дільниці на універсальних шліфувальних верстатах відносять до 3 класу (шкідливі умови праці) 1 ступеня – умови праці, що характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища та трудового процесу, які викликають функціональні зміни, що виходять за межі фізіологічних коливань (останні відновлюються при тривалішій, ніж початок наступної зміни перерві контакту зі шкідливими факторами) та збільшують ризик погіршення здоров'я, утому числі й виникнення професійних захворювань. Для уникнення цих ризиків працівник повинен мати засоби захисту органів дихання (респіратор), згідно ДСТУ 7239:2011 «ССБП. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація», а також мати постійний медичний нагляд.

Для забезпечення оптимального рівня параметрів повітряного середовища виробничої зони на дільниці передбачено очищення повітря від

пили в системах механічної вентиляції відповідно глави 7.1 ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціювання». Згідно ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [Г1], для категорії робіт середньої важкості (ІІа), що характерна для обробки на всіх верстатах, окрім шліфувальних допустима температура в теплу пору року складає 18°C - 27°C , в холодну 17°C - 23°C ; відносна вологість повітря в теплий період складає 65%, в холодний 75%; швидкість руху на робочих місцях не більше 0,2 м/с. Для категорії важких робіт (ІІІ), до яких відносяться шліфувальні операції на універсальних шліфувальних верстатах, допустима температура в теплу пору року складає 15°C - 26°C , в холодну 13°C - 19°C ; відносна вологість повітря в теплий період складає 65%, в холодний 75%; швидкість руху на робочих місцях не більше 0,2 м/с. Але слід зазначити що через відсутність можливості використання у цеху засобів опалення та кондиціювання температура дещо відрізняється від допустимих параметрів і може бути вище гранично допустимої у теплу пору року на 3°C - 8°C і нижче гранично допустимої у холодну пору року на 3°C . В такому випадку, швидкість руху повітря повинна буди збільшення на 1,1 м/с, а відносна вологість повітря знижена на 5% при підвищенні температури на кожний градус вище верхньої межі допустимих температур повітря. Якщо досягнення оптимальних параметрів мікроклімату не є можливим, передбачається заходи щодо захисту від можливого перегрівання та охолодження, згідно ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [Г2]:

- для зменшення термічних навантажень на працюючих передбачається максимальна механізація, автоматизація, та дистанційне управління технологічними процесами і устаткуванням;

- для профілактики перегрівання працюючих в умовах нагріваючого мікроклімату організовують раціональний режим праці та відпочинку;

- для попередження можливого переохолодження працюючих в холодний період в приміщеннях, де на робочих місцях мікрокліматичні умови нижче допустимих величин, влаштовують повітряні або повітряно-теплові завіси біля воріт;

Для забезпечення оптимального рівня освітлення на виробничій дільниці, відповідно главі 8.1 ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення», на дільниці будуть використовуватися джерела світла від 2400 К до 6800 К, а саме люмінесцентні лампи. Рівень нормованої освітленості $E_n = 200$ лк, при цьому коефіцієнт природного освітлення повинен складати 2% згідно п.5 ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення». [Г4] Рівень шуму в робочій зоні на дільниці цеха відповідно до п.5.1 ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» не повинен перевищувати 80 дБА.

На підприємстві рівень шуму враховується від кількості станків та їхнього шуму який вони створюють під час роботи. Він розраховується за формулою:

$$L_{\text{сум}} = 10 \lg(10^{0.1L_{i1}} + \dots + 10^{0.1L_{in}})$$

Звідси виходить:

$$L_{\text{сум}} = 10 \lg(10^{0.1 \cdot 99.5} + 10^{0.1 \cdot 80} + 10^{0.1 \cdot 80} + 10^{0.1 \cdot 83} + 10^{0.1 \cdot 96} + 10^{0.1 \cdot 103}) = 105,2 \text{ дБА}$$

Шум верстатів, що використовуються на дільниці, перевищує задану норму тому потрібні спеціальні засоби захисту, до таких відносять:

- протишумні навушники ВЦНПОТ-2;
- протишумні вкладиші ФПОШ "Беруши".

Застосування вкладишів допустимо при рівнях звука не вище 100 дБА, навушників - 110 дБА, шоломів - 120 дБА.

Так як в нас шум в цеху перевищує 100 дБА то ми зобов'язані застосувати беруши при роботі на станках[Г5].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ Г

Г1. 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)

Г2. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підручник вид. 5-те, доп. К. : Знання, 2014. 373 с. + 1 зл. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-617-07-0134-39. 8. 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)

Г3. 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>.

Г4. 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.

