

НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ім. М. Є. ЖУКОВСЬКОГО
«Харківський авіаційний інститут»

Літакобудівний факультет

Кафедра технології виробництва літальних апаратів

ДО ЗАХИСТУ ДОПУСКАЮ

Завідувач кафедри № 104

канд. техн. наук, доцент

(науковий ступень, вчене звання)

_____ Майорова К. В.

(підпис)

«___» _____ 2022 р.

Пояснювальна записка

до дипломного проекту

_____ магістра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Технологія, оснащення та організація виробництва розмірною обробкою дрібних деталей паливної, гідравлічної систем літака з покращеною якістю поверхні»

Виконав студент 6 курсу, групи 163,

напряму підготовки (спеціальності)

_____ 134 «Технологія виробництва»

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

_____ Соляник В. П.

(прізвище та ініціали)

_____ (підпис, дата)

Керівник Воробйов Ю. А.

(прізвище та ініціали)

_____ (підпис, дата)

Рецензент Лисих М. О.

(прізвище та ініціали)

_____ (підпис, дата)

Харків – 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет літакобудування
Кафедра технології виробництва літальних апаратів
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Спеціальність 8.134 Технології виробництва та ремонту літальних апаратів
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри № 104

канд. техн. наук, доцент
(науковий ступінь, вчене звання)

_____ Майорова К. В.

(підпис)

«___» _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

_____ Соляника Владислава Павловича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Технологія, оснащення та організація виробництва розмірною обробкою дрібних деталей паливної, гідравлічної систем літака з покращеною якістю поверхні»,
керівник проекту (роботи) Воробйов Юрій Анатолійович, д.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом закладу вищої освіти від “___” _____ 20__ року №__
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 16 грудня 2022 р.
3. Вихідні дані до проекту (роботи) матеріали переддипломної практики, креслення золотникової пари паливної системи літака-прототипу, операційні карти технологічного процесу виготовлення, креслення золотника.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) конструкторський розділ: конструктивно-технологічний аналіз, технічні вимоги паливної системи; технологічний розділ: конструктивно-технологічний аналіз конструкції золотникової пари, технологічний аналіз термоімпульсної обробки, геометричні параметри процесу термоімпульсної

обробки, детонаційне очищення поверхонь, поліпшення якості поверхні золотника, аналіз технологічності деталі, технологічні розрахунки цеху виробництва золотника; економічний розділ: визначення основних техніко-економічних показників цеху з виготовлення деталі «золотник».

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Складальне креслення золотникової пари, креслення золотника, планування цеху виробництва золотника.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Конструкторський розділ	Воробйов Ю. А., професор	03.10.2022	03.10.2022
Технологічний розділ	Воробйов Ю. А., професор	03.10.2022	03.10.2022
Економічний розділ	Воробйов Ю. А., професор	03.10.2022	03.10.2022

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
	Конструкторський розділ	16.12.2022	
	Технологічний розділ	16.12.2022	
	Економічний розділ	16.12.2022	

Студент _____
(підпис)

_____ **Соляник В.П.**
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____
(підпис)

_____ **Воробйов Ю. А.**
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Конструкторський розділ	8
1.1 Технічний опис конструкції літака типу Ан-140	9
1.2 Компонування схеми силової установки.....	13
1.3 Паливна система.....	13
Вимоги до паливної системи.....	14
Система дренажу баків	16
Система виробки палива.....	16
Проектування паливних систем літака	17
Висновки з розділу 1	18
2 Технологічний розділ.....	19
2.1 Конструктивно-технологічний аналіз конструкції золотникової пари	20
2.2 Вибір та обґрунтування золотникової пари	24
2.3 Результати досліджень впливу радіального зазору у спряженні «золотник – корпус» гідророзподільника на об’ємні втрати	26
2.4 Технологічний аналіз термоімпульсної обробки.....	28
2.4.1 Аналіз конструкції термоімпульсної установки.....	28
2.4.2 Призначення блоку генерування паливної суміші автоматизованої установки для прецензійної термоімпульсної обробки	29
Принцип роботи блоку генерування паливної суміші установки термоімпульсної обробки деталей.....	30
2.4.3 Призначення блоку числового програмного керування установкою термоімпульсної обробки деталей	32
Принцип роботи блоку числового програмного керування установкою термоімпульсної обробки деталей.....	32
2.4.4 Блок високоенергетичного іскрового запалення «HE–SIS system» паливної суміші установкою термоімпульсної обробки деталей.....	34
2.5 Геометричні параметри процесу термоімпульсної обробки	36
2.6 Детонаційне очищення поверхонь.	41

	5
2.7 Розробка технологічного процесу виготовлення золотника гідророзподільника управління робочим об'ємом насоса.....	44
2.7.1 Виготовлення золотника.....	45
2.7.2 Поліпшення якості поверхні золотника.....	47
2.8 Аналіз технологічності деталі.....	49
2.9 Розробка технологічного процесу виготовлення золотника гідророзподільника управління робочим об'ємом насоса.....	49
2.10 Визначення маршруту обробки окремих поверхонь деталі, шорсткості та точності обробки.....	50
2.11 Поділ технологічного процесу на етапи за видами обробки.....	52
2.12 Вибір типу обладнання, пристроїв та інструменту.....	53
2.13 Вибір та обґрунтування технологічних та вимірювальних баз на першій та наступній операцій.....	55
2.14 Проектування технологічної операції.....	56
2.14.1 Обґрунтування змісту та структури операції.....	56
2.14.2 Розрахунок режимів різання.....	56
2.5 Технологічні розрахунки цеху виробництва золотника.....	67
2.5.1 Розрахунок кількості обладнання.....	67
2.5.2 Розрахунок кількості працюючих в цеху.....	70
Висновок.....	73
3 Економічний розділ.....	74
3.1 Техніко-економічна оцінка результатів досліджень.....	75
3.2 Визначення повної собівартості одиниці виробу.....	78
Висновки з розділу 3.....	79
Список використаних джерел.....	80
Додатки.....	82
Додаток А - Складальне креслення золотникової пари.....	83
Додаток Б – Креслення золотника.....	84
Додаток В – Планування цеху виробництва золотника.....	85

ВСТУП

Літаком називається літальний апарат важчий за повітря, підйомна сила якого створюється нерухомими щодо інших частин літального апарату крилом при його поступальному русі повітря.

До основних частин літака відносяться: крило, фюзеляж, оперення, силова установка, шасі, система керування літаком.

Взаємне просторове розташування частин літака та його різних пристроїв називається компоновкою літака.

Розрізняють два основні види компоновки – зовнішню, або аеродинамічну, що визначає зовнішній вигляд, і внутрішню. Внутрішня компоновка – це розташування кабіни екіпажу, обладнання та системи управління, приміщень або відсіків, призначених для розміщення цільового навантаження (у пасажирських НД це салони, багажно-вантажні та допоміжні (побутові) приміщення).

Літак має низку функціональних систем, якими називається сукупність взаємозалежних виробів, призначених для виконання заданих загальних функцій. До основних функціональних систем літаків цивільної авіації можна віднести:

- гідравлічну та повітряну системи;
- шасі;
- керування літаком;
- паливну систему;
- системи кондиціонування та автоматичного регулювання тиску у гермокабіні;
- протиобліднювальну систему;
- протипожежну систему;
- побутове та сантехнічне обладнання;
- вантажно-швартувальне обладнання вантажного літака.

У кожній із цих систем використовують золотники. Без них неможлива експлуатація літака.

Одна з проблем, що виникає при виготовленні золотників - це задирки.

Даний дипломний проект присвячений технології, оснащенню та організації виробництва розмірною обробкою дрібних деталей паливної, гідравлічної систем літака з покращеною якістю поверхні.

1 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

1.1 Технічний опис конструкції літака типу Ан-140

Літак типу Ан-140 призначений для перевезення пасажирів, багажу, пошти та вантажів на регіональних та ближніх магістральних авіалініях з можливістю експлуатації як на штучних, так і на ґрунтових злітно-посадкових смугах (далі – ЗПС) (рисунок 1.1).

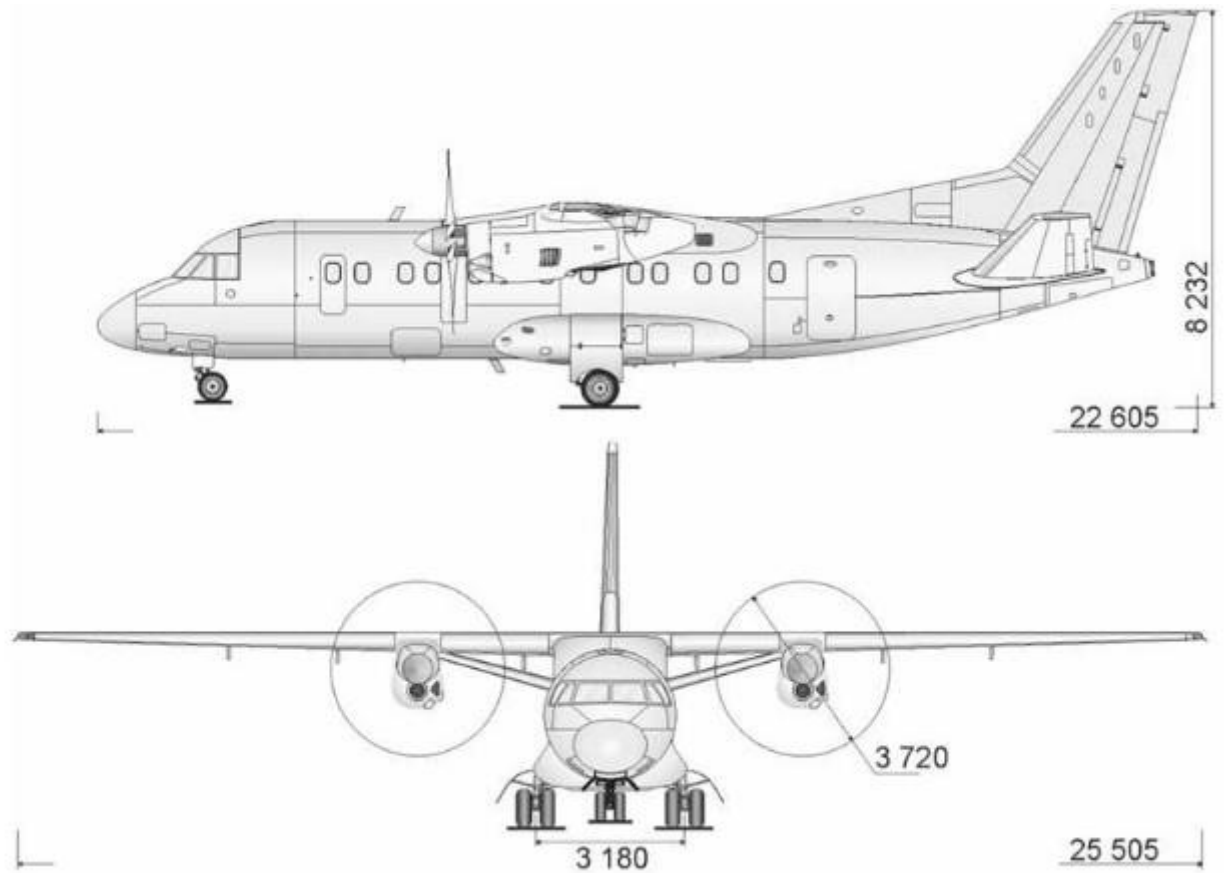


Рисунок 1.1 – Загальна схема літака Ан-140

Літак являє собою вільнонесучий моноплан з високорозташованим прямим крилом великого подовження трапецієподібної форми в плані, однокільовим оперенням з нерухомим стабілізатором, встановленим на фюзеляжі. Силова установка включає два турбогвинтові двигуни, які розташовані в мотогондолах під крилом. Повітряний гвинт – тягнучий, шестилопатевий, флюгерно-реверсивний.

Допоміжна силова установка – газотурбінний двигун, розташований біля спеціального відсіку хвостової частини фюзеляжу [2]. Шасі літака – три і опорне, що забирається у польоті з передньою опорою. Основні геометричні дані та вагові характеристики літака представлені у таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 – Льотно-технічні характеристики

Найменування параметра	Модифікація літака
	Ан-140
Довжина літака, м	22,605
Розмах крила, м	24,505
Висота (порожнього літака), м	8,225
Діаметр фюзеляжу, м	2,82
База шасі, м	8,125
Колія шасі, м	3,180
Розмах горизонтального оперення, м	9,126
Довжина фюзеляжу, м	21,57
Довжина транспортної кабіни, м	14,51
Об'єм транспортної кабіни, м ³	95
Площа крила, м ²	55
Вхідні двері, мм	914×1680
Вантажні двері, мм	985×1290
Службові двері, мм	622×1290
Люк підпільного багажного відсіку, мм	500×1012
Бортовий аварійний люк, мм	1186×510
Верхній аварійний люк, мм	510×510
Максимальна ширина транспортної кабіни, м	2,6
Ширина транспортної кабіни по підлозі, м	2,284
Висота транспортної кабіни, м	1,9

Таблиця 1.2 – Основні вагові дані

Найменування параметра	Модифікація літака
	Ан-140
Максимальна руліжна вага, Н	207 000
Максимальна злітна вага, Н	206 000
Максимальна посадкова вага, Н	206 000
Вага порожнього літака, Н	124 685
Максимальна вага спорядженого літака, Н	187 370
Максимальна вага комерційного навантаження, Н	58 860
Максимальна вага палива (питома вага $\gamma=0,775$ кг/см ³), Н	42 870
Вага спорядження, Н	3 925

Очікувані умови експлуатації

Температура повітря біля землі -55...+45 °С.

Максимальні складові швидкості вітру біля землі при злоті та посадці:

- зустрічна складова – 30 м/с;
- попутна складова – 5 м/с;
- бічна складова (штучна ЗПС, коефіцієнт зчеплення коліс $\mu \geq 0,6$) – 15 м/с.

Мінімум для посадки – 1 категорія ІСАО (Міжнародної організації цивільної авіації).

Експлуатаційні фактори

Максимальна висота аеродрому над рівнем моря – 2500 м.

Типи ЗПС: зі штучним та ґрунтовим покриттям.

Міцність ґрунтової ЗПС – не менше 6 кг/см².

Мінімальні розміри ЗПС – 40×1350 м.

Гранично допустимі центрування:

- передня – 18 %;
- задня – 32 %.

Злітні та посадкові характеристики літака за стандартних умов показано на рисунку 1.2. Терміни представлені у відповідності до правил ІСАО: TOW (англ. *Take-Off Weight*) – злітна вага; ISA (англ. *International Standard Atmosphere*) – Міжнародна стандартна атмосфера (МСА); SL (англ. *Sea Level*) – рівень моря.

Особливості застосування літака

Дозволяється виконання польотів: за правилами візуального польоту та польоту приладами, вдень та вночі, внутрішніми та міжнародними повітряними

трасами, над рівнинною та гірською місцевістю, над важкодоступними та малонаселеними районами, більшими водними просторами, у діапазоні від 55° південної широти до 70° північної широти [2].

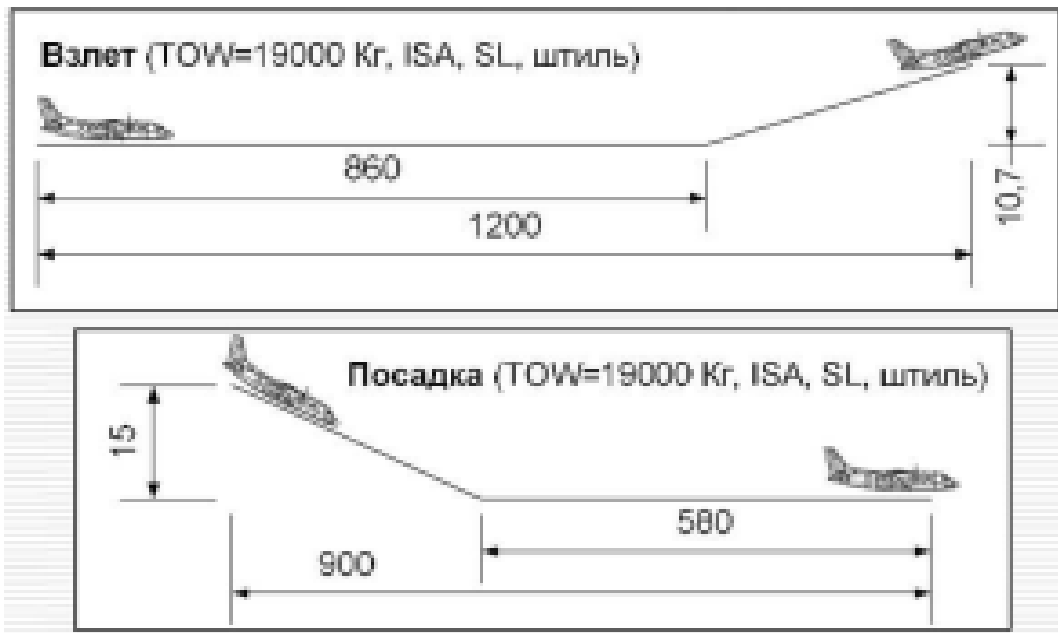


Рисунок 1.2 – Злітно–посадкові дистанції літака

Експлуатаційні дані

Крейсерська швидкість – 460...540 км/рік.

Робоча стеля – 7200 м.

Максимальна висота польоту – 7600 м².

Максимальне число $M_{\max \text{ експл}} = 0,50$ ($H > 5920$ м).

Максимальна швидкість у злітній конфігурації – 305 км/год.

Максимальна швидкість у посадковій конфігурації – 275 км/год.

Навантаження (min – max):

з прибраною механізацією $n_{y \text{ гран}} = 0 - 2,5$;

з випущеною механізацією $n_{y \text{ гран}} = 0 - 2,0$.

Максимальні кути крену:

набір висоти, крейсерський політ, зниження до $H \geq 200$ м, політ по колу – 30° ;

зліт, політ на одному двигуні, політ у турбулентній атмосфері, екстрене зниження, посадка – 15° .

Необхідна довжина ЗПС (ISA, $H = 0$) – 860 м.

Витрата палива – 24,4 г/пас.×км.

Година витрати палива – 560 кг/год.

Перегінна дальність – 3700 км.

$$m_0 = \frac{m_{нав} + m_{ек}}{1 - (m_k + m_{СУ} + m_n + m_{об.упр})}, \quad (1.1)$$

де m_0 – злітна маса літака нульового наближення;

$m_{нав}$ – Маса комерційного навантаження;

$m_{ек}$ – маса екіпажу.

1.2 Компонування схеми силової установки

У компонувальну схему силової установки входять такі системи або підсистеми:

– паливна система, що включає ряд підсистем: живильну магістраль, що забезпечує подачу палива до двигунів; систему дренажу та наддуву паливних баків та відсіків; систему аварійного зливу палива у польоті; систему заправки паливом на землі та дозаправки у польоті; автоматизовану систему порядку вироблення палива в польоті, що підтримує задане центрування;

– масляна система, що забезпечує нормальну роботу двигунів та повітряних гвинтів;

– захисні системи силової установки: протиобліднювальна та протипожежна системи;

– система всмоктування повітря (повітрязабірник з каналом, що підводить) і вихлопу газів, яка може бути поєднана з реверсом тяги, пристроєм для шумопоглинання;

– система кріплення двигуна на літаку;

– система запуску та керування двигуном.

При виконанні компонувальної схеми силової установки доцільно різні системи (підсистеми) зображати відповідними кольорами: паливну жовтим, дренажну блакитним, масляну коричневим, протипожежну червоним.

1.3 Паливна система

Згідно з темою дипломного проєкту магістра розглянемо детально паливну систему ЛА. Паливна система ЛА призначена для зберігання та розміщення необхідного для виконання польоту запасу палива та безперебійним його поданням в працюючі двигуни у необхідній кількості та під необхідним тиском на усіх режимах польоту, а також в широкому діапазоні температур та висотах. На деяких літаках паливо може використовуватися для охолодження агрегатів, системи кондиціонування, радіоелектронної апаратури, балансування паливної

системи, привода постійної частоти обертання генератора та ін., а також може використовуватися як робоча рідина у різноманітних автоматичних пристроях.

Вимоги до паливної системи

До паливних систем у відповідності до АП-25 пред'являють наступні основні вимоги:

1. Забезпечення надійної подачі палива до двигуна на всіх режимах роботи двигунів, на всіх режимах і висотах польоту ПС і в широкому діапазоні температур: від мінус 60 °С до 45 °С для дозвукових ПС, від мінус 60° С до температур, визначених висотою польоту, надлишковим тиском у баку та тепловою ізоляцією бака для надзвукових. При непрацюючих насосах підкачки першої ступені живлення двигуна паливо повинне безперебійно подаватися на крейсерських режимах, на висотах польоту від 0 до не менше 6000–8000 м (в залежності від типу ПС).

2. Забезпечення автоматичної виробітки палива в заданій послідовності та при всіх можливих експлуатаційних варіантах заправки баків паливом на всіх режимах польоту ПС. При цьому центрівка ПС повинна бути в допустимому діапазоні. Можливість ручного керування виробітком палива в необхідній послідовності при несправності автоматичного керування, при всіх можливих комбінаціях працюючих та непрацюючих двигунів. Для надзвукових ПС повинна бути передбачена автоматична балансуєча перекачка палива синхронно з переміщенням центру тиску.

3. Забезпечення безпеки польотів, у тому числі, живучості та пожежної безпеки. Для цього повинне бути передбачене окреме вмикання та вимикання підкачуючи насосів, можливість перехресної подачі палива з будь-якого бака, до будь-якого двигуна, резервування роботи найбільш важливих агрегатів, розміщення в баках забірних відсіків.

4. Місткість баків на ПС повинна забезпечувати розміщення необхідної кількості палива для польоту на задану максимальну дальність або тривалість і резервний запас палива на 45 хв. польоту при використанні всіх марок палива, допущених для експлуатації даного типу ПС, з урахуванням зміни густини, температури та інших параметрів. Для ПС місцевих повітряних ліній величина сигналізуемого резервного залишку палива повинна складати не менше 15 % від максимальної передбаченої заправки баків паливом. Запас палива більше резервного (навігаційний запас) може бути забезпечений зменшенням дальності польоту.

5. Закрита заправка баків паливом, якщо місткість баків складає більше 3 м^3 , з подачею палива не менше 25 л/с через кожну заправну точку, при тиску, що не перевищує $0,45 \text{ МПа}$, та швидкістю не більше 7 м/с . При меншій місткості дозволяється заправка через заливні горловини. Час відкритої заправки загальною місткістю 5 м^3 не повинне перевищувати 10 хв . При заправці паливом з максимально можливими для цього типу ПС темпами надходження палива в баки у надпаливному просторі баків не повинні утворюватися небезпечні розряди статичної електрики.

6. Злив палива в польоті для ПС, що мають обмеження по посадковій масі та центрівці. Середня витрата під час зливу до 10 м^3 палива повинна бути не менше 24 л/с , до 20 м^3 – 28 м/с , більше 20 м^3 – 34 м/с .

7. Повинен бути забезпечений повний злив палива з баків, трубопроводів та агрегатів на землі. Якщо паливні баки обладнанні насосами, то їх потрібно використовувати для прискорення зливу палива та зменшення кількості зливних точок. Залишок палива, що не виробляється, не повинен перевищувати 1% від загального об'єму баків.

8. При живленні двигунів паливом з двох або декількох груп баків повинна бути забезпечена рівномірна виробка палива з них. Нерівномірність виробітки палива з симетрично розташованих баків не повинна перевищувати 5% . На деяких ПС встановлюють автомати вирівнювання, які забезпечують автоматичне підтримання рівної кількості палива в симетрично розташованих лівих і правих баків крила.

9. Паливна система повинна мати надійний дренаж паливних баків для підтримки у них тиску, при усіх режимах і умовах польоту, а також під час заправки та зливу на землі.

10. Надійна фільтрація палива з очищенням, що відповідає «Посібнику з льотної експлуатації» (ПЛЕ). Огляд та заміна фільтруючих елементів не повинні потребувати зливу палива з баків.

11. Надійний, зручний та неперервний контроль роботи паливної системи на землі та в польоті, як під час автоматичного, так і ручного керування виробітки палива.

12. Захист агрегатів паливної системи від корозії, обмерзання та мікроорганізмів, розрядів статичної електрики, перегріву. Забезпечення міцності та віброміцності.

13. Паливна система повинна мати високу експлуатаційну технологічність – пристосованість до виконання робіт по технічному обслуговуванню за

короткий час з мінімальною кількістю виконавців, з використанням найбільш економічних та передових методів технічного обслуговування [1].

Паливо на літаку розміщується в двох крильових баках-кесонах, по одному в кожному напівкрила. Кожен бак нервюрами № 13 і 15 розділений на три відсіки: передвитратний, насосний та консольна частина витратного відсіку. Насосний відсік разом із консольною частиною витратного відсіку складають видатковий відсік. Кожен двигун харчується паливом із бака свого напівкрила. У магістралях подачі палива до двигунів встановлені пожежні крани. Перед пожежними кранами паливні трубопроводи обох двигунів з'єднані між собою магістраллю кільцювання з кільцевим краном. Це дозволяє, за необхідності, подавати паливо з бака одного двигуна для живлення іншого (або двох двигунів з одного бака) при відкритий кільце крана.

У нижніх частинах нервюр №13 і 15 встановлені по три зворотних міжбакових клапани, що дозволяють перетікання палива в насосний відсік із двох суміжних із ним.

Система дренажу баків

Дренаж кожного бака здійснюється власною автономною системою дренажу. Сполучення відсіків бака з атмосферою забезпечується дренажним відсіком, розташованим у відокремленій частині крила.

У дренажному відсіку встановлено повітрязабірник. Для запобігання баку від руйнування при закритому повітрязабірнику дренажний відсік сполучається з атмосферою через вакуумний клапан та клапан надлишкового тиску. Трубопроводом дренажний відсік з'єднаний з передвитратним відсіком та забезпечує його дренаж у будь-якому положенні літака. Дренаж витратного відсіку забезпечується трубопроводом, що з'єднує цей відсік з передвитратним відсіком.

Дренаж насосного відсіку здійснюється через отвір у верхній частині нервюри № 15 а також через дренажний трубопровід із жиклером.

Дренаж забезпечується також міжсторонніми зворотними клапанами, встановленими в нижній частині нервюр №13 і 15. Паливо, що потрапило при еволюціях літака в дренажний відсік, зливається трубопроводом у передвитратний відсік.

Система виробки палива

Системи живлення двигунів паливом – роздільні, проте магістраль кільцювання дозволяє здійснювати подачу палива до двигуна одного напівкрила

з бака іншого, а також живлення обох двигунів з одного бака при відкритому крані кільцювання та живлення одного двигуна з двох баків.

У насосному відсіку кожного бака встановлені два електроприводні відцентрові насоси, що подають паливо до двигуна. Один із насосів забезпечений пристроєм, що дозволяє вироблення палива при короткочасних негативних навантаженнях.

Проектування паливних систем літака

При проектуванні паливних систем пасажирських літаків, як правило, вирішуються наступні завдання:

- необхідність збільшення маси палива;
- зниження сухої маси паливних систем;
- зменшення залишків палива, що не виробляються;
- оптимізація вироблення палива з багатобаккових паливних систем літаків з метою зменшення часу дії на крило згинаючого моменту;
- зменшення зміни положення центру тяжіння літака у польоті;
- підвищення надійності роботи паливних систем.

Паливні системи всіх літаків можна умовно поділити на дві системи: зовнішню, або літакову, і внутрішню, або систему двигунів. До внутрішньої системи відносяться паливні агрегати і трубопроводи, що сполучають їх, встановлені на двигуні. Літакова паливна система завжди складається з паливних баків і наступних систем живлення паливом основних двигунів, живлення паливом двигуна допоміжної силової установки, перекачування палива, дренажу паливних баків, заправки паливом, а також системи автоматики витрати і виміру палива. На сучасних літаках запаси палива можуть складати від 20 до 50 відсотків злітної маси літака. Для розміщення палива використовують об'єми крила і фюзеляжу.

На пасажирських і вантажних літаках паливо розміщують в крилі, звільняючи фюзеляж для корисного навантаження. За принципом розміщення розрізняють внутрішні, підвісні, фюзеляжні, центроплані і консольні паливні баки, за характером застосування – витратні, передвитратні, балансування. Витратними називаються баки, з яких паливо подається до двигунів. Передвитратними називаються баки, з яких паливо подається у витратні баки. Баками балансування називаються баки, з яких паливо перекачується в інші паливні баки для забезпечення необхідного центрування літака [2].

Висновки з розділу 1

В конструкторському розділі було розглянуто літак типу Ан-140 призначений для перевезення пасажирів, багажу, пошти та вантажів на регіональних та ближніх магістральних авіалініях з можливістю експлуатації як на штучних, так і на ґрунтових ЗПС. Літак являє собою вільнонесучий моноплан з високорозташованим прямим крилом великого подовження трапецієподібної форми в плані, однокільовим оперенням з нерухомим стабілізатором, встановленим на фюзеляжі. Силова установка включає два турбогвинтові двигуни, які розташовані в мотогондолах під крилом. Повітряний гвинт – тягнучий, шестилопатевий, флюгерно-реверсивний. Допоміжна силова установка – газотурбінний двигун, розташований біля спеціального відсіку хвостової частини фюзеляжу.

Також, була розглянута паливна система літака та питання її проектування.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Конструктивно-технологічний аналіз конструкції золотникової пари

Золотник є перевернутою коробкою 1, поперемінно переміщувану золотниковою тягою 2 вправо і вліво по золотниковому дзеркалу 3 з прямокутними вікнами 4 і 5. Залежно від положення золотника, вікна повідомляються або із замкнутим простором 6. Через вікно в лівій частині анімації в замкнутий простір 6 може впускатися, наприклад, пара, яка при одному положенні золотника через вікно 4 буде входити до лівої порожнини горизонтального циліндра з поршнем, а при іншому через вікно 5 у його праву порожнину, забезпечуючи рух здійснюючого механічну роботу поршня, відповідно, зліва направо та праворуч наліво.

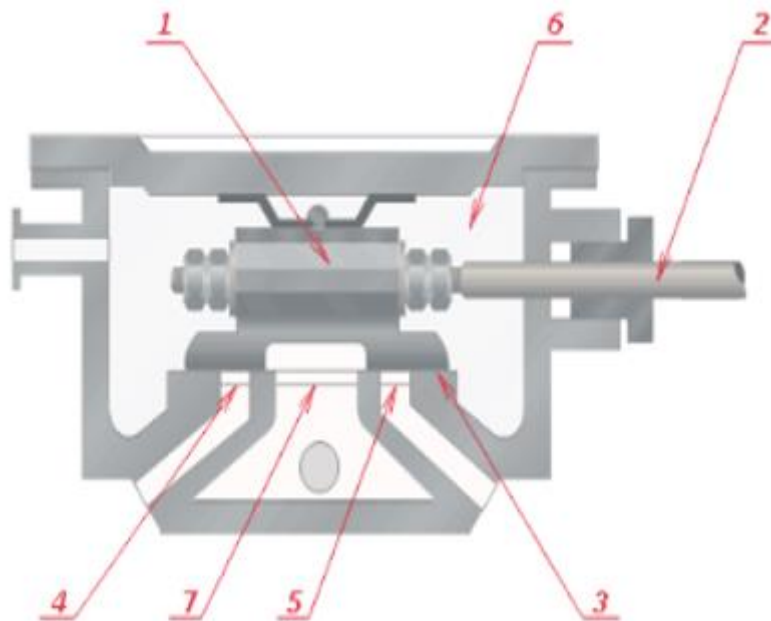


Рисунок 2.1 – Золотник: 1 – перевернута коробка; 2 – тяга; 3 – золотникове дзеркало; 4 та 5 – прямокутні вікна; 6 – замкнутий простір; 7 – порожнина, спільною з атмосферою чи конденсатором

Поздовжнє керування літаком здійснюється керуючим стабілізатором від ручки керування за допомогою системи жорстких тяг та качалок через гідро підсилювач БУ – 210Б, який входить до системи за необоротною схемою та передає рух одночасно на обидві половини стабілізатора. [9]

Запірно-регулюючим елементом золотникових гідророзподільників є циліндричний золотник 1, який залежно від числа каналів 3 корпусу 2 може мати один, два і більше поясків. На схемах гідророзподільники позначають у вигляді рухомого елемента, на якому вказуються лінії зв'язку, проходи та елементи управління. Робочу позицію рухомого елемента зображують квадратом (прямокутником), число позицій відповідає числу квадратів.

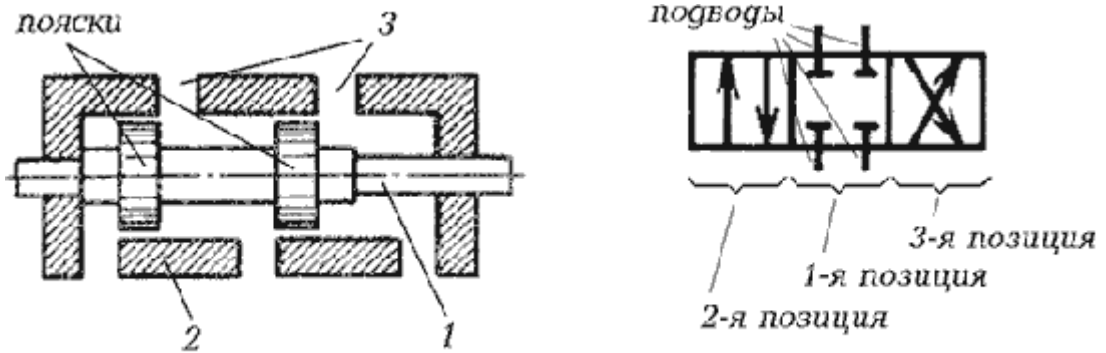


Рисунок 2.2 – Схема (а) та позначення (б) гідророзподільника

Розглянемо принцип роботи розподільника (рисунок 2.3). У першій (початковій) позиції всі лінії А, В, Р і Т, що підходять до розподільника роз'єднані, тобто перекрито (рисунок 2.3, а). При зміщенні золотника вліво розподільник буде переходити до іншої позиції, в якій попарно з'єднані лінії Р і А, В і Т (рисунок 2.3, б). При зміщенні золотника вправо – до третьої, де з'єднуються лінії Р і В, А і Т (рисунок 2.3, в). Такий розподільник часто називають реверсивним, оскільки він використовується для зупинки та зміни напрямку руху виконавчих органів [9].

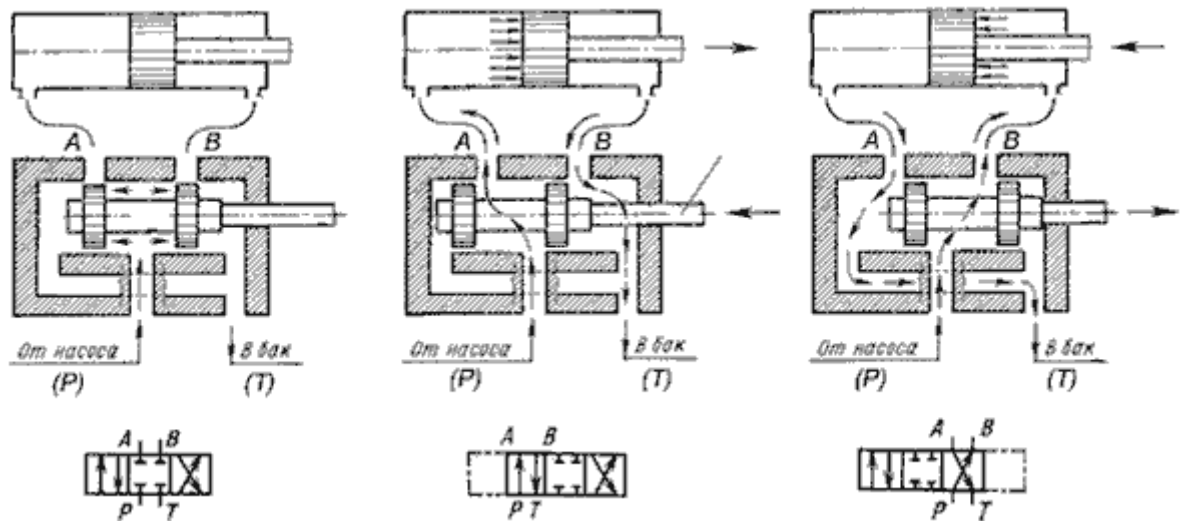


Рисунок 2.3 – Схема роботи золотникового гідророзподільника

Залежно від числа підводів (ліній, ходів) розподільники можуть бути двоходові (дволінійні); триходові (трилінійні), чотири- та багатходові. Відповідно до цього у позначеннях гідророзподільників перша цифра говорить про кількість підводів. Наприклад, з позначення гідророзподільника "4/2" можна зрозуміти, що він має 4 підводи, тобто. він чотириходовий (чотирьох лінійний).

Інша цифра у позначенні говорить про кількість позицій. Те саме позначення розподільника «4/2» говорить, що має дві позиції.

Приклади позначення розподільників наведено на рисунку 2.4.

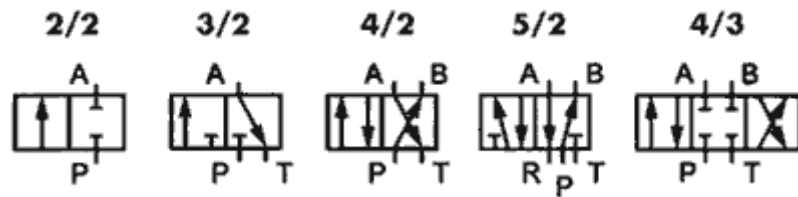
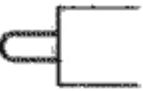








Рисунок 2.4 – Приклади позначення типів розподільників

Управління положенням золотника розподільника може бути кількох типів. Детальні методи управління представлені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Опис умовних позначень

Умовні позначення	Опис
Управління м'язовою силою	
	без уточнення типу
	ручне кнопкоюї
	ручне важелем
	ручне важелем з фіксацією
	ручне поворотною рукояткою
	ножне педаллю

Умовні позначення	Опис
Управление механічним впливом	
	від штовхача
	від ролика
	від ролика з ламається важелем
	від пружини
Управління тиском	
	пряме гідравлічне навантаженням
	пряме Пневматичне навантаженням:
	пряме гідравлічне розвантаженням

Пристрій ручного гідророзподільника 4/3 та його умовного позначення представлено на рисунку 2.5. Перемикання позицій розподільника здійснюється рукояткою 1, яка за допомогою сережки 2 шарнірно приєднується до золотника 10. З корпусом 6 рукоятка шарнірно з'єднана з вушкам 11. Для фіксації шкірного положення золотника служить кульковий фіксатор 9, поміщений у задній кришці 8. Робоча рідина підводиться до відчинення 5, а відводиться через отвір 4. Канал 7 дренажний служить для відведення витоків.

На рисунку 2.6 зображено гідророзподільник з електрогідравлічним керуванням та його умовне позначення. Він складається з основного гідророзподільника 2 з гідравлічним управлінням та допоміжного гідророзподільника 1 з електромагнітним управлінням [7]. Основний гідророзподільник управляє потоком робочої рідини гідросистеми (перерозподіляє потік рідини, який створює мастилостанція), а допоміжний регулює потік управління. Такі гідророзподільники застосовують у гідронасосах дистанційного та автоматичного керування при великих витратах та високому

тиску в гідросистемі, коли застосування гідророзподільників з електромагнітним керуванням неможливе.

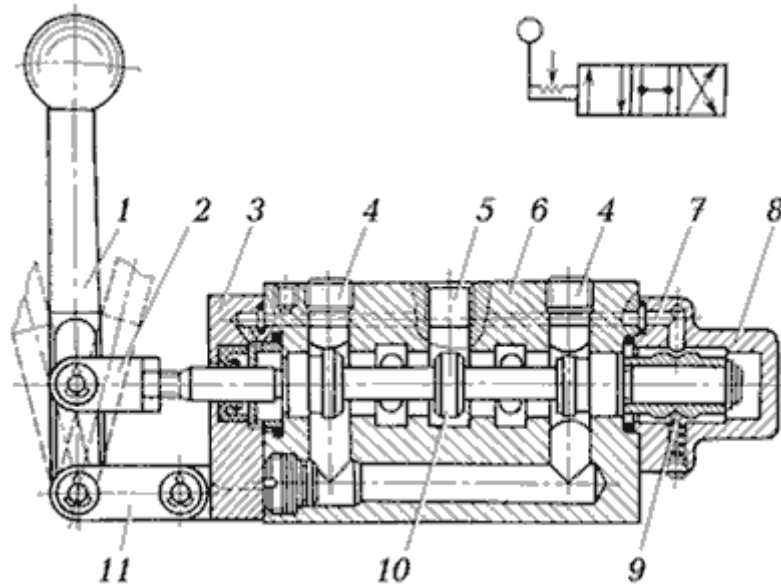


Рисунок 2.5 – Гідророзподільник з ручним керуванням

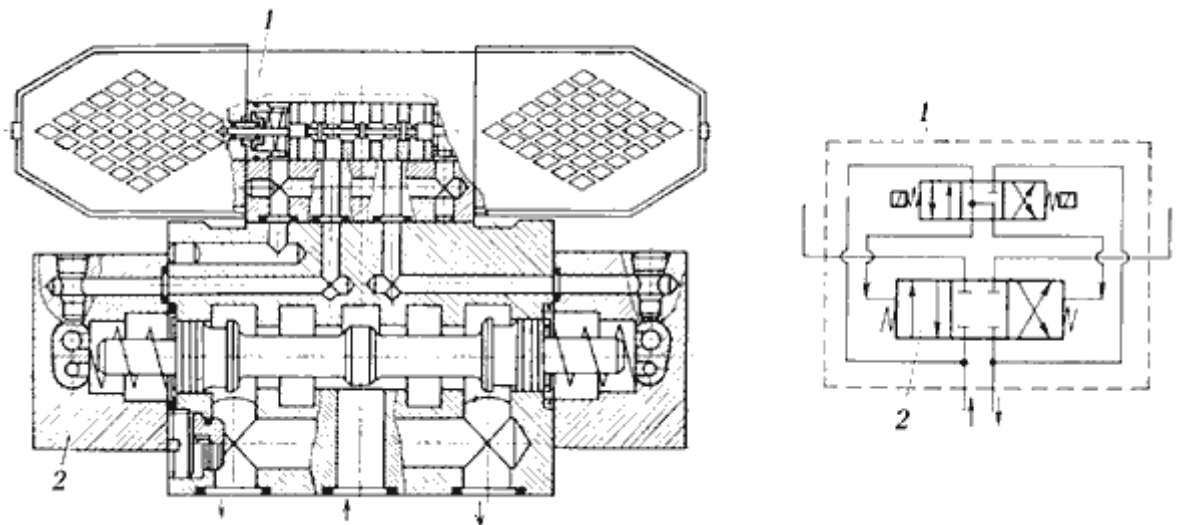


Рисунок 2.6 – Гідророзподільник з електрогідравлічним керуванням

2.2 Вибір та обґрунтування золотникової пари

Залежно від числа золотників гідророзподільники поділяють на розподільники з одним і кількома золотниками. В останньому випадку розподільники можуть бути моноблочними або секційними. Секції розподільника з'єднують між собою болтами. На рисунку 2.7 подано моноблочний гідророзподільник.