Г5. Пістун І. П., Стець Р. Є., Трунова І. О. Охорона праці в галузі машинобудування: Навч. посіб. – Суми: Університетська книга, 2011. 557 с. Сімферополь: ВАТ «Сімферопольська міська друкарня» (СГТ), 2008. – 128.

ДОДАТОК Д

Комплекс протипожежних заходів для дільниці цеха обладнаної верстатами розроблено згідно вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» [Д1]..

Виходячи з аналізу речовин та матеріалів, які використовують при роботі у приміщенні обладнаному верстатами:

- згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж» у приміщенні обладнаному верстатами можлива пожежа класу: А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів) та D (пожежа, що супроводжується горінням металів); [Д3].

- відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», воно належить до категорії «Д» з пожежної небезпеки – простір у приміщенні, у якому перебувають тверді горючі речовини та матеріали[Д2].

Оскільки приміщення обладнане верстатами належить до категорії «Д» з пожежної небезпеки, тому згідно вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» воно має II ступінь вогнестійкості[Д2].

Пожежна безпека входить в комплекс заходів з охорони праці, і організаційна робота в цій сфері на об'єктах господарювання включає широкий спектр заходів, а саме:

- створення умов для безпечної праці,
- мінімізації ризику виникнення пожеж,
- своєчасне і повноцінне забезпечення технічними засобами для запобігання займання та усунення самих пожеж та їх наслідків,
- контроль дотримання протипожежних вимог і норм законодавства,

- розробка і впровадження регламентів по гасінню пожеж, евакуації та порятунку з місць пожежі й задимлення людей і майна (матеріальних цінностей),
- внутрішнє і зовнішнє навчання співробітників.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ Д

Д1. 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)

Д2. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. [На заміну НАПБ Б.03.002-2007 ; чинний від 2017-01-01]. К. : Мінрегіонбуд України, 2016. 66 с. (Державний Стандарт України)

Д3. Класифікація пожеж (EN 2:1992; EN 2:1992/A1:2004, IDT) [Текст] : ДСТУ EN 2:2014. – На заміну ГОСТ 27331-87; чинний з 01.01.2016 / Мінекономрозвитку України, 2014. – 7 с. (Державний Стандарт України)

ДОДАТОК Е

В останні роки в Україні поряд із заходами, що спрямовані на забезпечення охорони природного середовища, проводиться робота, яка передбачає не тільки підготовку до ліквідації наслідків можливих аварій, катастроф, стихійного лиха, а й підвищення стійкості (надійності) роботи різних об'єктів у НС[ЕЗ].

Під стійкістю роботи промислового об'єкта розуміють його здатність протистояти руйнівним силам аварій, катастроф і стихійного лиха, вражаючих факторів сучасної зброї, можливість в екстремальних умовах випускати продукцію в запланованому обсязі і номенклатурі, а також можливість у мінімальні строки відновлювати порушене виробництво.

Для об'єктів, що не виробляють матеріальні цінності (транспорт, зв'язок), під стійкістю їх роботи розуміють здатність виконувати свої функції у надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу.

Основні принципи стійкості:

1. базування на директивній, нормативній і плановій основі;
2. проведення заходів на всій території держави;
3. завчасна розробка і проведення заходів по підвищенню стійкості;
4. диференційований підхід (чим важливіше значення підприємства, тим вище ступінь захисту).

Під підвищенням стійкості промислових об'єктів розуміють розробку і здійснення комплексу організаційних та інженерно-технічних заходів, які спрямовані:

1. на зниження можливих руйнувань і втрат від аварій, катастроф, стихійного лиха і сучасних засобів поразки та супроводжуючих їх вторинних факторів;
2. створення оптимальних умов для відновлення порушеного виробництва;
3. забезпечення захисту і життєдіяльності робітників і службовців та членів їхніх сімей у надзвичайних ситуаціях.

Інженерно-технічні заходи включають комплекс робіт по підвищенню міцності й надійності будинків і споруд, устаткування, комунально енергетичних мереж, матеріально-технічних запасів.

Організаційні заходи передбачають розробку і планування дій в умовах надзвичайних ситуацій керівного складу підприємства, штабу цивільного захисту, служб та невоєнізованих формувань цивільного захисту по захисту робітників і службовців, проведенню рятувальних та інших невідкладних робіт та відновленню порушеного виробництва[E3].

На ряді підприємств, якщо на них є відповідні можливості, можуть проводитись технологічні заходи, спрямовані на підвищення стійкості виробництва шляхом заміни існуючого технологічного режиму роботи на такий, що виключає можливість виникнення вторинних вражаючих факторів. [E2].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ Е

Е1. 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)

Е2. 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.

Е3. Шоботов В. М. Цивільна оборона : навчальний посібник вид. 2-ге,
перероб. Київ : Центр навчальної літератури, 2006. 438