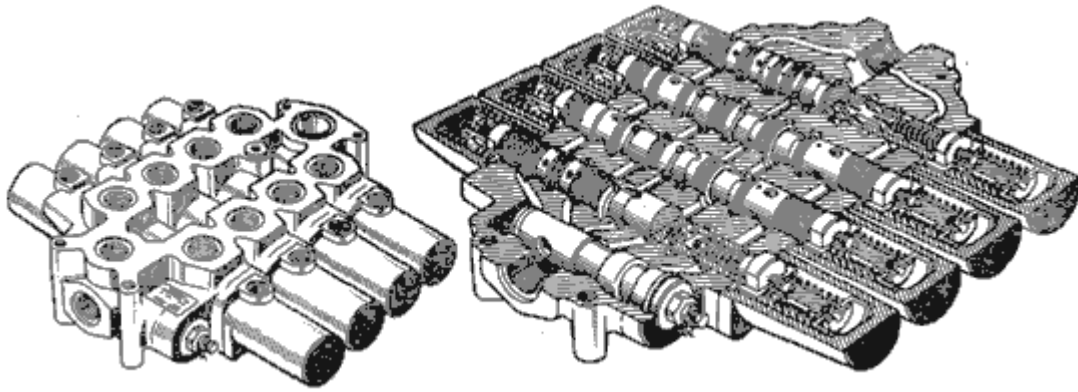


Рисунок 2.7 – Загальний вигляд (а) та поздовжній розріз (б) моноблочного чотирьохзолотникового гідророзподільника

Золотники гідророзподільника можуть виконуватися в трьох видах (рисунок 2.8).

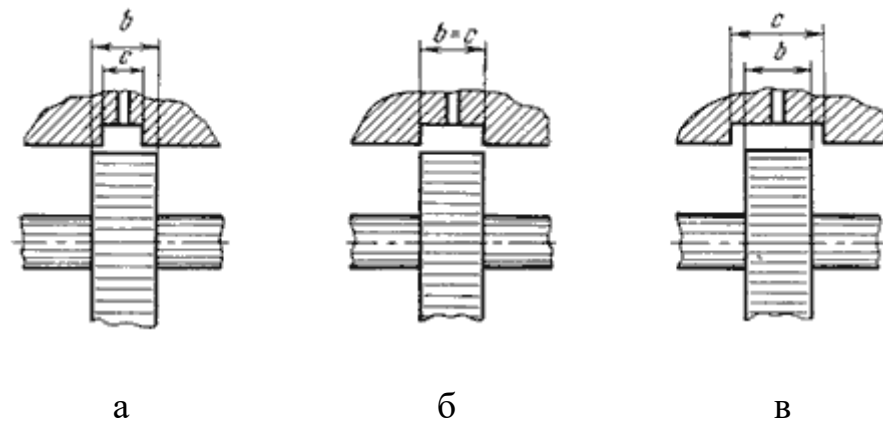


Рисунок 2.8 – Конструктивні виконання золотників

Золотники з позитивним осьовим перекриттям (рисунок 2.8, а) мають ширину поясків b більшу, ніж ширину проточки c або діаметр робочих вікон у корпусі. При нейтральному положенні золотника такого гідророзподільника напірна гідролінія відокремлена від ліній, що з'єднують порожнини гідродвигуна та зливу. Розмір перекриття $\Pi=(b-c)/2$ залежить від діаметра золотника: при $d=10\dots12$ мм перекриття приймають рівним $1\dots2$ мм; при d до 25 мм – $3\dots5$ мм; при d до 50 мм – $6\dots8$ мм. Золотники із позитивним перекриттям осьовим дозволяють фіксувати положення виконавчого механізму [7]. Недоліком є наявність у них зони нечутливості, яка визначається величиною осьового перекриття: у межах цієї зони при переміщенні золотника витрата рідини через гідророзподільник дорівнює нулю, а виконавчий механізм не рухається, незважаючи на сигнал управління, що подається до золотника [7].

Золотники з нульовим осьовим перекриттям (рисунок 2.8, б) мають ширину пояса b рівну ширині проточки c або діаметру робочих вікон, а осьове перекриття $\Pi=0$. Такі золотники не мають зони нечутливості і краще задовольняють вимогам гідросистем, що стежать. Однак виготовлення таких золотників пов'язане із значними технологічними труднощами.

Золотники з негативним осьовим перекриттям (рисунок 2.8, в), у яких $b < c$, при нейтральному положенні їх напірна гідролінія з'єднана зі зливом та з обома порожнинами гідродвигуна. При цьому рідина через проміжки неперервно надходить на злив, а в обох порожнинах гідродвигуна встановлюється однаковий тиск. У гідророзподільниках з таким золотником зона нечутливості зводиться до мінімуму, але через злив робочої рідини частина потужності втрачається. Крім цього, гідросистема з таким золотником матиме меншу жорсткість, оскільки через перетікання рідини через початкові зазори в золотнику буде переходити зміщення виконавчого механізму при зміні навантаження, що долається.

2.3 Результати досліджень впливу радіального зазору у спряженні «золотник – корпус» гідророзподільника на об'ємні втрати

За результатами контролю технічного стану деталей спряження «золотник – відвів корпусу» гідророзподільника в умовах експлуатації, зношення деталей у своїй більшості обумовлює параметричну відмову гідравлічної трансмісії за рахунок зростання об'ємних витрат робочої рідини, і для контролю технічного стану деталей слід взяти зазор у спряженні [8].

Аналіз результатів досліджень (таблиця 2.2) показує, що при значенні тиску $P=3,5$ МПа витрати робочої рідини незначні, що обумовлюються облітерацією щілини.

Таблиця 2.2 – Результати досліджень впливу радіального зазору у спряженні «золотник – корпус» гідророзподільника

№ п/п	Радіальний зазор, мм	Перепад тиску робочої рідини, МПа	Значення витрат робочої рідини, $\text{см}^3/\text{с}$
1	0,01	1,2	4,5
2	0,02	1,2	6,8
3	0,03	$P \ 1,2 \ \text{М} \ \text{а} \ \Pi$	7,7
4	0,04	1,2	22,6

5	0,05	1,2	36,9
6	0,06	1,2	59,8
7	0,07	1,2	112,4
8	0,08	1,2	143,6

Більше наявна залежність об'ємних витрат від зазору представлена на (рисунок 2.9).

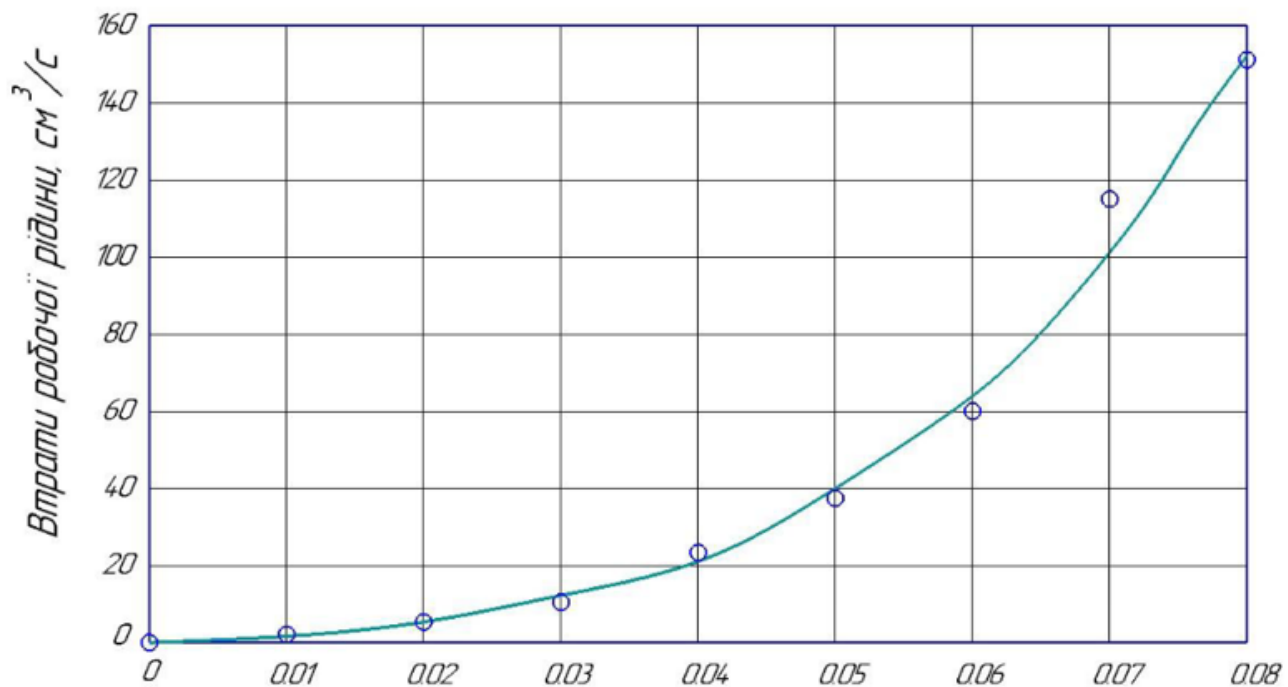


Рисунок. 2.9 – Залежність витрат робочої рідини у спряженні «золотник–корпус» гідророзподільника системи керування від радіального зазору

Аналіз графічної частини показує, що різке зростання об'ємних витрат робочої рідини ($Q = 20,6 \text{ см}^3/\text{с}$) спостерігається при зазорі 0,04мм, що обумовлюється зменшенням дії ефекту облітерації радіальної щілини, який чітко виявляється для мінімальних значень зазорів (0,01. ..0,04мм) при незначних значеннях тиску робочої рідини ($P = 1,2 \text{ МПа}$). Це підтверджується також подальшим стрімким зростанням витоків робочої рідини зі зростанням значення зазору.

Разом з тим дані величини об'ємних витрат не можуть впливати на роботоздатність трансмісії в цілому, оскільки граничні значення об'ємних витрат для неї становити $Q=225 \text{ см}^3/\text{с}$.

При значеннях сумарних втрат робочої рідини, які перевищують $Q=225 \text{ см}^3/\text{с}$, гідропривід не статний вийти на номінальний режим роботи, так як сервопоршні повністю втрачають здатність керувати робочим об'ємом гідронасоса через зменшення тиску рідини в магістралі керування робочим об'ємом. Далі зростання сумарних втрат робочої рідини призводить до того, що сервопоршня продовжують переміщуватися у бік зменшення робочого об'єму.

Отже необхідно врахувати, що об'ємні втрати гідророзподільника можуть доповнювати сумарні виточки робочої рідини, що прискорити втрату роботоздатності трансмісії.

2.4 Технологічний аналіз термоімпульсної обробки

2.4.1 Аналіз конструкції термоімпульсної установки

Проблема технологічного очищення деталей високоточних механізмів від задирок, мікро-часток та мікроліквідів актуальна для всього машинобудування. Особливо високі вимоги до якості фінішної обробки висуваються в авіаційно-космічній промисловості, що пов'язано із забезпеченням надійності роботи виконавчих механізмів паливних, гідравлічних та систем керування.

Технологія термоімпульсного видалення задирок та очищення поверхні найбільше задовольняє вимогам обробки прецизійних деталей ЛА. Є позитивний досвід використання цих технологій на серійних заводах [6]. Тенденції, що посилюються, до мініатюризації виконавчих механізмів систем ЛА вимагають підвищення стабільності і точності дозування енергії при термоімпульсній обробці. Однак досі цим питанням приділялося недостатньо уваги.

У термоімпульсному обладнанні використовуються паливні суміші зі стехіометричним співвідношенням компонентів. Видалення задирок і мікроліквідів відбувається за рахунок їх оплавлення та випаровування в процесі інтенсивного теплообміну. Незважаючи на такі відмінності, обидва ці види обладнання виконуються за схожими схемами (рисунк 2.10).

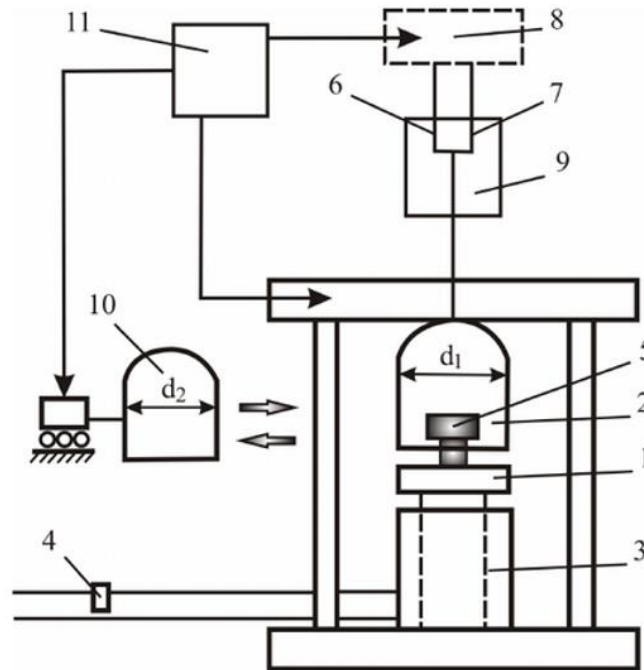


Рисунок 2.10 – Схема установки для термоенергетичного очищення деталей

Зазвичай такі установки мають стіл 1, закривається камерою згоряння 2 за допомогою приводу замикання 3 і замка 4. На столі розміщуються деталі, що обробляються 5. Камера згоряння має діаметр, відповідний розмірам і кількості оброблюваних деталей. Трубопроводи з паливом 6 і окислювачем 7 за допомогою блоку керування 8 з'єднуються зі змішувачем 9, готова суміш подається в камеру згоряння. Для підвищення продуктивності обладнання або при необхідності обробки деталей різних розмірів використовуються додаткові камери 10. Виконання робочого циклу, вимірювання параметрів, їх контроль та регулювання забезпечуються системою керування 11.

2.4.2 Призначення блоку генерування паливної суміші автоматизованої установки для прецензійної термоімпульсної обробки

Блок генерування паливної суміші установкою термоімпульсної обробки деталей (далі блок генерування) (рисунок 2.11) призначений для генерації паливної суміші і складається з блоку подачі газів до встановлення, блоку фільтрів, блоку ресиверів, блоку змішувача, блоку камери.

Кліматичні характеристики роботи блоку генерування паливної суміші установки термоімпульсної обробки деталей:

Вид кліматичного виконання

УХЛ4

Навколишнє середовище в якому експлуатується лінія:

Температура робочого блоку:

гранична максимальна	+220 °С
гранична найменша	+190 °С
Відносна вологість повітря, не більше	75 %
при температурі	+200 °С



Рисунок 2.11 – Блок генерування паливної суміші

Принцип роботи блоку генерування паливної суміші установки термоімпульсної обробки деталей

Прецизійне термоімпульсне обробка деталей методом генерації суміші передбачає використання об'ємних (поршневих) насосів та метод критичних відтворів, що реалізується при надкритичному витіканні, коли об'ємна витрата газу стабілізується автоматично та визначається швидкістю звуку та забезпечує універсальність щодо застосовуваних газів з можливістю досить оперативної зміни складу суміші (рисунок 2.12) [5].

Блок генерування складається з

- блоку подачі газів балонів з киснем, метану, нейтрального газу, повітря;
- редукторів;
- вентилів;
- фільтрів із волого-масловіддільником, що забезпечує видалення твердих часток від 1 до 5 мкм;
- електромагнітних клапанів;
- проміжні ємності;

- датчиків тиску та температури що дозволяє отримати масу газу в ресивері при їх наповненні до заданого значення і після наповнення робочої камери, а за їх різницею розрахувати масу суміші у робочій камері;
- критичних отворів та блоку змішувача.

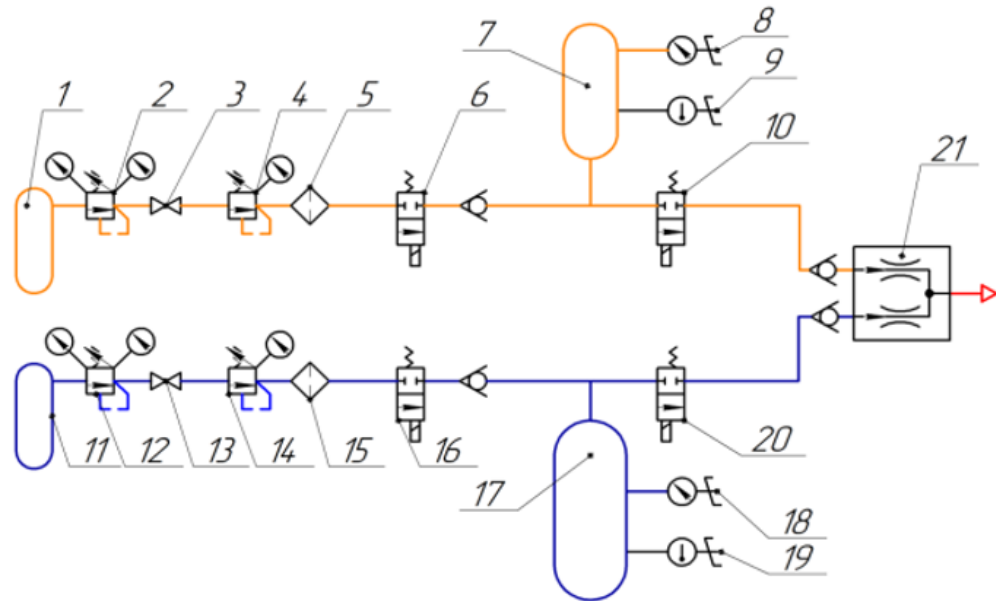


Рисунок 2.12 – Схема пристрою для блоку генерації паливної суміші прецизійного термоімпульсного обладнання

Блок змішувача складається з двоходових електромагнітних клапанів, змішувача та масового витратоміра для калібрування. Конструкція змішувача складається з змінних сопел і камери змішання та підключення датчиків температури та тиску [5].

Сопла із центральним тілом, що використовуються дозволяють при переході на інші робочі гази змінювати площу перерізу не відкриваючи змішувач (див. рисунок 2.12). Наповнення камери газовою сумішшю виконується одночасним відкриттям клапанів з наступним їх закриттям (за години або за показниками датчиків тиску). Для запобігання можливої аварійної ситуації, пов'язаної зі знаходженням готової паливної суміші в блоку змішувача (перед робочою камерою) передбачено продування змішувача та магістралі перед камерою нейтральним газом до початку обробки. Продування виконується відкриттям клапана скидання тиску в змішувачі і відкриттям клапана для продування нейтральним газом (тиск якого повинен бути нижче тиску в робочій камері) після чого клапани закриваються [5].

2.4.3 Призначення блоку числового програмного керування установкою термоімпульсної обробки деталей

Блок числового програмного управління установкою термоімпульсної обробки деталей (далі блок управління) (рисунок 2.13) призначений для управління за п'ятьма параметрами процесу, діагностування, аналізу ведення технологічного процесу, корегування дій та контролю стану складових частин установки.



Рисунок 2.13 – Стійка управління комплексом термоімпульсної обробки:
а) стійка системи ЧПК; б) внутрішній вигляд блоку управління

Принцип роботи блоку числового програмного керування установкою термоімпульсної обробки деталей

Стійка системи ЧПК комплексу термоімпульсної обробки має наступні органи управління:

1. Панель вмикання живлення комплексу (рисунок 2.14), яка розташована на стійці ЧПК, містить автоматичний вимикач і призначена для подачі живлення системи ЧПК та силового обладнання.



Рисунок 2.14 – Панель системи вмикання струму ЧПК

При вмиканні автоматичного вимикача здійснюється подача живлення електрошафи, зокрема на обчислювальні машини блоки живлення автоматики. Крім того, автоматичний вимикач забезпечує комплексу захисту від живлення перевищення, зокрема внаслідок коротких замикань живлення автоматики.

2. Пульти оператора системи ЧПК розташовані на стойці ЧПК і призначені для включення комплексу термоімпульсної обробки, запуску керуючих програм ручного управління обладнанням. Кнопка вмикання призначена для вмикання та вимкнення системи ЧПК. Поруч із нею розташований індикатор готовності ЧПК [5].

Кнопка-грибок (червоного кольору) призначена як для системи ЧПК для штатної так і аварійної зупинки роботи обладнання та відключення живлення окремих систем живлення критичних систем, що відповідають за безпеку роботи обладнання при цьому залишається. Кнопка фіксується при її натисненні.

3. Робота пульта оператора продовжується після переведення кнопки в початковий стан повертанням проти часникової стрілки, а саме:

- кнопка «Вкл» виконує ввімкнення комплексу термоімпульсної обробки, що призведе всі агрегати до робочого стану та супроводжується індикацією на кнопці;

- кнопка «Скидання» при виникненні помилок у роботі обладнання виконує перехід системи зі стану помилки у робочий стан;
- група кнопок «Програма» здійснює управління роботою обладнання в автоматичному режимі (за програмою) в т.ч.
- кнопка «Пуск» виконує запуск завантаженої в оперативну пам'ять програми, при цьому індикатор на кнопці інформує про те, що програма виконується;
- кнопка «Стоп» зупиняє повне виконання програми;
- кнопка «Пауза» зупиняє тимчасове виконання програми та відновлення її роботи;
- кнопка «M1» активує режим умовних технологічних зупинок. У цьому режимі зупиняється керуюча програма на кадрах, що містять команду «M1». Якщо режим не активний, команди «M1» у тексті програми ігноруються;
- кнопка «Ручне упр.» вмикає режим ручного управління органами обладнання у процесі налагодження (супроводжується індикацією на кнопці), що призводить до заборони запуску програми;
- група кнопок "Штора", "Затвор", "Камера", "Клапан" забезпечують управління відповідними агрегатами обладнання. Ці кнопки активні лише в режимі ручного керування. Фактичний стан агрегатів відображається індикацією відповідних кнопок незалежно від режиму роботи обладнання;
- кнопка «Запалювання» призначена для перевірки запалювання в режимі ручного керування та генерує іскру при натисканні;
- група кнопок «Вентиляція» здійснює вмикання та вимикання вентиляції. При роботі з програмою вентиляція може бути включена автоматично, якщо це передбачено керуючою програмою, при цьому на годину виконання програми ручне управління вентиляцією блокується. Фактичний стан вентиляції відображається індикацією відповідних кнопок незалежно від режиму роботи обладнання. [5]
- кнопки «FN1»-«FN5» передбачені для програмування додаткових функцій при подальшому вдосконаленні обладнання та програмного забезпечення.

2.4.4 Блок високоенергетичного іскрового запалення «HE-SIS system» паливної суміші установкою термоімпульсної обробки деталей

Блок високоенергетичного іскрового запалення «HE-SIS system» паливної суміші установки термоімпульсної обробки деталей (далі блок «HE-SIS system») з регульованою енергією іскрового розряду призначений для періодичного

запалювання горючих газових сумішей з підвищеною мінімальною енергією запалювання у атмосферному середовищі [5].

Блок «HE-SIS system» (рисунок 2.15) складається з корпусу, кришки, імпульсного трансформатора, контрольного розрядника, регулятора, формувача, конденсаторів, підвищувальних трансформаторів.



Рисунок 2.15 – Зовнішній вигляд блоку HE-SIS system: 1 – корпус; 2 – кришка, 3 – імпульсний трансформатор, 4 – контрольний розрядник, 5 – регулятор, 6 – формувач, 7, 8 – конденсатори, 9 – підвищувальні трансформатори

Під час експлуатації кришка 2 блоку повинна бути закрита. Імпульсний трансформатор 3 призначений для створення високовольтного імпульсу. Контрольний розрядник 4 забезпечує візуальний контроль наявності розряду на свічці запалювання та зняття постійної напруги з високовольтного дроту, що підключений до свічки запалювання. Контрольний розрядник 4 налаштований на напругу пробивання $3 \pm 0,5$ кВ. Під час розряду на свічку запалювання на

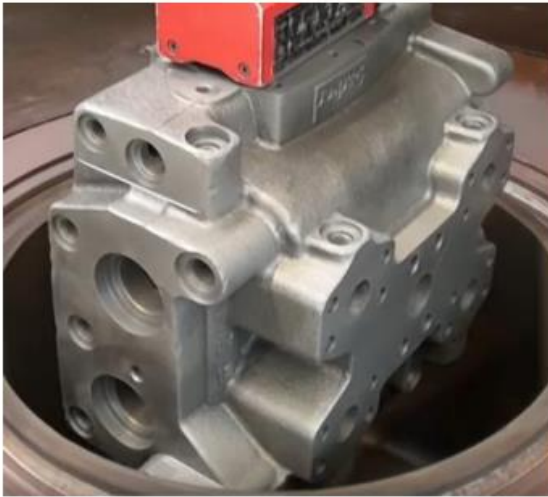
контрольному розряднику 4 повинно бути світіння. Інтенсивність світіння на контрольному розряднику 4 залежить від налаштування інтенсивності імпульсу струму. Регулятор 5 забезпечує зміну інтенсивності імпульсу струму (змінювати налаштування регулятора 5 під час роботи блоку запалювання не рекомендується). Формувач 6 імпульсу керування транзистором забезпечує формування сигналу після подання на сигнал імпульсу запуску (розміщено у пластиковому корпусі). Накопичення енергії для формування імпульсів напруги та струму здійснюється на конденсаторах 7, 8. Перед здійсненням комутаційних робіт у блоці слід обов'язково перевірити відсутність напруги на конденсаторах 7, 8. Трансформатори для підвищення 9 і 8 [5].

Заряджання конденсаторів С1 та С2 блоку «HE-SIS system» здійснюється після підключення до електричної мережі через трансформатори Т1-Т3 та відповідні випрямлячі VD1, VD2. Напруга заряджання конденсатора С2 регулюється трансформатором Т2. Сигнал управління комутатора К формується наданням сигналу блоку формування імпульсів БФІ. Замикання комутатора К призводить до розряду конденсатора С1 на трансформатор Т4 та виникнення високовольтного імпульсу напруги. Замикання розрядного контуру іскровим розрядом, що виникає на свічці запалення, призводить до подальшого розряду конденсатора С2 із виникненням імпульсу струму. Запобіжник F2 усуває виникнення напруги на свічці запалювання під час заряджання конденсатора С2.

2.5 Геометричні параметри процесу термоімпульсної обробки

Видалення задирок продуктами згоряння газових паливних сумішей є найпродуктивнішим процесом фінішної обробки кромки. Завдяки тому, що така обробка проводиться продуктами згорання газових паливних сумішей, за один цикл можуть бути оброблені група деталей, причому в залежності від розмірів деталей, їх кількість у групі може коливатися від декількох до десятків одиниць. Якщо до оброблюваних деталей не висуваються високі вимоги щодо точності та повторюваності геометричних параметрів кромки їхнє розташування у робочій камері при обробці термоенергетичним методом може бути практично довільним. У перших технологічних процесах із застосуванням термоенергетичного обладнання фірм Bosch та Kennametal якихось обмежень щодо розташування деталей у камері не застосовувалося. У разі обробки габаритної деталі складної форми вона розташовувалася на дні камери на приблизно однаковому відстані від бокової поверхні (рис. 2.16, а). Дрібні деталі розміщувалися насипом в ємності з отворами для забезпечення проходження газу та пламені (рисунок 2.16, б) [6]. Фіксація деталей проводилася за допомогою

кришки, яка притискала деталі зверху ємності та фіксувалася за допомогою фіксаторів, що входили в відчини на боковій стінці ємності. Очевидно, що повторюваність параметрів обробки з точки зору розміщення оброблюваних деталей при такому способі їхньої установки була відсутня. При термоенергетичної обробці кількох деталей середніх габаритів зараз зазвичай використовуються спеціальні пристосування, за допомогою яких вони можуть встановлюватися в фіксованих позиціях. Такі пристосування можуть забезпечувати однорядне (рисунок 2.16) або двох або навіть трирядне розтушування деталей (рисунок 2.16, г). Фіксатори таких пристосувань унеможливають зміщення деталей під дією ударних хвиль, що можуть виникати при вибуховому згоранні паливних сумішей. Це також захищає оброблювані деталі від утворення забоїн, подряпин та інших пошкоджень, які могли б виникнути під час їх зіткнень між собою та зі стінками камери. У той же час будь-які рекомендації щодо просторового розміщення деталей у камері в наукових публікаціях та проспектах фірм-виробників термоенергетичного обладнання були відсутні [5]. Частково це могло бути обґрунтоване тим, що термоенергетична обробка зазвичай проводилася на таких режимах при яких ударні хвилі або не утворювалися взагалі, або їхня інтенсивність була незначною. Тому розбіжність у величинах теплових потоків на поверхнях оброблюваних деталей була викликана лише різницею температури продуктів згорання і була незначною.



а)



б)

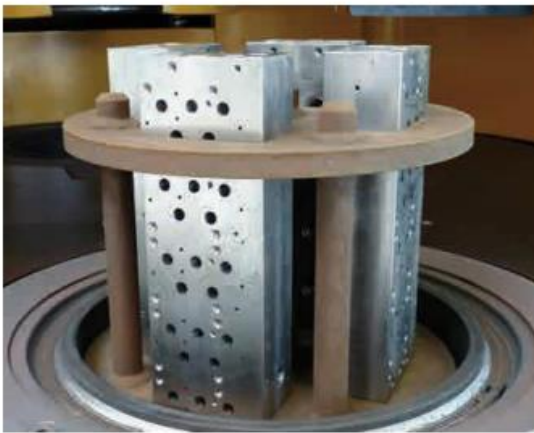


Рисунок 2.16 – Приклади розміщення деталей у робочій камері під час термоенергетичної обробки

В умовах дії ударних хвиль, які притаманні термоімпульсній обробці, ситуація істотно змінюється. У роботі досліджувався вплив місця розташування деталі та зон ініціювання детонації на рівномірність питомих теплових потоків. В якості тестової задачі розглядалася двовимірна задача детонаційного згорання та теплообміну для прямокутної камери з розташованою в ній деталлю. На рисунку 2.17 наведені результати розрахунку величин усередненого теплового потоку для трьох ділянок поверхні деталі. Результати отримані для детонаційного згорання суміші метан-кисень [6]. Розрахункові величини питомих теплових потоків на різних ділянках поверхні деталі для цього випадку відрізняються у 2–3 рази. Чітко проглядається періодичність зміни теплового потоку, викликана ударними хвилями, які поширюються вздовж вертикальної осі камери. У разі розташування зон ініціації детонації в кутах камери, розподіл теплового потоку по ділянках поверхні деталі є більш рівномірним (рисунок 2.18). У той же час максимальні значення питомого теплового потоку у

порівнянні з першим випадком зменшилися більш ніж у два рази. Крім цього, слід зазначити 34 періодичний характер залежності величин усередненого теплового потоку від години, пов'язаний з переважним рухом ударних хвиль вздовж вертикальної осі камери .

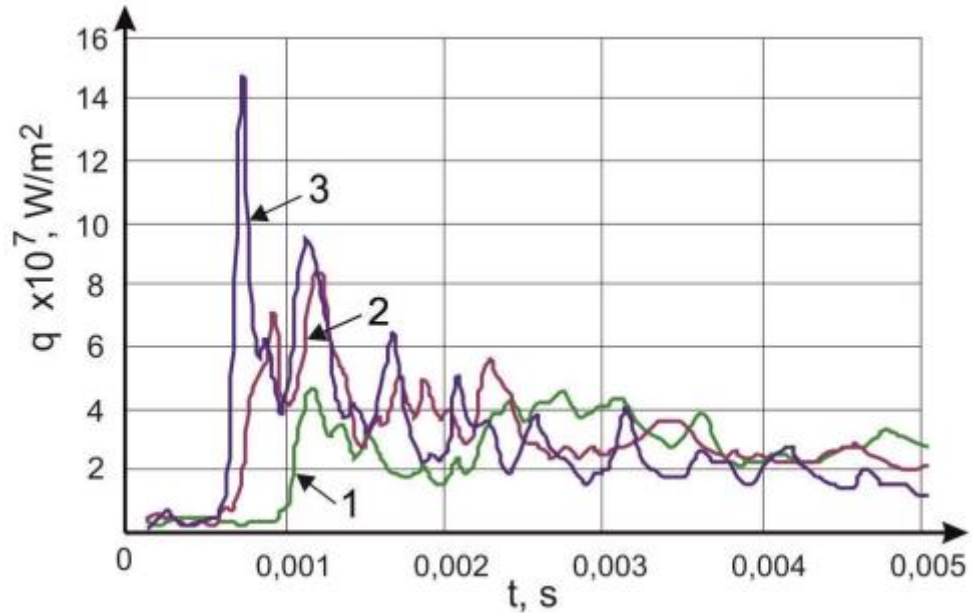


Рисунок 2.17 – Середній питомий тепловий потік на ділянках деталі

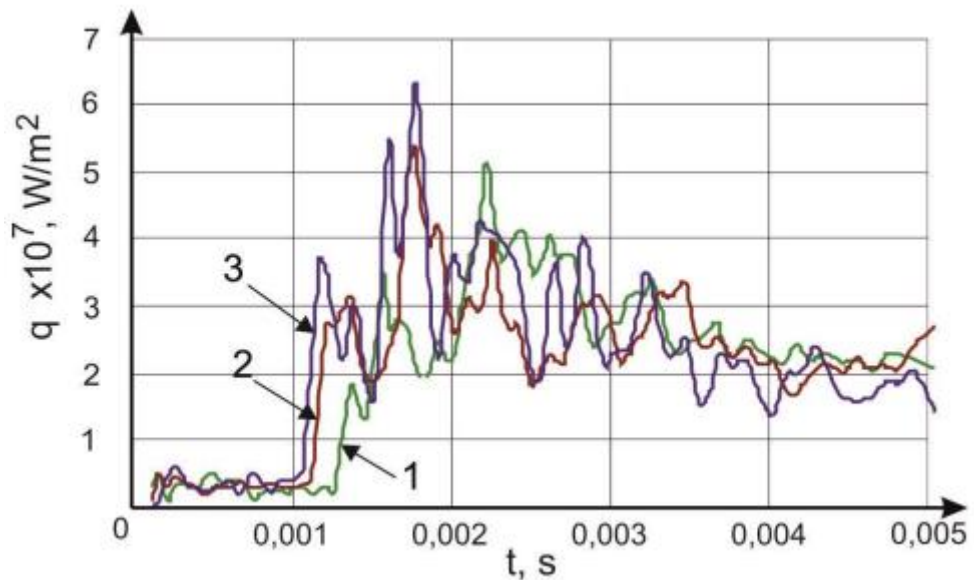


Рисунок 2.18 – Середній питомий тепловий потік на ділянках деталі

Таким чином, на величину удільного теплового потоку при обробці детонуючи паливними сумішами при дії ударних хвиль суттєво впливають геометричні параметри елементів технологічної системи, а саме місце розташування деталей у камері та зон ініціювання детонації. Для забезпечення

прецизійності 35 обробки (з погляду повторюваності результатів) ці фактори мають бути враховані при проектуванні обладнання [6].

Відомо, що технічні гази, що застосовуються в якості палива та окислювача при генерації суміші, включають різноманітні домішки [6]. Тому обов'язковим етапом експериментальних робіт має бути визначення реального складу газу, застосованого для досліджень та відповідний перерахунок констант, які використовуються при визначенні параметрів системи генерації суміші.

Для того, щоб уникнути необхідності попереднього відкачування газу з ємностей згідно з рекомендаціями роботи [6], здійснюється попереднє циклічне продування ємності газом з яким буде використовуватися при подальших експериментах. Таке продування створює в ємності атмосферу, що складається з цього газу. Відповідно до рекомендацій роботи [6] для цього в ємність до певного тиску подається газ, який потім випускається в атмосферу. Кількість циклів продування визначає склад газу в ємності. У таблиці 2.3 як приклад наведено вміст в ємності, попередньо наповненій повітрям, газу, що не входить до складу атмосфери після шкiрного циклу продування. Як видно з наведених даних, вже після п'ятого циклу продування його вміст у ємності досягає 99,97 %.

Таблиця 2.3 Вміст газу X, що не входить до складу атмосфери, після продування ємності

Цикл продувки (подача газу X до 0,5 МПа – випускання в атмосферу)	Склад атмосфери в ємності, %			
	N ₂	O ₂	інші	X
початковий	78,09	20,95	0,97	0
1-й	15,62	4,19	0,19	80,00
2-й	3,12	0,84	0,04	96,00
3-й	0,62	0,17	0,01	99,20
4-й	0,124	0,034	0	99,842
5-й	0,03	0	0	99,97

Проведення циклічних продувок стисненим повітрям може бути також застосовано при визначенні об'ємів ділянок газового тракту. При цьому додатково забезпечується однакова величина вологості газу як у вимірюваних об'ємах, так і в еталонній посудині. Продування ємностей здійснюють почергово відкриваючи електромагнітні клапани 6 (16) та 10 (20) (рис. 3.5). Для забезпечення відбору проб у газовий тракт між клапанами 6 (16) та 10 (20) додатково монтуються двоходові вентилі 27 та 28 (30 і 31), ємність для відбору газу 29 (32) з'єднані трубками. Об'єм ємності для відбору газу та заходи безпеки при його проведенні мають відповідати вимогам стандарту [6]. Надійність та

гнучкість перебудови газових трактів забезпечується використанням фітингів та швидко роз'ємних з'єднань фірми Swagelok. Повторюючи зазначену процедуру можна на кожному циклі продування забезпечити кілька вимірювань, що з урахуванням як мінімум п'яти циклів продування забезпечити достатню кількість даних для урахування випадкової частини помилки визначення об'єму проміжної ємності. Після завершення циклу продування необхідно провести відбір проб з ємності. Це може бути зроблено за стандартними методиками, які використовуються для встановлення компонентного складу газу, наприклад методом хроматографії [6].

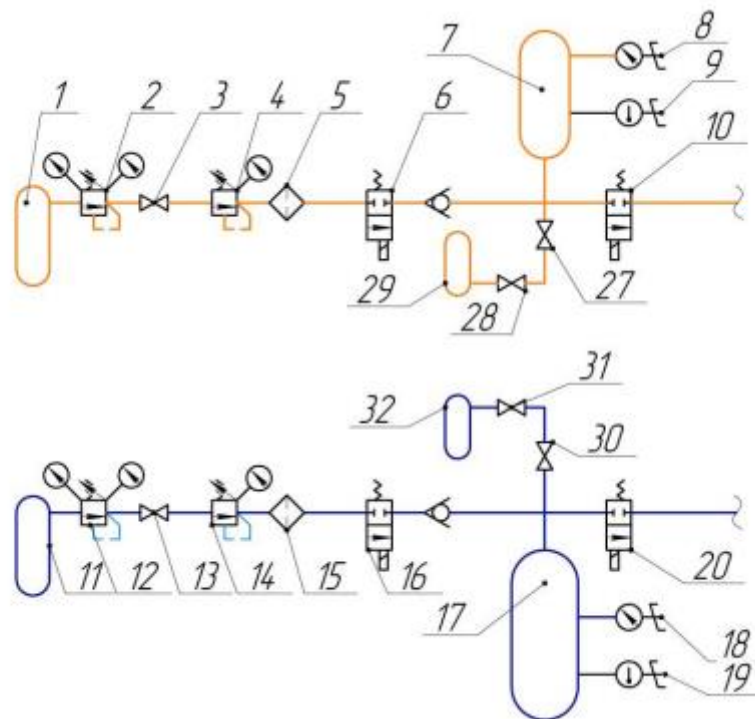


Рисунок 2.19 – Схема відбору проб із проміжних ємностей

2.6 Детонаційне очищення поверхонь

Головним завданням виконання звітних робіт є створення автоматизованого обладнання для фінішної обробки кромки прецизійних деталей газотурбінних двигунів, насамперед, видалення задирок та округлення заданим радіусом кромки за умови забезпечення вимог щодо форми поздовжнього та поперечного профілю кромки та допусків на відхилення їх кваліметричних показників. Але не менш важливим процесом при фінішному обробленні є очищення поверхонь від мікрочастинок [10]. В огляді такі завдання згадані лише щодо очищення надвеликих поверхонь. Але сьогодні більш актуальним може бути застосування детонаційних технологій для очищення деталей, виготовлених за адитивними технологіями. Перевагою адитивних

процесів є можливість виготовляти деталі надскладної форми, які за звичайних технологій виробництва мали б складатися з декількох окремих елементів (рисунок 2.20). Це значно скорочує витрати ресурсів, необхідних для виробництва. Але найбільшим перевагою таких технологій є можливість виготовлення деталей доволі складних форм, що дає змогу в повній мірі застосовувати методи оптимального проектування та забезпечити ранній недосяжний рівень експлуатаційних характеристик.

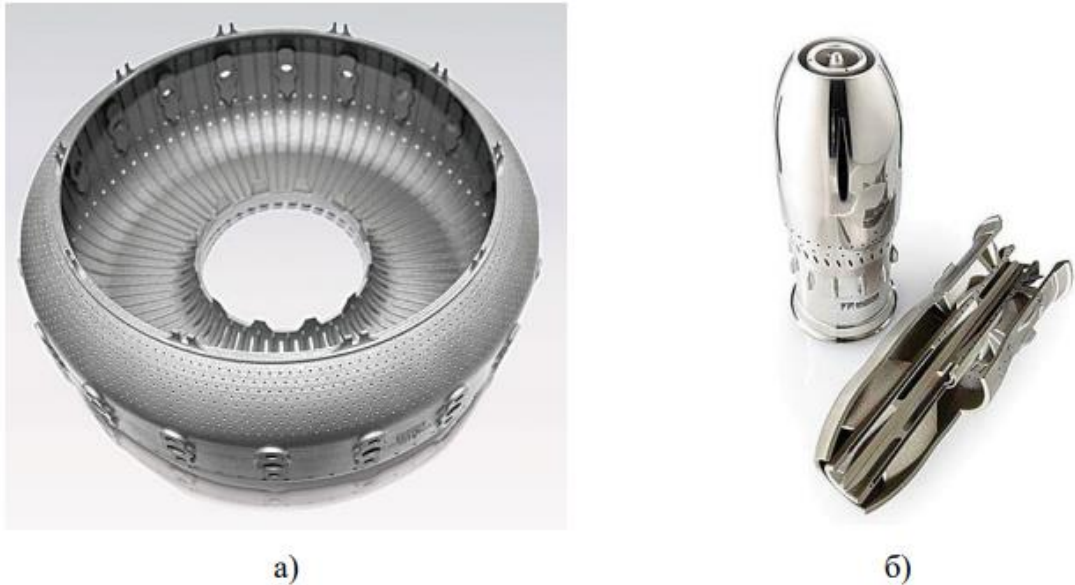


Рисунок 2.20 – деталі авіаційних ВМД виготовлені за адитивними технологіями: а) корпус камери згоряння зі сплаву нікелю; б) вихровий запальник із кобальтового сплаву

Але складність форм деталей виготовлених за адитивними технологіями водночас призводить до труднощів у очищенні їх поверхонь від мікрочастинок порошку. Такі забруднення виглядають неминучими при застосуванні як пошарового синтезу, так і при безпосередньому подаванні порошку до зони наплавлення. Для деталей таких складних форм, що наведені на рисунку 2.20 необхідні спеціальні технології для видалення порошку до проведення наступних етапів виготовлення, які зазвичай включають гаряче ізостатичне пресування, термічну обробку та зняття деталі з базової плити за допомогою електроерозійного процесу. Одними з перших із цією проблемою стикнулися інженери NASA у ході створення перспективних конструкцій паливних систем ракетних двигунів. Особливі складнощі виникають з очищенням та контролем чистоти внутрішніх поверхонь форсунок, трубопроводів, каналів охолодження та інших подібних елементів [10]. Наявність у таких каналах мікрочастинок

може призвести до серйозних збоїв у роботі паливних систем та навіть до катастрофічних наслідків.



Рисунок 2.21 – Забруднення мікрочастинками поверхонь деталей, виготовлених за адитивними технологіями: а) при селективному лазерному спіканні;
б) при прямому лазерному сплавленні

З послідовно випущених оглядів NASA присвячених проблемам очищення деталей ракетно-космічної техніки виготовлених за адитивними технологіями термоенергетична обробка газовими сумішами розглядалася як одна з перспективних лише в дослідженні 2015 р. Подальші роботи зосереджувалися на технологіях промивання рідиною високого тиску. Але в зазначених роботах немає згадок про результати експериментів з очищення із застосуванням термоенергетичного обладнання. Більш того, зважаючи на специфіку завдання, таке обладнання не є кращим вибором. Справа в тому, що основним механізмом видалення мікрочастинок є відрив ударною хвилею з подальшим згорянням чи випаровуванням в ядрі потоку продуктів згоряння, тоді як термоенергетичному методу обробки не притаманне використання режимів з дією ударних хвиль.

У той же час, для термоімпульсної обробки такі режими є основними, а дослідження з використання цього процесу для очищення поверхонь складної форми від мікрочастинок відомі досить давно [10].

Проблемою, яка може виникнути при термоімпульсному очищенні деталей, виготовлених за адитивними технологіями, може бути їх недостатня міцність. Крім того, при видаленні неметалевих керамічних порошоків їхнє випаровування чи згоряння неможливе. Тому такі частинки мають видалятися примусово, з потоком продуктів згоряння до того, як вони знову осядуть на поверхню деталей [10]. Це вимагає використання для очищення ударних хвиль обмеженої інтенсивності, але з продовженим часом дії. На вирішення такого

типу завдань спрямовано запропонований у цьому дослідженні генератор ударних хвиль.

Для того, щоб встановити можливість його застосування, необхідно проведення додаткових експериментів. До отримання позитивних результатів таких дослідів, робити висновки щодо можливості застосування детонаційних процесів для очищення деталей виготовлених за адитивними технологіями, ґрунтуючись лише на інформацію з огляду, не можна [6].

Детонаційна термомеханічна обробка. Слід відзначити можливість застосування запропонованого способу генерації детонації для термомеханічної обробки. Це, насамперед, процеси детонаційного штампування, ущільнення та формування. Ударні хвилі, викликані детонацією, можуть використовуватися для метання компактних тіл та рідин у системах пожежогасіння. Ударні хвилі та високошвидкісні струмені, утворені при детонаційному високочастотному згорянні, можуть використовуватись у завданнях розмінування.

2.7 Розробка технологічного процесу виготовлення золотника гідророзподільника управління робочим об'ємом насоса

При проектуванні технологічних процесів виготовлення виробу розробляють відповідну документацію: маршрутні картки (МК), картки ескізів (КЕ), операційні картки (ОК), картки технологічних процесів (КТП), картки типових технологічних процесів (КТТП) та відомості оснащення (В).

Вихідні дані для проектування технологічного процесу виготовлення золотника гідророзподільника наступні:

1. Відомості про дефекти у передбачуваній програмі виготовлення деталей. Виконані в роботі мікрометричні дослідження показали, що основним дефектом золотникової пари є зношування робочих пасків золотника та відвернення корпусу. Коефіцієнт повторюваності дефекту рівний 1,0.

2. Організаційна форма виготовлення деталей. При розробці технологічного процесу повинні враховуватися можливості ремонтних підприємств та їх технічне оснащення.

3. Вибраний раціональний спосіб виготовлення золотника за кожним маршрутом.

4. Схеми технологічних процесів виготовлення золотника.

5. План виконання всіх операцій, передбачених маршрутом. Проектування маршруту обробки. При використанні справжнього технологічного процесу допускається заміна в ньому встаткування та оснащення іншими встаткуванням

та оснащенням, що забезпечують задані параметри обробки та виміру елементів (поверхонь).

2.7.1 Виготовлення золотника

Обробка золотника складається з чорнової обробки по зовнішньому діаметру токарної обробки шийок фрезерування лисиць цементациї та загартування шліфування по зовнішньому діаметру. Крім того, в залежності від конструкції можливі додаткові операції свердління допоміжних отворів, зняття фасок та ін.

Замість кріплення заготівлі на оправці можна її кріпити у центрах, прийнявши за основу оброблення отвір. Як приклад розглянемо технологію обробки золотника клапана. За цією технологією отвір втулки спочатку обробляють свердлінням, розгортанням, а потім на цьому отворі, прийнятим за базу, обробляють зовнішні поверхні у центрах.

Основні труднощі при виготовленні циліндричних плунжерних пар елементів розподілу потоку рідини в гідроапаратах полягає у складності обробки відвернення, що сполучається із золотником. При розробці спеціального дроселя найкращий плоский золотник, що є розгорткою циліндричного золотника на площині, що забезпечує вільний доступ до внутрішньої поверхні втулки для обробки.

К моноблочним розподільникам належать такі, у яких золотники розміщені в одному литому корпусі. Переваги моноблочних розподільників полягають у тому, що вони компактніші, мають меншу масу та менший обсяг механічної обробки корпусу. Однак ці розподільники мають дві істотні недоліки. По-перше, при виготовленні чавунних виливків через складність корпусу виникає багато шлюбу. По-друге, ці розподільники розраховані на керування трьома або чотирма гідродвигунами, а якщо виникає необхідність керування великою кількістю гідродвигунів, то використовують два розподільники, що ускладнює гідравлічну схему машини.

Для підвищення міцності з'єднання доцільно збільшити твердість матеріалу золотника. Цього можна досягти внаслідок лазерної обробки. При лазерному опроміненні пластинок стеліту твердість матеріалу з 40 HRC підвищується до 49...50 HRC.

Сила тренування спокою, що визначає початкову силу в момент торкання золотника, не є постійною величиною і залежить від часу знаходження золотника під робочим тиском у нерухомому стані величини робочого тиску зазору та

тонкості фільтрації температури робочої рідини матеріалів золотникової пари та чистоти обробки їх габаритних розмірів золотника.

Матеріали золотникових пар повинні зберігати свої початкові розміри без жолоблення або зміни обсягу під час роботи та зберігання. Незначні перекося та викривлення золотника можуть призвести до різкого збільшення тертя і навіть заїдання його. Стабільність у збереженні розмірів мають термооброблені сталі типу ШХ15, 18ХНВА, 40ХНМА, 20Х, 95Х18Ш з подальшим зняттям внутрішньої напруги перед залишковою обробкою розмірів. Для стабілізації розмірів широко застосовується обробка холодом із наступним старінням. При роботі золотників на кремнійорганічних рідинах та водних емульсіях рекомендується застосовувати нержавіючі сталі або звичайні сталі з антикорозійними покриттями. Для запобігання корозії залишок оброблених деталей рекомендується зберігати їх загорнутими в інгібований папір або обробляти інгібіторами. Обробка полягає у зануренні деталей приблизно на 5 хв. суміш робочої рідини (85 % за вагою).

Найбільш точно можуть бути оброблені плоскі або циліндричні поверхні, що визначає два типи контактних ущільнень. Ущільнення з циліндричною формою поверхні, що ущільнює, називаються радіальними. Одним із прикладів ущільнень радіального типу є золотникова пара із зазором між золотником і втулкою 1–2 мкм (рисунок 3.22, а). Такої точності обробки досягти надзвичайно важко, оскільки, крім малого зазору, потрібна ще й виключно правильна форма циліндричних поверхонь. Найбільш простими, але й менш досконалими механічними радіальними ущільненнями є ущільнення з розрізними металевими кільцями (рисунок 3.22, б), що широко застосовуються для поршнів компресорів та двигунів внутрішнього згорання. Перевагою їх є простота та малі габарити у поєднанні з надійністю.

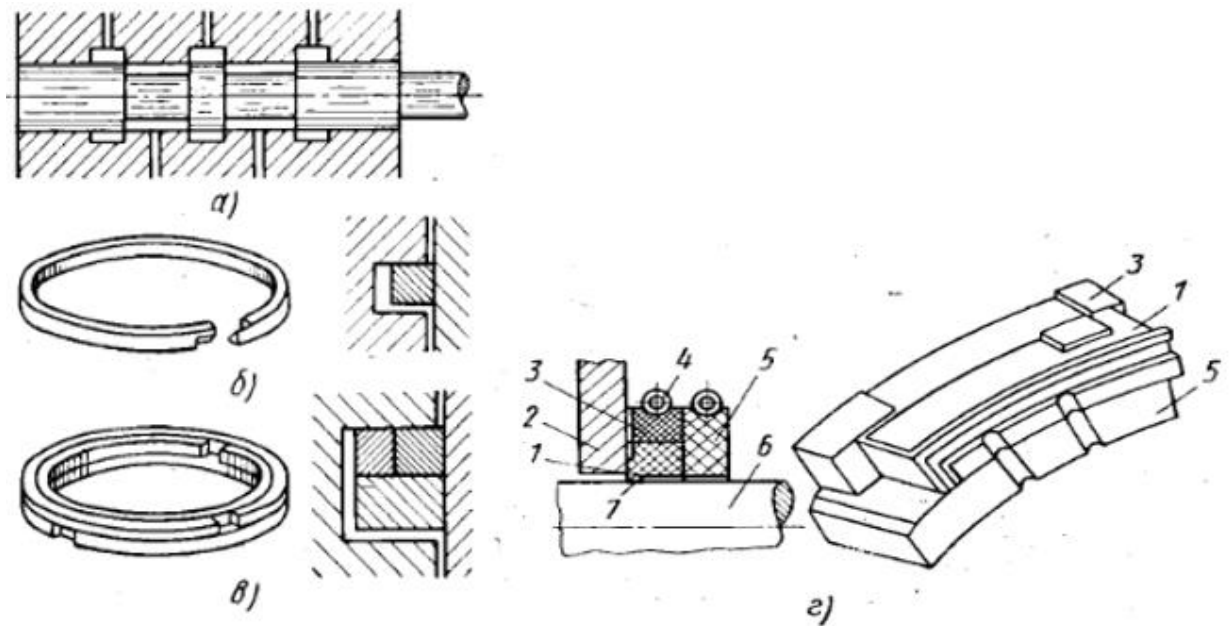


Рисунок 2.22 – Механічні контактні ущільнення радіального типу: а – золотник; б – поршневе кільце ; в – набір поршневих кілець; г – сегментне ущільнення

2.7.2 Поліпшення якості поверхні золотника

Незважаючи на те, що в даний час для обробки та очищення кромek використовують понад 120 методів і на порядок більше моделей обладнання, процес автоматизації цих операцій далекий від завершення. Вибір способу формування та обробки кромek залежить від багатьох суперечливих факторів: шорсткості, матеріалу, функціонального призначення та конструкції деталі, необхідного радіусу округлення зовнішніх або внутрішніх кромek, розмірів задирок та інших. Так, наприклад, при обробці кромek прецизійних деталей, зокрема золотникових і плунжерних пар, неприпустимі зміни їх розмірів.

Найбільш прийнятним є термоімпульсний метод, який у поєднанні з ультразвуковим очищенням поверхонь від органічних забруднень дозволяє автоматизувати процеси видалення задирок, включаючи мікроліквіди, а також розмірного округлення кромek, незалежно від складності їх конфігурацій, наприклад, кромки турбінних лопаток.

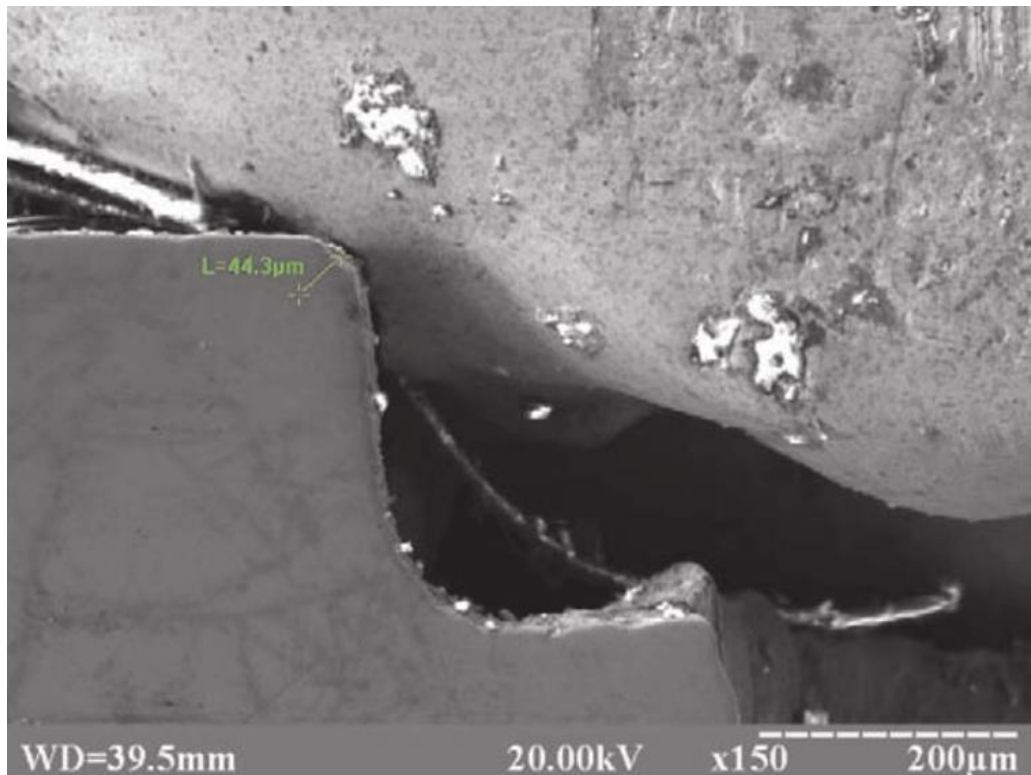


Рисунок. 2.23 – Золотник із заокругленням кромки радіусом 44 мкм

Радіус округлення залежить від потужності та часу дії джерела тепла, яке розраховується з урахуванням теплофізичних властивостей матеріалів деталей. Регульовані параметри – потужність джерела і час обробки, пов’язані обернено пропорційною залежністю.

Дослідження зразків при обробці золотників, втулок багатьох виробів показали можливість очищення від задирок та оздоблення кромки з високою якістю без порушення вихідної структури матеріалу. У цьому спостерігалася керованість, повторюваність і стійкість результатів, що свідчить про коректність постановки завдання. Різниця розмірів кромки за контуром деталі знаходилася в межах 0,1...1 мкм. На рисунку 2.24 показана структура матеріалу кромки золотника до та після термоімпульсної обробки.

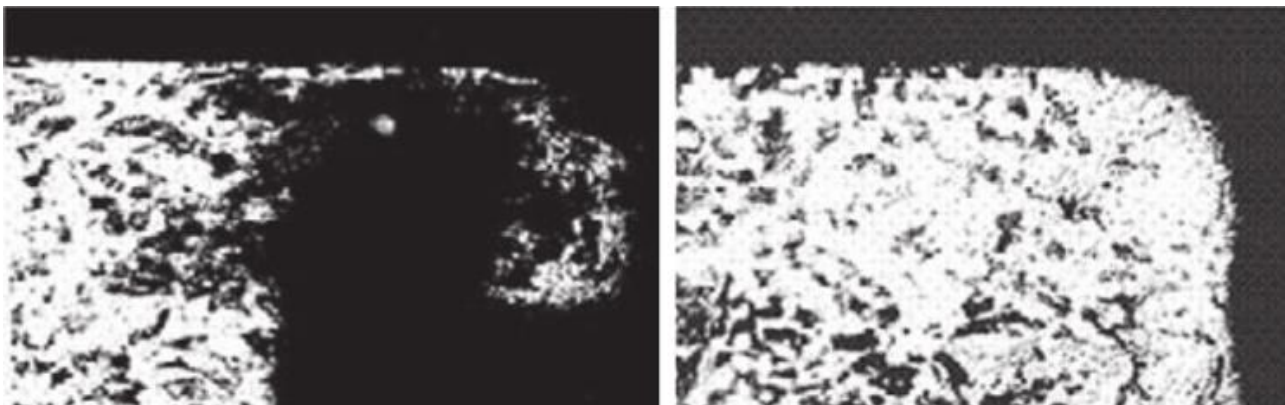


Рисунок 2.24 – Кромка золотника до та після термоімпульсної обробки

2.8 Аналіз технологічності деталі

За своєю конструкцією деталь є досить технологічною. Основними поверхнями є такі поверхні з допусками. Інші не зазначені поверхні є допоміжними.

Виготовлені, шляхом механічної обробки, поверхні мають необхідну та достатню точність та шорсткість поверхонь. Це забезпечує точну роботу у вузлів. Невказані граничні відхилення низьких поверхонь виконуються відповідно до СТ РЕВ 144-75. Для виготовлення деталі використовується сталь 95X18 ГОСТ 1050-88, Нержавіюча сталь 95X18 вживається повсюдно. Вона має високу стійкість до стирання і зберігає свої властивості при обробці. Механічні деталі з даного матеріалу можуть використовуватися в інтенсивно працюючих механізмах під високим навантаженням.

Основні технічні характеристики 95X18 виглядають так:

- твердість 95X18 становить близько 60HRC, що говорить про високі експлуатаційні показники матеріалу;
- допустиме напруження сталі 95X18 на розрив/розтяг – 770 МПа;
- щільність 95X18 за температури +20 °C становить 77,50 МПа/м³;
- умовна межа плинності 95X18 знаходиться в діапазоні 420...770 МПа (залежно від типу прокату, температури відпалу та години відпустки сталі);
- сталь випускається переважно у вигляді колу, прутка та кованих полос різного розміру. Також особливу цінність становитимуть ковані елементи, які підходять для виготовлення різального інструменту та інших деталей.

Деталь виготовлена з мінімальними трудовими витратами та з дотриманням вимог та технології.

Таблиця 2.4 – Аналіз технологічності конструкції деталі

№	Нетехнологічні елементи та властивості деталі	Пропозиції щодо підвищення технологічності деталі
1	глухе отвір $\varnothing 2,4^{+0,01}$ на довжину $8,6^{+0,1}$	змінити не можна
2	три канавки $0,5^{+0,14}$ для ущільнювальних кілець	застосування спец. інструменту

2.9 Розробка технологічного процесу виготовлення золотника гідророзподільника управління робочим об'ємом насоса

При проектуванні технологічних процесів виготовлення виробу розробляють відповідну документацію: маршрутні картки (МК), картки ескізів

(КЕ), операційні картки (ОК), картки технологічних процесів (КТП), картки типових технологічних процесів (КТТП) та відомості оснащення (В).

Вихідні дані для проектування технологічного процесу виготовлення золотника гідророзподільника

1. Відомості про дефекти у передбачуваний програмі виготовлення деталей.

Виконані в роботі мікрометричні дослідження показали, що основним дефектом золотникової пари є зношування робочих пасків золотника та відвернення корпусу. Коефіцієнт повторюваності дефекту рівний 1,0.

2. Організаційна форма виготовлення деталей.

При розробці технологічного процесу повинні враховуватися можливості ремонтних підприємств та їх технічне оснащення.

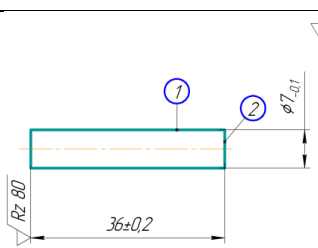
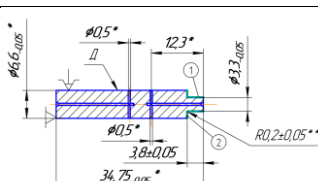
3. Вибраний раціональний спосіб виготовлення золотника за кожним маршрутом.

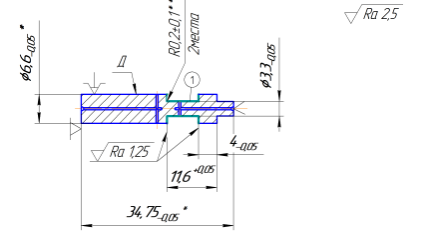
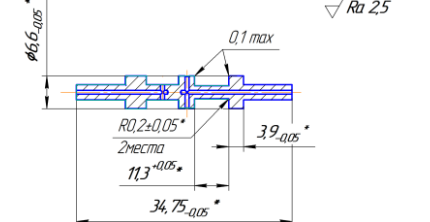
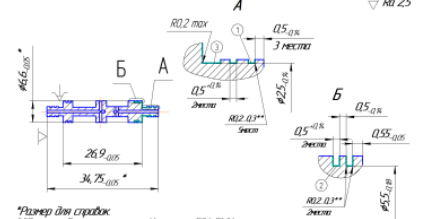
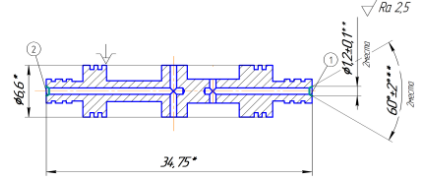
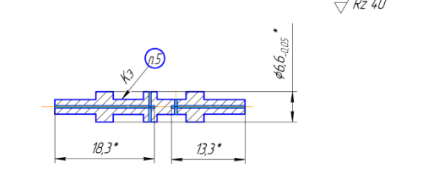
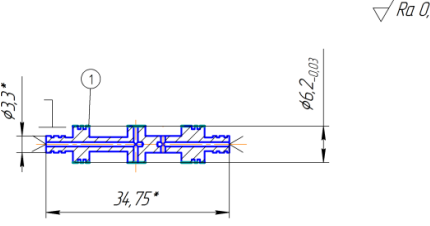
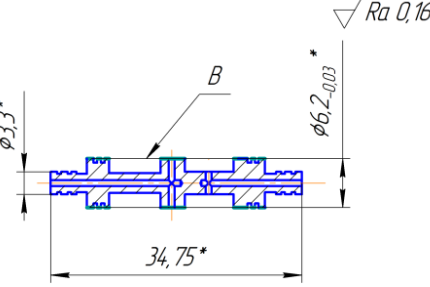
4. Схеми технологічних процесів виготовлення золотника.

5. План виконання всіх операцій, передбачених маршрутом. Проектування маршруту обробки. При використанні справжнього технологічного процесу допускається заміна в ньому встаткування та оснащення іншими встаткуванням та оснащенням, що забезпечують задані параметри обробки та виміру елементів (поверхонь).

2.10 Визначення маршруту обробки окремих поверхонь деталі, шорсткості та точності обробки

Таблиця 2.5 – Маршрутна обробка деталі «Золотник»

№	Найменування операції	Робочий ескіз	Верстат, обладнання	Оснащення
000	Заготівельна		стрічково–пильний МИТЬ–1–02	
005	Токарна		Токарний 1А616	3–х кулачковий патрон

№	Найменування операції	Робочий ескіз	Верстат, обладнання	Оснащення
010	Токарна		Токарний автомат 1Б240–6К	Патрон
015	Токарна		Токарний автомат 1Б240–6К	Патрон
020	Токарна		Токарний верстат 16Т02П	Патрон
025	Свердлильна		Вертикально–свердлильний 2Н118	Спец. пристосування
030	Свердлильна		Вертикально–свердлильний 2Н118	Спец. пристосування
035	Шліфувальна		Круглошліфувальний 3У10В	Центр
040	Шліфувальна		імпульсно–компресійний детонаційний	
045	Мийна	Промити деталь	Мийна машина	
050	Маркувальна	Навісити бирку з позначенням деталі на тару		

№	Найменування операції	Робочий ескіз	Верстат, обладнання	Оснащення
055	Контрольна	Технічний контроль		Плита за ГОСТ 10905–86

2.11 Поділ технологічного процесу на етапи за видами обробки

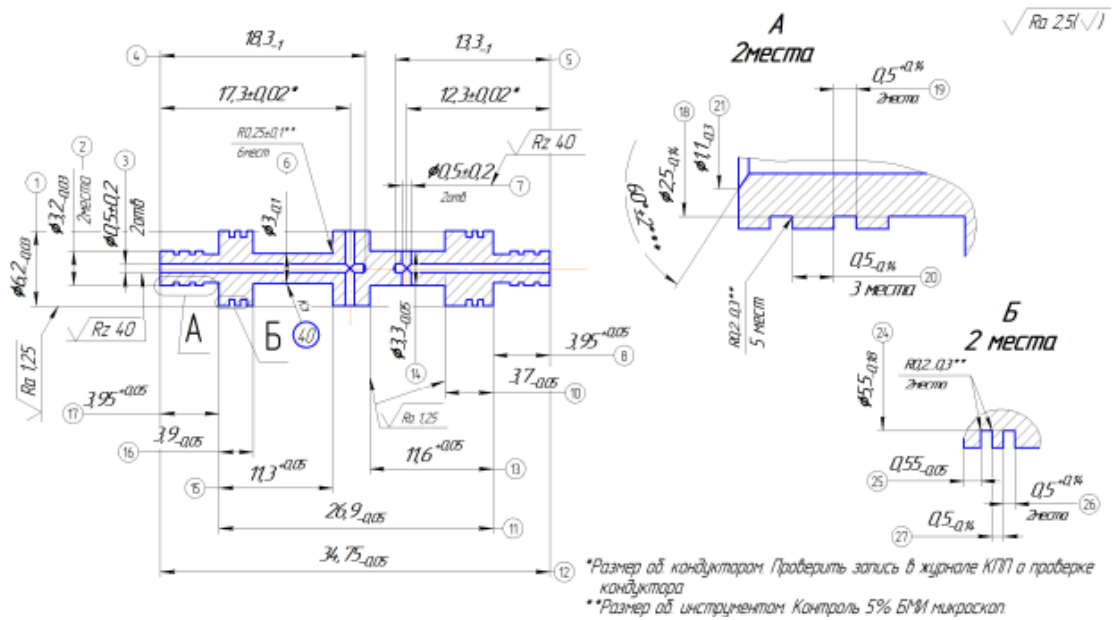


Рисунок. 2.22 – Ескіз деталей з номерами основних поверхонь

Таблиця 2.6 – Схема технологічного процесу

Найменування етапу	№ та найменування операції	№ основних поверхонь								Мета операції*
		Зовнішні циліндри		Внутрішні циліндри		Плоскі		Інші		
		1	2	3	4	5	6	7		
		Задані за кресленням кваліфікація та клас шорсткості								
		e9 Ra 0,6	e9, Ra 1,6	h14 Ra 3,2	h14 Ra 3,2	h14Ra 3,2	h14Ra 1,6	h14Ra 3,2	IT14Ra3,2	
Виконувані за технологією кваліфікація та клас шорсткості										
1	000 Заготівельна									
2	005 Токарна									
	010 Токарна				×					
	015 Токарна			×			×	×		
	020 Токарна								×	
3	025 Свердлильна					×				
	030 Свердлильна									
4	040 Шліфувальна		×							
5	045 Шліфувальна	×								

1 – заготівельна; 2 – підготовка чорнових баз; 3 – попередня обробка деталі; 4 – формоутворення деталі, підвищення якості поверхонь; 5 – остаточне формоутворення деталі; 6 – забезпечення вимог креслення; 7 – забезпечення вимог креслення; 8 – забезпечення вимог креслення; 9 – підвищення якості поверхонь.

2.12 Вибір типу обладнання, пристроїв та інструменту

Вибір верстатів для ТП, що проектується, проводиться після того, як кожна операція попередньо розроблена. Це означає, що намічено, обрано або визначено: метод обробки поверхні або поєднання поверхонь (точіння, фрезерування, свердління тощо); точність та шорсткість поверхонь; припуск на обробку; ріжучий інструмент; такт випуску та тип виробництва. Типорозмір

верстата (модель) верстата можна вибрати порівняно швидко на підставі таких даних, як метод обробки, шорсткість, розташування та розміри поверхні, що обробляється або габаритні розміри деталі.

Після визначення необхідної кількості верстатів виходячи із заданої продуктивності за першим варіантом може змінитися початкове рішення щодо вибору типорозміру верстата. Це можливо в умовах масового виробництва, де необхідно прагнути, щоб на операціях було зайнято не більше одного–двох верстатів. У цьому випадку, якщо спочатку був, наприклад, прийнятий одношпindelний верстат, може бути доцільним його заміна на багатошпindelний багатопозиційний, спеціалізований або навіть спеціальний. У всіх випадках доцільність заміни підтверджується техніко–економічними розрахунками.

Ще одним фактором, який може призвести до зміни початкового рішення щодо вибору типорозміру верстата, є неефективне використання його за потужністю. У подібних випадках, в умовах масового виробництва, а іноді і великосерійного, дозволяється, коли немає можливості підібрати більш підходящий верстат і коли це передбачається конструкцією верстата, встановити для приводу головного руху електродвигун меншої потужності.

Вибір різальних інструментів здійснюється залежно від методу обробки, форми та розмірів оброблюваної поверхні, її точності та шорсткості, оброблюваного матеріалу, заданої продуктивності та періоду стійкості (заміни) інструменту.

По можливості використовуються стандартні інструменти.

При виборі верстатних пристроїв враховувалися вид механічної обробки; модель верстата; різучі інструменти; тип виробництва.

Таблиця 2.7 – Верстатні пристрої

№	Найменування операції	Найменування пристосування	Позначення пристосування
005 020	Токарна	Трикулачковий самоцентруючий патрон	Патрон 7100–0061 ГОСТ 2675–80
010 015	Токарна	Токарний самоцентруючий трикулачковий клиновий	Патрон ГОСТ 24351–80
025 030	Свердлильна	Спеціальні пристрої	
040	Шліфувальна	Трикулачковий самоцентруючий патрон	Патрон 7100–0061 ГОСТ 2675–80
		Центр, що обертається, для встановлення центровими отворами	Центр ГОСТ 8742–75

При виборі інструментальних пристроїв враховувалися вид механічної обробки; конструкція посадкового місця верстата.

2.13 Вибір та обґрунтування технологічних та вимірювальних баз на першій та наступній операціях

Таблиця 2.8 – Мінімізація кількості баз

Напрямок базування	Варіанти баз	Тип пристосування	Похибка установки, мм	№ операцій та задана точність розмірів та радіальних биття									
				005/12	010/12	015/12	020/10	025/14	030/14	035	040	045	
осьове	8	3-х кулачковий патрон	0,08	8									
	12		0,08	12									
	5	3-х кулачковий патрон	0,08		5	5							
	2		0,08		2	2							
	7	Патрон	0,07				7	7	7				
	10		0,07				10						

Під час розробки технологічного процесу допуски лінійних розмірів витримуються. Це здійснюється поєднанням технологічних та вимірювальних баз.

Розрахунок лінійних технологічних розмірів та призначення допусків.

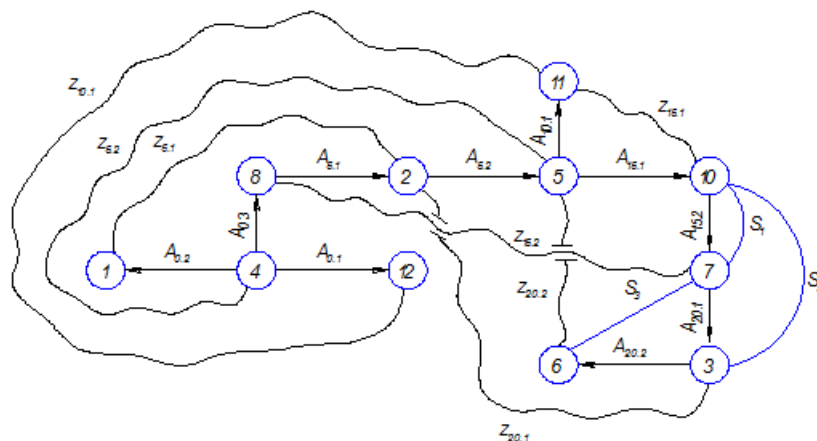


Рисунок 2.24 – Граф технологічних лінійних розмірних кіл

2.14 Проектування технологічної операції

2.14.1 Обґрунтування змісту та структури операції

1 – Заготівельна: ТТП на даному етапі є зміна заготівлі з «прутка» на «заготівлю». У ТТП заготівля бралася із прутка.

2 – Підготовка чорнових баз: цей етап відповідає ТТП. Введення нового етапу в ТП, що розробляється. Після зміни заготівлі дещо погіршилася якість поверхонь, у тому числі й поверхонь, що використовуються для базування. Також з'явилося жолоблення поверхонь, що також несприятливо позначається на точності обробки. Для поліпшення настановної бази на подальшій операції і як наслідок забезпечення необхідної точності та підвищення якості на подальших обробках було введено цю операцію.

3 – Попередня обробка деталі: цей етап відповідає ТТП. На даному етапі відбувається чорнова обробка деталі та попереднє формоутворення деталі. На відміну від ТТП, цю деталь на даному етапі неможливо буде обробити за одну операцію із забезпеченням заданої за кресленням точності. Внаслідок цього операція 015 – токарна була розбита на 2 операції.

4 – Формоутворення деталі, підвищення якості поверхонь: даний етап не відповідає ТТП внаслідок роз'єднання операції для підвищення необхідної якості та необхідної точності згідно з кресленням деталі.

5 – Остаточне формоутворення деталі: цей етап відповідає ТТП. У пропонований ТП було введено додаткові переходи згідно з вимогами креслення.

6 – Забезпечення вимог креслення: цей етап відповідає ТТП. Цей етап полягає у введенні додаткової операції внаслідок зміни конструкції деталі.

7 – забезпечення вимог креслення: цей етап відповідає ТТП. Цей етап полягає у введенні додаткової операції внаслідок зміни конструкції деталі.

8 – забезпечення вимог креслення: цей етап відповідає запропонованому ТП.

9 – підвищення якості поверхонь: очищення від задирок та оздоблення кромки з високою якістю без порушення вихідної структури матеріалу.

2.14.2 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання для операції 005

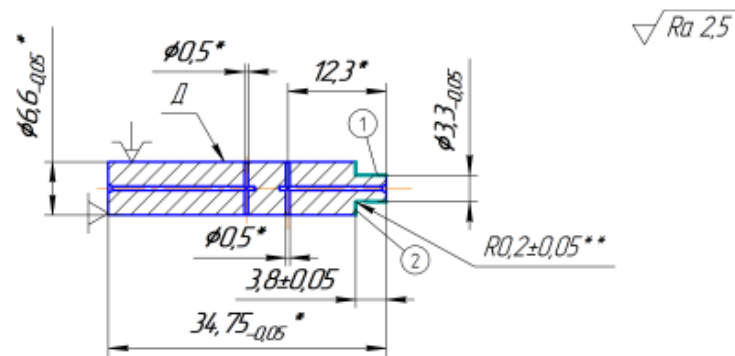


Рисунок. 4.1 – Ескіз операції 005 – токарний

Розрахунок режимів різання для поздовжнього точіння (d5,1) Ø18.

1. Глибина різання, t : при чорновому точені та відсутності обмежень щодо потужності обладнання, жорсткості системи ВПД приймається рівною припуску на обробку $t = 1$ мм;

2. Подача для чорного точіння $S_{\text{табл}} = 0,3$ мм/об; приймаємо $S_{\text{прийн}} = 0,4$ мм/об.

3. Швидкість різання при зовнішньому поздовжньому та поперечному точінні та розточуванні, в м/хв, розраховують за формулою:

$$V_{\text{розрахунок}} = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_v, \quad (2.1)$$

де $C_v = 350$; $x = 0,15$; $y = 0,35$; $m = 0,2$;

T – період стійкості інструменту, $T = 30$ хв.;

S – подача, $S = 0,4$;

$$K_v = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{iv}, \quad (2.2)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготівлі, визначається за формулою:

$$K_{mv} = K_r \times \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^n, \quad (2.3)$$

де σ_B – межа міцності оброблюваного матеріалу $\sigma_B = 760$ МПа;

K_r – коефіцієнт для матеріалу інструменту $K_r = 1,0$;

n – показник ступеня при обробці різцями, $n = 1,0$

$$K_{mv} = 1,0 \times \left(\frac{750}{760} \right)^{1,0} = 0,98.$$

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

K_{iv} – коефіцієнт враховує вплив матеріалу інструменту $= 1,0$.

$$K_v = 0,98 \times 0,8 \times 0,65 = 0,5096$$

$$V_{\text{розрахунок}} = \frac{350}{50^{0,2} \times 1^{0,15} \times 0,4^{0,35}} \times 0,5096 = 112,4 \text{ м/хв.}$$

4. Частота обертання шпинделя або заготівлі, об/хв, визначається за формулою:

$$n_{\text{РОЗР}} = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 112,4}{3,14 \times 18} = 1988,67 \text{ об/хв.}$$

За паспортом верстата вибираємо $n_{\text{прин}} = 1800$ об/хв.

Коригуємо швидкість різання внаслідок зміни частоти обертання шпинделя:

$$V_{\text{пр}} = \frac{\pi \times D \times n}{1000} = \frac{3,14 \times 18 \times 1800}{1000} = 101,79 \text{ м/хв.}$$

5. Сила різання в Н визначають за формулою [2]:

$$P_z, y, x = 10 \times C_p \times t_x \times S_y \times V_n \times K_p,$$

де (P_z) $z_p = 300$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = -0,15$;

(P_y) $z_p = 243$; $x = 0,9$; $y = 0,6$; $n = -0,3$;

(P_x) $z_p = 339$; $x = 1,0$; $y = 0,5$; $n = -0,4$.

Поправочний коефіцієнт K_p визначається за формулою:

$$K_p = K_{\text{мп}} \times K_{\text{фр}} \times K_{\text{гр}} \times K_{\lambda p} \times K_{\text{гр}}, \quad (2.4)$$

де $K_{\text{мп}}$ – коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності, визначається за формулою:

$$K_{\text{мп}} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (2.5)$$

де σ_B – межа міцності матеріалу, $\sigma_B = 760$ МПа;

n – показник ступеня для твердого сплаву $n = 0,75$.

$$K_{\text{мп}} = \left(\frac{760}{750} \right)^{0,75} = 1.$$

$$K_{\text{фр}} = 1,0(P_z); = 1,0(P_y); = 1,0(P_x) [2];$$

$$K_{\text{гр}} = 1,0(P_z); = 1,0(P_y); = 1,0(P_x) [2];$$

$$K_{\lambda p} = 1,0(P_z); = 1,0(P_y); = 1,0(P_x) [2];$$

$$K_{\text{гр}} = 0,93(P_z); = 0,82(P_y); = 1,0(P_x) [2];$$

$$K_p (P_z) = 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,93 = 0,93;$$

$$K_p (P_y) = 1 \times 1 \times 1 \times 0,82 = 0,82;$$

$$K_p (P_x) = 1 \times 1 \times 1 \times 1 = 1;$$

$$P_z = 10 \times 300 \times 11,0 \times 0,40,75 \times 101,79 \times -0,15 \times 0,93 = 701,44 \text{ Н;}$$

$$P_y = 10 \times 243 \times 10,9 \times 0,40,6 \times 101,79 - 0,3 \times 0,82 = 287,31 \text{ Н};$$

$$P_x = 10 \times 339 \times 11,0 \times 0,40,5 \times 101,79 - 0,4 \times 1 = 337,4 \text{ Н}.$$

6. Потужність різання, кВт, розраховується за такою формулою:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z V}{1020 \times 60},$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{701,44 \times 101,79}{1020 \times 60} = 1,17 \text{ кВт}$$

7. Перевірка необхідної потужності електродвигуна:

$$N_{\text{ед}} = \frac{N_{\text{рез}} \times K_1}{K_2 \times \eta}, \quad (2.6)$$

де K_1 – коефіцієнт використання верстатів за потужністю, $K_1 \approx 0,8$;

K_2 – коефіцієнт навантаження, $K_2 \approx 1,25$;

η – ККД приводу, $\eta \approx 0,7 \div 0,75$.

$$N_{\text{ед}} = \frac{1,17 \times 0,8}{1,25 \times 0,75} = 0,9984 \text{ кВт}.$$

Т. к. за паспортом верстата 1А616 $N_{\text{ед}} = 4$ кВт, то ці режими різання задовольняють вимогам для поздовжнього точіння.

8. Основний машинний час для токарних робіт (обточування та розточування циліндричних поверхонь), за хв, визначається за формулою:

$$T_0 = \frac{L}{n \times S_0} \times i, \quad (2.7)$$

де i – Число проходів інструменту, $= 1$

L – розрахункова довжина робочого ходу інструменту, прийнята визначення основного (технологічного) часу, хв., визначається за формулою:

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (2.8)$$

де l – довжина оброблюваної поверхні, мм, $l = 19,37$ мм;

l_1 – величина врізання інструмента, мм, $l_1 = 2$ мм;

l_2 – величина перебігу інструменту (при точені в упор $l_2 = 0$).

$$L = 19,37 + 2 = 21,37 \text{ мм}.$$

$$T_0 = \frac{21,37}{1800 \times 0,4} \times 1 = 0,033 \text{ хв}.$$

Розрахунок режимів різання для поперечного точіння (А5.1) $\emptyset 18$

$t = 0,83$ мм – вибираємо з розрахунку (Z 5.1).

9. Подача для чорного точіння:

$$S_{\text{табл}} = 0,3 \div 0,4 \text{ мм/об}$$

Приймаємо $S_{\text{прин}} = 0,4$ мм/об.

– Швидкість різання при зовнішньому поздовжньому та поперечному точенні та розточуванні, в м/хв, розраховують за формулою:

$$V_{\text{розрахунок}} = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_v, \quad (2.9)$$

$$K_v = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{\text{та в}} \quad \text{та} \quad v \quad K_v = 0,98 \times 0,8 \times 0,65 = 0,5096$$

$$V_{\text{розрахунок}} = \frac{350}{50^{0,2} \times 1,5^{0,15} \times 0,4^{0,35}} \times 0,5096 = 115,59 \text{ м/хв}$$

– Частота обертання шпинделя або заготівлі, об/хв, визначається за формулою:

$$n_{\text{розрахунок}} = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 115,59}{3,14 \times 18} = 1870,42 \text{ об/хв}$$

За паспортом верстата вибираємо $n_{\text{прин}} = 1800$ об/хв.

Коригуємо швидкість різання внаслідок зміни частоти обертання шпинделя:

$$V_{\text{прин}} = \frac{\pi \times D \times n}{1000} = \frac{3,14 \times 18 \times 1800}{1000} = 101,79 \text{ м/хв}$$

– Силу різання в Н визначають за формулою:

$$P_z, y, x = 10 \times C_p \times t_x \times S_y \times V_n \times K_p, \quad (2.9)$$

Поправочний коефіцієнт K_p визначається за формулою:

$$K_p = K_{mp} \times K_{\text{фр}} \times K_{\text{гр}} \times K_{\lambda p} \times K_{\text{тр}},$$

$$K_p (P_z) = 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,93 = 0,93$$

$$K_p (P_y) = 1 \times 1 \times 1 \times 0,82 = 0,82$$

$$K_p (P_x) = 1 \times 1 \times 1 \times 1 = 1$$

$$P_z = 10 \times 300 \times 0,831,0 \times 0,40,75 \times 101,79 \times 0,15 \times 0,93 = 1052,17 \text{ Н}$$

$$P_y = 10 \times 243 \times 0,830,9 \times 0,40,6 \times 101,79 \times 0,3 \times 0,82 = 413,83 \text{ Н}$$

$$P_x = 10 \times 339 \times 0,831,0 \times 0,40,5 \times 101,79 \times 0,4 \times 1 = 506,1 \text{ Н}$$

– Потужність різання, кВт, розраховується за такою формулою:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z V}{1020 \times 60}, \quad (2.10)$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{1052,17 \times 101,79}{1020 \times 60} = 1,75 \text{ кВт}$$

– Перевірка необхідної потужності електродвигуна:

$$N_{\text{ед}} = \frac{1,75 \times 0,8}{1,25 \times 0,75} = 1,493 \text{ кВт}$$

Т.к. за паспортом верстата $N_{\text{сл}} = 4 \text{ кВт}$, то ці режими різання задовольняють вимогам для поперечного точіння.

– Основний машинний час для токарних робіт (точіння торцевої поверхні А5.1), за хв, визначається за формулою:

$$T_0 = \frac{L}{n \times S_0} \times i,$$

де $i = 1$;

$$L = \frac{18}{2} \text{ мм.}$$

$$T_0 = \frac{9}{1800 \times 0,4} \times 1 = 0,014 \text{ хв.}$$

Розрахунок режимів різання для поперечного точіння (Z5.2) $\varnothing 30$
 $t = 0,53 \text{ мм}$ – вибираємо із розрахунку.

– Подача для чорного струму:

$$S_{\text{табл}} = 0,3 \div 0,4 \text{ мм/об};$$

Приймаємо $S_{\text{прин}} = 0,4 \text{ мм/об}$.

– Швидкість різання при зовнішньому поздовжньому та поперечному точінні та розточуванні, в м/хв, розраховують за формулою:

$$V_{\text{розрахунок}} = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_v,$$

$$K_v = 0,98 \times 0,8 \times 0,65 = 0,5096$$

$$V_{\text{розрахунок}} = \frac{350}{50^{0,2} \times 0,53^{0,15} \times 0,4^{0,35}} \times 0,5096 = 123,63 \text{ м/хв}$$

– Частота обертання шпинделя або заготівлі, об/хв, визначається за формулою:

$$n_{\text{розрахунок}} = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 123,63}{3,14 \times 30} = 1312,42 \text{ об/хв}$$

За паспортом верстата вибираємо $n_{\text{прин}} = 1120 \text{ об/хв}$.

Коригуємо швидкість різання внаслідок зміни частоти обертання шпинделя:

$$V_{\text{прин}} = \frac{\pi \times D \times n}{1000} = \frac{3,14 \times 30 \times 1120}{1000} = 105,4 \text{ м/хв}$$

– Силу різання в Н визначають за формулою:

$$P_{z, y, x} = 10 \times C_p \times t_x \times S_y \times V_n \times K_p,$$

де (P_z) $З p = 300$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = -0,15$;

(P_y) $З p = 243$; $x = 0,9$; $y = 0,6$; $n = -0,3$;

(P_x) $З p = 339$; $x = 1,0$; $y = 0,5$; $n = -0,4$;

Поправочний коефіцієнт K_p визначається за формулою:

$$K_p = K_{mp} \times K_{\phi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{rp} ,$$

До $\phi p = 1,0$ (P_z); $= 1,0$ (P_y); $= 1,0$ (P_x);

До $p = 1,0$ (P_z); $= 1,0$ (P_y); $= 1,0$ (P_x);

До $p = 1,0$ (P_z); $= 1,0$ (P_y); $= 1,0$ (P_x);

До $r p = 0,93$ (P_z); $= 0,82$ (P_y); $= 1,0$ (P_x);

$$K_p (P_z) = 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,93 = 0,93$$

$$K_p (P_y) = 1 \times 1 \times 1 \times 0,82 = 0,82$$

$$K_p (P_x) = 1 \times 1 \times 1 \times 1 = 1$$

$$P_z = 10 \times 300 \times 0,531,0 \times 0,40,75 \times 105,4-0,15 \times 0,93 = 148,44 \text{ Н}$$

$$P_y = 10 \times 243 \times 0,530,9 \times 0,40,6 \times 105,4-0,3 \times 0,82 = 68,04 \text{ Н}$$

$$P_x = 10 \times 339 \times 0,531,0 \times 0,40,5 \times 105,4-0,4 \times 1 = 66,93 \text{ Н}$$

– Потужність різання, кВт, розраховується за такою формулою:

$$N_{рез} = \frac{P_z V}{1020 \times 60},$$

$$N_{рез} = \frac{148,44 \times 105,54}{1020 \times 60} = 0,32 \text{ кВт}$$

– Перевірка необхідної потужності електродвигуна:

$$N_{ед} = \frac{0,32 \times 0,8}{1,25 \times 0,75} = 0,27 \text{ кВт}$$

Т.к. за паспортом верстата $N_{ед} = 4$ кВт, то ці режими різання задовольняють вимогам для поперечного точення.

– Основний машинний час для токарних робіт (точення торцевої поверхні А5.2), за хв, визначається за формулою:

$$T_o = \frac{L}{n \times S_o} \times i ,$$

$$L = \frac{D-d}{2} = \frac{30-18}{2} = 6 \text{ мм.}$$

$$T_o = \frac{6}{1120 \times 0,4} \times 1 = 0,013 \text{ хв.}$$

Розрахунок технічної норми часу на операцію 005.

Норма штучного часу, за хв., визначається за формулою:

$$T_{шт} = T_o + T_b + T_o + T_{орг},$$

де T_o – основний (машинний) час для токарної операції 015, в хв., визначається за формулою:

$$T_o = \sum T = 0,033 + 0,014 + 0,013 = 0,06 \text{ хв.}$$

T_b - допоміжний час, в хв, складається з витрат часу на окремі прийоми:

$$T_b = T_{y.c} + T_{з.о} + T_{уп} + T_{из},$$

Де $T_{y.c}$ - час на встановлення та зняття деталі, в хв. = 0,06 хв.;

$T_{з.о}$ - час на закріплення та відкріплення деталі, в хв. = 0,024 хв.;

$T_{уп}$ - час прийоми управління, в хв. = 0,01 + 0,04 + 0,025 = 0,075 хв.;

$T_{из}$ - час на вимірювання деталі, хв. = 0,03 + 0,16 = 0,19 хв.

$$T_b = 0,06 + 0,024 + 0,075 + 0,19 = 0,349 \text{ хв.}$$

$T_{об}$ – час обслуговування робочого місця, в хв, складається з часу на організаційне обслуговування

$$T_{об} = T_{тех} + T_{орг}, \quad (2.11)$$

де $T_{тех}$ - час на технічне обслуговування робочого місця, в хв. визначається за такою формулою:

$$T_{тех} = T_o \times P_{тех} / T, \quad (2.12)$$

Де $P_{тех}$ – витрати на технічне обслуговування робочого місця у відсотках від основного, % = 4%;

T – період стійкості під час роботи одним інструментом, в хв.

$$T_{тех} = 0,06 \times 4/50 = 0,048 \text{ хв.}$$

$T_{орг}$ – час на організаційне обслуговування робочого місця, у хв визначається як:

$$T_{орг} = T_{оп} \times P_{орг}, \quad (2.13)$$

де $T_{оп}$ - оперативний час, знаходиться як сума основного і допоміжного часу, в хв.;

$P_{орг}$ – витрати на організаційне обслуговування робочого місця, % = 4% = 1,4%.

$$T_{орг} = (0,06 + 0,349) \times 1,4\% = 0,0058 \text{ хв.}$$

$$T_{об} = 0,048 + 0,0058 = 0,0538 \text{ хв.}$$

$T_{от}$ - час перерв на відпочинок та особисті потреби, за хв, при нормуванні знаходиться:

$$T_{от} = T_{оп} \times \Pi_{от}, \quad (2.14)$$

Де $\Pi_{от}$ - витрати часу на відпочинок, у % = 6%.

$$T_{от} = 0,409 \times 6\% = 0,024 \text{ хв.}$$

$$T_{шт} = 0,06 + 0,349 + 0,0538 + 0,024 = 0,4868 \text{ хв}$$

Розрахунок режимів різання для операції 025.

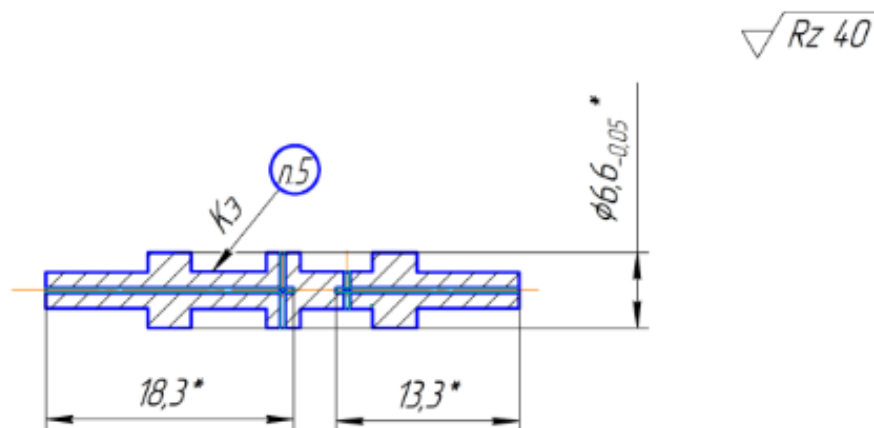


Рисунок. 4.2. Ескіз операції 025 - свердлильного.

- Глибина різання t , мм, визначається за формулою:

$$t = 0,5 \times D,$$

де D – діаметр отвору, мм.

$$t = 0,5 \times 8 = 4 \text{ мм}$$

Вибираємо максимально допустиму по міцності свердла подачу;

$$S = 0,25 \text{ мм/об (за паспортом верстата } S = 0,25 \text{ мм/об)}$$

– Швидкість різання V , мм визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_v,$$

Де $C_v = 9,8$; $q = 0,4$; $y = 0,5$; $m = 0,2$;

T - період стійкості, хв $T = 25$;

K_v – загальний поправочний коефіцієнт швидкості різання.

$$K_v = K_{mv} \times K_{iv} \times K_{lv},$$

Де K_{mv} - коефіцієнт на оброблюваний матеріал, 0,98;

K_{iv} - Коефіцієнт на інструментальний матеріал, 0,8;

K_{lv} - Коефіцієнт, що враховує глибину різання, 1 .

$$K_v = 0,98 \times 0,8 \times 1 = 0,5096$$

$$V = \frac{9,8 \times 8^{0,4}}{25^{0,2} \times 0,25^{0,5}} \times 1,104 = 26,11 \text{ м/хв}$$

– Частота обертання інструмента, об/хв, визначається за формулою:

$$n_{\text{прозрахунок}} = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 26,11}{3,14 \times 8} = 1039,42 \text{ об/хв}$$

За паспортом верстата вибираємо $n_{\text{прин}} = 750$ об/хв.

Коригуємо швидкість різання внаслідок зміни частоти обертання шпинделя:

$$V_{\text{пр}} = \frac{\pi \times D \times n}{1000} = \frac{3,14 \times 8 \times 1100}{1000} = 27,632 \text{ м/хв}$$

- Крутний момент $M_{\text{кр}}$, Н-м і осьова сила P_o , Н, визначаються за формулами:

$$M_{\text{кр}} = 10 \times C_m \times D_q \times S_y \times K_p,$$

$$P_o = 10 \times C_p \times D_q \times S_y \times K_p,$$

де $C_m = 0,0345$; $q = 2$; $y = 0,8$;

$$C_p = 68$$
; $q = 1,0$; $y = 0,7$;

K_p - коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки; $K_p = K_{\text{мр}}$,

Де $K_{\text{мр}}$ - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості матеріалу, що обробляється на силові залежності:

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n,$$

де σ_B - межа міцності оброблюваного матеріалу, 760 мПа;

n - показник ступеня, = 0,75.

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{760}{750} \right)^{0,75} = 1$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \times 0,0345 \times 82 \times 0,250,8 \times 1 = 5,7 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$P_o = 10 \times 68 \times 81 \times 0,250,7 \times 0,6 = 1236,82 \text{ Н}$$

– Потужність різання N_e , Вт, визначається за формулою:

$$N_e = \frac{M_{\text{кр}} \times n}{9750} = \frac{5,7 \times 1100}{9750} = 0,64 \text{ кВт}.$$

– Перевірка необхідної потужності електродвигуна:

$$N_{\text{ед}} = \frac{0,64 \times 0,8}{1,25 \times 0,75} = 0,55 \text{ кВт}$$

Т.к. за паспортом верстата (2Н118) $N_{\text{ел}} = 1,5 \text{ кВт}$, то ці режими різання задовольняють вимогам для поперечного точення.

Розрахунок технічної норми часу на операцію 045.

Норма штучного часу, за хв., визначається за формулою

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_v + T_o + T_{\text{ой}},$$

Де T_o - основний (машинний) час для свердлувальних робіт (свердління напрохід), в хв, визначається за формулою:

$$T_o = \frac{L}{n \times S_o} \times i,$$

де i - Число проходів інструменту, = 1

L - розрахункова довжина робочого ходу інструменту, прийнята визначення основного (технологічного) часу, в хв, визначається за формулою:

$$L = l + l_1 + l_2,$$

де l - довжина оброблюваної поверхні, мм.;

$$l_1 + l_2 = 5;$$

$$L = 18 + 5 = 23 \text{ мм.}$$

$$T_o = \frac{23}{750 \times 0,25} \times 1 = 0,123 \text{ хв.}$$

T_v - допоміжний час, в хв, складається з витрат часу на окремі прийоми:

$$T_v = T_{y.c} + T_{z.o} + T_{yn} + T_{iz},$$

Де $T_{y.c}$ - час на встановлення та зняття деталі, в хв. = 0,068 хв.;

$T_{z.o}$ - час на закріплення та відкріплення деталі, в хв. = 0,03 хв.;

T_{yn} - час прийоми управління, в хв. = 0,01 + 0,035 + 0,05 + 0,01 = 0,105 хв.;

T_{iz} - час на вимірювання деталі, хв. = 0,06 хв.

$$T_v = 0,068 + 0,03 + 0,105 + 0,06 = 0,263 \text{ хв.}$$

$T_{об}$ - час обслуговування робочого місця, в хв, складається з часу на організаційне обслуговування:

$$T_{об} = T_{\text{тех}} + T_{\text{орг}},$$

де $T_{\text{тех}}$ - час на технічне обслуговування робочого місця, в хв. визначається за такою формулою:

$$T_{\text{тех}} = T_o \times \Pi_{\text{тех}} / T,$$

де $P_{\text{тех}}$ - Витрати технічне обслуговування робочого місця у відсотках від основного, в $\% = 4\%$;

T – період стійкості під час роботи одним інструментом, в хв.

$$T_{\text{тех}} = 0,123 \times 4/50 = 0,01 \text{ хв.}$$

$T_{\text{орг}}$ – час на організаційне обслуговування робочого місця, у хв визначається як:

$$T_{\text{орг}} = T_{\text{оп}} \times P_{\text{орг}},$$

де $T_{\text{оп}}$ - оперативний час, знаходиться як сума основного і допоміжного часу, в хв.;

$P_{\text{орг}}$ - Витрати на організаційне обслуговування робочого місця, в $\%$

$$T_{\text{орг}} = (0,123 + 0,263) \times 1\% = 0,0037 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{об}} = 0,01 + 0,0037 = 0,0137 \text{ хв.}$$

$T_{\text{ой}}$ - час перерв на відпочинок та особисті потреби, за хв, при нормуванні знаходиться:

$$T_{\text{от}} = T_{\text{оп}} \times P_{\text{от}},$$

Де $P_{\text{от}}$ - витрати часу на відпочинок, у $\%$, $= 7\%$.

$$T_{\text{от}} = 0,386 \times 7\% = 0,027 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{шт}} = 0,123 + 0,263 + 0,0137 + 0,027 = 0,427 \text{ хв.}$$

2.5 Технологічні розрахунки цеху виробництва золотника

2.5.1 Розрахунок кількості обладнання

Устаткування цеху підрозділяється на основне виробниче, додаткове виробниче і допоміжне.

До основного належить обладнання, на якому виконуються технологічні процеси по виготовленню виробів. До додаткового – обладнання, що має підсобне призначення для виконання технологічних операцій або службове для оснащення робочих місць. До допоміжного відноситься обладнання майстерні механіка цеху з ремонту пристосувань.

Загальна кількість основного технологічного устаткування цеху визначається як сума одиниць окремих видів обладнання, необхідного для виготовлення всієї номенклатури одиниць цеху.

Розрахункова кількість однотипного обладнання визначається за формулою

$$I_{\text{РОЗР}} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{ij} * N_{\text{ЗАП}j}}{\Phi_{\partial i} * K_{\text{ОДН}} * K_{\text{ВН}} * K_{\text{ВИК}}}, \quad (2.1)$$

де t_{ij} – трудомісткість виробу на i -операцію;

$N_{\text{ЗАП}}$ – програма випуску;

$\Phi_{\partial i}$ – річний дійсний фонд часу роботи обладнання;

$K_{\text{ОДН}}$ – кількість одночасно працюючих на одному робочому місці;

$K_{\text{ВИК}}$ – коефіцієнт використання обладнання, $K_{\text{ВИК}}=0,85$;

$K_{\text{ВН}}$ – коефіцієнт виконання норм, $K_{\text{ВН}}=1,1$.

Кількість робочих днів у році

$$N_{\text{РОБ.ДН.}} = 365 - 105 = 260 \text{ днів.}$$

Режимний річний фонд часу роботи робітників

$$\Phi_{\text{Р}} = 260 \times 8 = 2080 \text{ (годин).}$$

Результати розрахунку кількості основного обладнання цеху наведено в табл. 2.9, 2.10.

Режимний річний фонд часу роботи обладнання при роботі в одну зміну і 40-годинному робочому тижні: $\Phi_{\text{Р}} = 2080$ (годин).

Дійсний річний фонд

$$\Phi_{\text{Д}} = \Phi_{\text{Р}} \times (1 - 0,01 \times a), \quad (2.2)$$

де a – плановий відсоток втрат часу.

Коефіцієнт завантаження обладнання

$$K_{\text{З}} = \frac{\sum_{i=1}^m C_{\text{РОЗР}}}{\sum_{i=1}^m C_i}, \quad (2.3)$$

де $C_{\text{РОЗР}}$ – розрахункова кількість обладнання;

C_i – прийнята кількість устаткування.

Середній $K_{\text{З}} = 0,76$.

Таблиця 2.9 – Кількість обладнання ділянки токарної обробки

№ п/п	Найменування обладнання	Трудомісткість на одиницю обладнання, люд.×хв	$k_{\text{ОДН}}$	$\Phi_{\text{Д}}$	Кількість обладнання		$K_{\text{З}}$
					розрахункове	прийняте	
1	Стрічково-пиляльний верстат МИТЬ-1-02	1545,2	1	2030	0,7	1	0,90

2	Токарно-гвинторізний верстат 95ТС-1	1503,4	1	2030	0,8	1	0,80
3	Настільно-свердлильний верстат 2Н106П	4875	1	2030	3,1	2	0,8
4	Ванна УЗВ	4204	1	2030	2,7	2	0,8
№ п/п	Найменування обладнання	Трудомісткість на одиницю обладнання, люд.×хв	k _{одн}	Фд	Кількість обладнання		K _з
					розрахункове	прийняте	
5	Точильно-шліфувальний верстат 3К634	4508	1	2030	2,95	1	0,99
6	Токарно-добробний верстат ТДС-73	4508	1	2030	2,95	1	0,98

Таблиця 2.10 – Кількість обладнання шліфувальної ділянки

№ п/п	Найменування обладнання	Трудомісткість на одиницю обладнання, люд.×хв	k _{одн}	Фд	Кількість обладнання		K _з
					розрахункове	прийняте	
1	Безцентрово-шліфувальний напівавтомат 3М182А	1545,2	1	2030	0,75	1	0,75
2	Плоско-шліфувальний верстат 3Г71М	1462,1	1	2030	0,68	1	0,68
3	Кругло-шліфувальний верстат 3М151	1385,6	1	2030	0,35	1	0,35

4	імпульсно-компресійний детонаційний	1680,7	1	2030	0,53	1	0,53
---	-------------------------------------	--------	---	------	------	---	------

Таблиця 2.11 – Кількість обладнання для термообробки

№ п/п	Найменування обладнання	Трудомісткість на одиницю обладнання, люд.×хв	k _{одн}	Ф _д	Кількість обладнання		K _з
					розрахункове	прийняте	
1	Піч вакуумна СЭВЗ,3/11,5	1545,2	1	2030	0,75	1	0,75
2	Установка холодильна УТИ 100Х-1/-75	829,5	1	2030	0,55	1	0,55
3	Піч електрична СНО 5.5.5/4	750	1	2030	0,30	1	0,30
4	Піч електрична СНОЛ-3,5	819,2	1	2030	0,30	1	0,35

2.5.2 Розрахунок кількості працюючих в цеху

Кількість основних робітників цеху, зайнятих на нормованих роботах, розраховується за професіями і розрядами, виходячи з трудомісткості виготовлення виробу, і визначається за формулою

$$n_{\text{розр}} = \frac{\sum_{i=1}^8 t_i \times N}{\Phi_{\text{д}}^{\text{роб}} \times K_{\text{вн}}},$$

де t_i – трудомісткість робіт на один комплект, нормо-год.;

N – програма випуску, шт.;

$\Phi_{\text{д}}^{\text{роб}}$ – дійсний річний фонд часу робочого, год.;

$K_{\text{вн}}$ – середній коефіцієнт виконання норм, $K_{\text{вн}}=1,1$.

Результати розрахунку кількості виробничих робітників наведено в табл. 2.12.

Таблиця 2.13 – Кількість виробничих робітників

Професія	Розряд	Розрахована кількість робітників	Прийнята кількість робітників
Токар	3–5	12,7	13
Слюсар механозбірних робіт	3–5	4,3	4
Майстер-шліфувальник	3–5	4,7	5
Терміст	3...4	6,7	7
Професія	Розряд	Розрахована кількість робітників	Прийнята кількість робітників
Слюсар-інструментальник	3...4	5.8	6
Гальванік	3–5	13,3	14
Контролер-лаборант	3...4	6	6
Разом по цеху			55

Прийнята кількість допоміжних робочих, керівників, фахівців наведено в таблиці 2.14

Таблиця 2.14 – Кількість фахівців

№ п/п	Найменування професії	Кількість
1	Наладчик унікального обладнання	2
2	Слюсар по обслуговуванню обладнання	3
3	Електромонтер	4
4	Слюсарі з ремонту обладнання	2
5	Верстатник по ремонту обладнання	1
6	Комірник комори	1
7	Механік цеху	3
8	Слюсар ПРИН	2
9	Станочник ПРИН	1
10	Комірник ІКА	1
11	Роздавальник креслень	2
12	Комірник із складів	1
13	Підготовник	3
14	Транспортний робочий	2
15	Прибиральник	3
16	Контролер	6
17	Всього	37

Розрахунок штату керівників, фахівців наведено у табл. 2.15 – 2.16.

Таблиця 2.15 – Допоміжні працівники

Підрозділ	Посада	Кількість робітників
Бухгалтерія цеху	Головний бухгалтер	1
Підготовка виробництва	Архіваріус	1
Загальне обслуговування	Завгосп	1
Всього		3

Таблиця 2.16 – Керівний склад

Підрозділ цеху	Посада	Кількість робітників
Керівний склад	Начальник цеху	1
	Заступник начальника цеху з виробництва	1
	Заступник начальника цеху з підготовки виробництва	1
Виробництво	Старший майстер з термообробки	1
	Старший майстер відділення токарної обробки	1
	Старший майстер відділення шліфовки	1
	Змінний майстер	5
Підготовка виробництва	Начальник технічного бюро	1
	Технолог	6
	Конструктор з інструменту	1
	Майстер ПРИМ	1
	Завідуючий ІРК	1
	Інженер з обслуговування ЕОМ	1
	Програміст	3
Оператор ЕОМ	1	
Планово-диспетчерське бюро	Начальник ПДБ	1
	Планувальник	4
	Диспетчер	1
Бюро нормування	Начальник БНТ	1
	Нормувальник	2
Бюро технічного контролю	Начальник БТК	1
	Контрольний майстер	2
Група механіка цеху	Механік цеху	1
	Майстер з обладнання	1

Всього		39
--------	--	----

Висновок

В даній роботі розглянуто виріб “золотник” також розроблена маршрутна карта, розподіл технологічного процесу по етапно за видами обробки, визначення маршруту окремих поверхонь деталі, шорсткості та точності обробки також є розрахунок режимів різання. Виконан розрахунок кількості обладнання та робітників для цеху віиробництва деталі “золотник”.

За своєю конструкцією деталь є досить технологічною. Основними поверхнями є такі поверхні з допусками . Інші не зазначені поверхні є допоміжними.

Виготовлені, шляхом механічної обробки, поверхні мають необхідну та достатню точність та шорсткість поверхонь. Це забезпечує точну роботу у вузлі.

Для виготовлення деталі використовується Нержавіюча сталь 95 ГОСТ 1050-88, яка вживається повсюдно. Вона має високу стійкість до стирання і зберігає свої властивості при обробці. М еханічні деталі з даного матеріалу можуть використовуватися в інтенсивно працюючих механізмах під високим навантаженням.

Впроваджена технологія термоімпульсного методу має забезпечити управління теплообміном за рахунок управління годиною дії та інтенсивністю ударних хвиль, які утворюються додатковим генератором. Досягнута робоча частота його роботи дозволяє генерувати до 100 ударних хвиль за секунду, що може не тільки вирішити проблему обробки важкооброблюваних матеріалів (жароміцних сплавів, нержавіючих сталей та ін.), а й забезпечити таку обробку при суттєвому зниженні початкового тиску суміші, а для ряду металів використовувати як окислювач повітря, що суттєво спрощує обладнання та робить його експлуатацію значно безпечнішою.

3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Техніко-економічна оцінка результатів досліджень

Розрахунок техніко-економічних показників проведених досліджень та методів інженерних розрахунків необхідно проводити не тільки з врахуванням економічного ефекту від впровадження нового обладнання або технології, але і враховувати результати досліджень з обґрунтування структурних параметрів технічного стану деталей та їх нормування, що дає можливість визначити дійсний роботоздатний стан агрегату або деталі, уникнути необґрунтованих вібракувань об'єктів виготовлення. Економічна оцінка проектних рішень розраховується з врахуванням показників надійності золотників робочим об'ємом гідронасосу ПН-90, на основі яких визначається технічний, їх дійсний технічний стан та удосконалюється технологія та організація виробничого процесу з їх виробництва. Техніко-економічну оцінку виконаних дій будемо визначати з урахуванням того, що в процесі технічного переозброєння будівельні роботи не велися, а капітальні вкладення визначаються вартістю придбаного обладнання.

$$N_3 = 1800 \text{ прим};$$

$$NM_{\text{коло}} = 0,3 \text{ кг};$$

$$ЦМ_{\text{коло}} = 269,2 \text{ грн/кг};$$

Вартість основних матеріалів, витрачених на виготовлення виробу, визначається за такою формулою:

$$PM = NM \cdot ЦМ(1+НТ/100), \quad (3.1)$$

де: PM – витрати на сировину та матеріали, NM – маса виробу, $ЦМ$ – вартість матеріалу, $НТ$ – технічні немінучі витрати

$$PM_{\text{коло}} = 0,3 \cdot 269,2 (1+2/100) = 1470,58 \text{ грн},$$

Основну заробітну плату виробничих робітників для виробу обчислюють за такою формулою:

$$T_{\text{сум}} = T \cdot СНС, \quad (3.3)$$

де $СНС$ - середня годинна ставка, T - трудомісткість виготовлення виробу.

$$СГС = \sum(ЧПР \cdot НС) / \sum ЧПР, \quad (3.4)$$

Таблиця 3.1 – Посадові оклади та єдина тарифна сітка

Тарифний розряд	Тарифний коефіцієнт	Посадові оклади		
		2021		2022
		грудень	січень - вересень	листопад - грудень
1	1	2893	2893	2982
2	1,09	3153	3153	3250
3	1,18	3414	3414	3519
4	1,27	3674	3674	3787
5	1,36	3934	3934	4056
6	1,45	4195	4195	4324
7	1,54	4455	4455	4592

Тарифна ставка листопад - грудень 2022 для токаря 4 розряду, відповідно до посадових окладів і єдиної сітки 2022:

$$3787/21/8=22,54 \text{ нормогодин}$$

Таблиця 3.2 – Дані для розрахунку середнього розряду та середньогодинної ставки основних робітників

Розряд робіт, Р	Кількість робочих, ЧПР чол.	Годинна ставка ЧС, грн./ нормо-г	Р · ЧПР	ЧПР · НС
Токар	13	28	52	364
Слюсар механозбірних робіт	4	28	16	112
Майстер-шліфувальник	5	28	20	140
Терміст	7	28	28	196
Слюсар-інструментальник	6	28	24	168
Гальванік	14	28	56	392
Контролер-лаборант	6	28	24	168
Всього:	55	X	220	1540

$$\text{ЧС} = 22,54 \cdot 1,27 = 28,46 \approx 28$$

$$\text{СЧС} = (55 \cdot 28)/55 = 28 \text{ грн}$$

Трудомісткість – це сума річної трудомісткості основного обладнання цеху.

$$T = 2080;$$

Основну заробітну плату виробничих робітників обчислюють за формулою:

$$\text{ОЗПР} = T \cdot \text{СЧС} = 23,125 \text{ грн.} \quad (3.5)$$

Додаткову заробітну плату виробничих робітників обчислюють за формулою:

$$\text{ДЗПР} = (\text{НДО}/100) \cdot \text{ОЗПР}, \quad (3.6)$$

де коефіцієнт НДО визначає величину додаткової заробітної плати щодо основної.

$$\text{ДЗПР} = (25/100) \cdot 23,125 = 5,781 \text{ грн.}$$

Нарахування до фонду ЄСВ на заробітну плату виробничих робітників, що включається, собівартість виробу, розраховують у відсотках від ОЗПР та ДЗПР за такою формулою:

$$\text{ЄСВПР} = (\text{ОЗПР} + \text{ДЗПР}) \cdot \text{НЕСВ}/100, \quad (3.7)$$

де НЕСВ - норматив відрахувань до фонду ЄСВ

$$\text{ЄСВПР} = (23,125 + 5,781) \cdot 0,22 = 6359,32 \text{ грн.}$$

Змінні загальновиробничі витрати ПЕР, що приходять на один виріб визначають за формулами:

$$\text{ПЕР} = \text{ОЗПР} \cdot \text{НПЕР}/100, \quad (3.8)$$

$$\text{НПЕР} = \text{ДПЕР} \cdot 100/\text{ОЗПР}, \quad (3.9)$$

де ДПЕР - річні змінні загальновиробничі витрати цеху. НПЕР відповідний норматив = 40%

$$\text{ПЕР} = 23,125 \cdot 40/100 = 9250 \text{ грн.}$$

Постійні загальновиробничі витрати ПР, які припадають на один виріб визначають так:

$$\text{ПоР} = \text{ОЗПР} \cdot \text{НПОР}/100 \quad \text{НПОР} = \text{ДПОР} \cdot 100/\text{ОЗПР}, \quad (3.10)$$

де ДПЗР - річні змінні загальновиборничі витрати цеху. НПОР відповідний норматив = 45%

$$\text{ПоР} = 23,125 \cdot 45/100 = 10406 \text{ грн.}$$

Витрати на підготовку та освоєння виробів визначають нормативом від матеріальних витрат та основної зарплати виробничих робітників:

$$\text{РОП} = (\text{РМ} + \text{ОЗПР}) \cdot \text{НОП}/100, \quad (3.11)$$

де НВП - норматив витрат на підготовку та освоєння виробництва.

$$\text{РВП} = (3742,141 + 23125) \cdot 15/100 = 4029,92 \text{ грн.}$$

Виробничу собівартість розраховують за формулою:

$$\text{СПр} = \text{РМ} - \text{ВО} + \text{ОЗПР} + \text{ДЗПР} + \text{ЕСВПР} + \text{ПЕР} + \text{ПОР} + \text{РОП}, \quad (3.12)$$

Усі доданки були знайдені вище.

$$\begin{aligned} \text{СПр} &= 3742,141 - 285,75 + 23125 + 5781 + 6359,32 + 9250 + 10406 + 4029,92 \\ &= 62407,631 \text{ грн.} \end{aligned}$$

3.2 Визначення повної собівартості одиниці виробу

Повна собівартість виробу розраховується за трьома складовими:

$$\text{СПО} = \text{СПр} + \text{АР} + \text{РС}, \quad (3.13)$$

де АР – адміністративні витрати підприємства, РС - витрати пов'язані зі збутом виробів покупцем. Адміністративні витрати розраховують за нормативами НА від основної зарплати виробничих працівників.

$$\text{АР} = \text{ОЗПР} \cdot \text{НА}/100, \quad (3.14)$$

$$\text{АР} = 23125 \cdot 15/100 = 3468,75 \text{ грн.}$$

Витрати на збут розраховують за нормативом СР від виробничої собівартості виробу:

$$\text{РС} = \text{СПр} \cdot \text{НС}/100, \quad (3.15)$$

$$\text{РС} = 66743,311 \cdot 1,5/100 = 1001,149 \text{ грн.}$$

$$\text{СПО} = 62407,631 + 3468,75 + 1001,149 = 66877,53 \text{ грн.}$$

Після розрахунку повної собівартості виробу необхідно назначити планову оптову ціну на виріб без податку на додану вартість.

Розрахунок собівартості та призначення ціни слід також представити у вигляді таблиці.

Таблиця 3.3 – Собівартість і ціна виробу

Найменування показників	Розмір, грн.
Витрати на сировину та матеріали	3742,141
Основна зар. плата виробничих робітників	23125
Додаткова пара. Плата виробничих робітників	5,781
Нарахування до фонду ЄСВ на заробітну плату виробничих робітників	6359,32
Змінні загальновиробничі витрати	9250
Постійні загальновиробничі витрати	10406
Витрати на підготовку та освоєння виробництв	4029,92
Разом: Виробнича собівартість	62407,631
Адміністративні витрати	3468,75
Витрати на продаж	1001,149
Разом: повна собівартість	66877,53
Найменування показників	Розмір, грн.
Ціна виробу (оптова)	70000

Висновки з розділу 3

Проведені розрахунки техніко-економічної ефективності з впровадження технології виготовлення гідророзподільників з впровадженням структурних параметрів технічного стану деталей показують, що при запланованій програмі випуску 1800 агрегатів на рік рівень рентабельності становить 44,8 %, загальний прибуток становить 206173,9грн., а строк окупності матеріальних витрат 1,2 роки, що вказує на доцільність проведених досліджень .

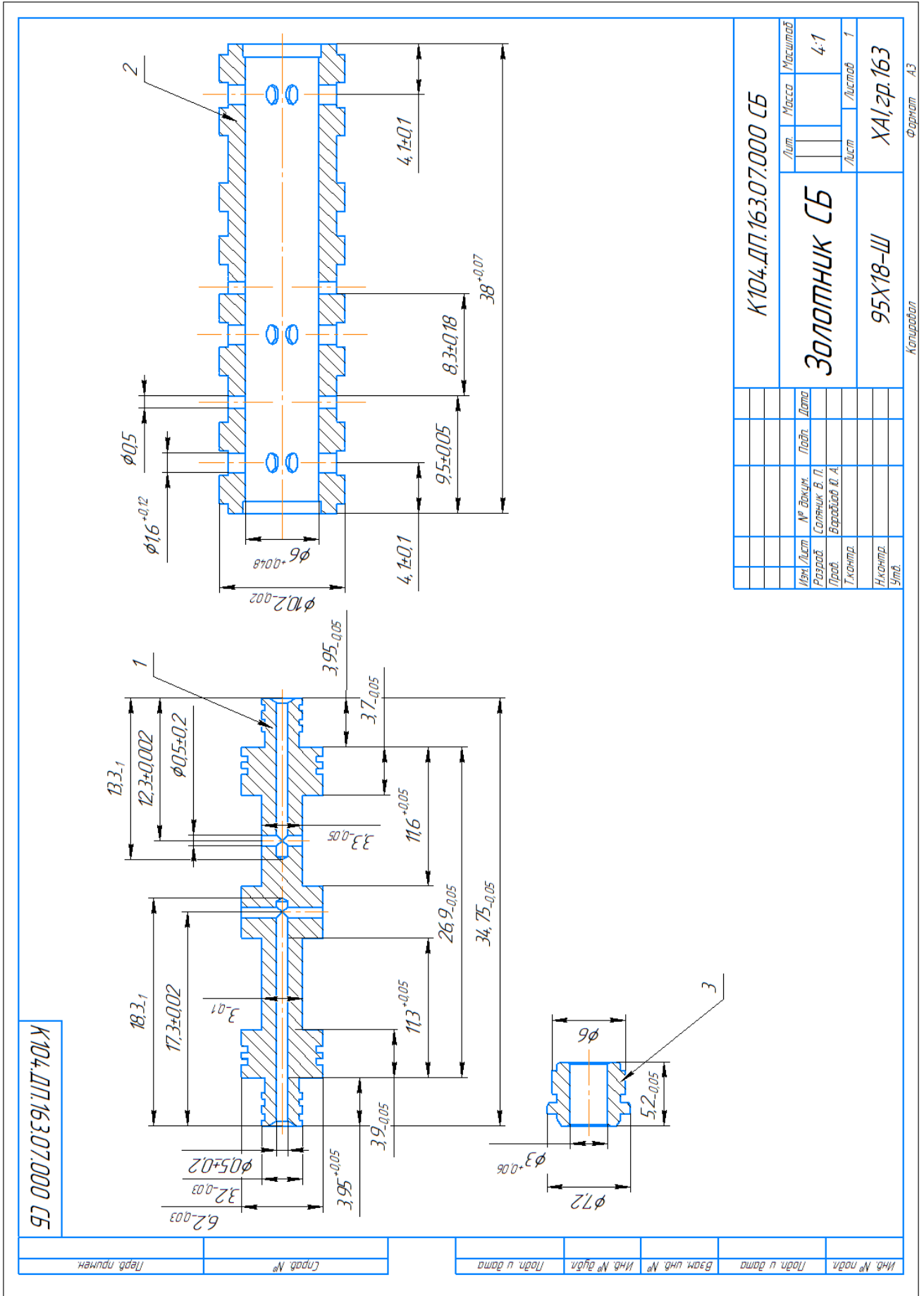
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аксенов А. Ф. Износостойкость авиационных топливно-гидравлических агрегатов [Текст] / А. Ф. Аксенов, В. Н. Лозовский – М.: Транспорт, 1986. – 240 с.
2. Основні положення повітряного кодексу України та норм льотної придатності літаків транспортної категорії – Навч. посібник / Є. Т. Василевський, В. А. Гребеніков, В. Н. Ніколаєнко – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «ХАІ», 2006. – 322 с.
3. Состояние проблемы промышленной чистоты машин и механизмов – Навч. посібник / А. В. Лосев, И. В. Бычков, А. М. Григорович, Н. И. Бычков – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «ХАІ», 2017 – 67 с.
4. Жданов, А. А. Обзор достижений в области термоимпульсных и термохимических отделочно-очистных технологий. [Текст] / А. А. Жданов, А. В. Лосев // Вопросы проектирования и производства летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аерокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 37 (2) – Х., 2004. – С. 109–118.
5. Розробка технологій та технічних рішень для автоматизованих промислових установок прецизійної обробки деталей агрегатів гтд детонуючими газовими сумішами - звіт про науково-дослідну роботу / О. Шипуль С. Планковський - Х.: Нац. Аерокосм. Ун-т "ХАІ" 2020 р. - 322 с.
6. Розроблення автоматизованого комплексу для прецизійного термоімпульсного оброблення детонувальними газовими сумішами: наукові матеріали [Текст] : монографія / С. І. Планковський, О. В. Шипуль, Є. В. Цегельник, О. В. Трифонов, К. В. Коритченко, О. О. Баранов, Ю. О. Сисоєв, В. О. Гарін, Є. О. Аксьонов, В. В. Комбаров, С. О. Заклінський ; за ред. С. І. Планковського. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2020. – 318 с.
7. Агрегаты гидроприводов сельскохозяйственной техники. Технические требования на капитальный ремонт [Текст] / - М.: ГОСНИТИ, 1981 - 160 с
8. Башта Т. М. Объемные насосы и гидравлические двигатели гидросистем. [Текст] / Т. М. Башта - М.: Машиностроение, 1974.-606 с.
9. Лозовский В.Н. Схватывание в прецизионных парах трения. [Текст]./ В. Н. Лозовский - М.: Наука, 1972.-83с.
10. Воронов С. А. Исследование изменений стыкового зазора в распределительном узле аксиально-поршневой гидромашины [Текст] / С.А. Воронов, А. Н. Густомясов, А. Ю. Рыбаков, Е. П. Тетерин // Известия ВУЗов. Машиностроение. 1987. №10. С.77 81.

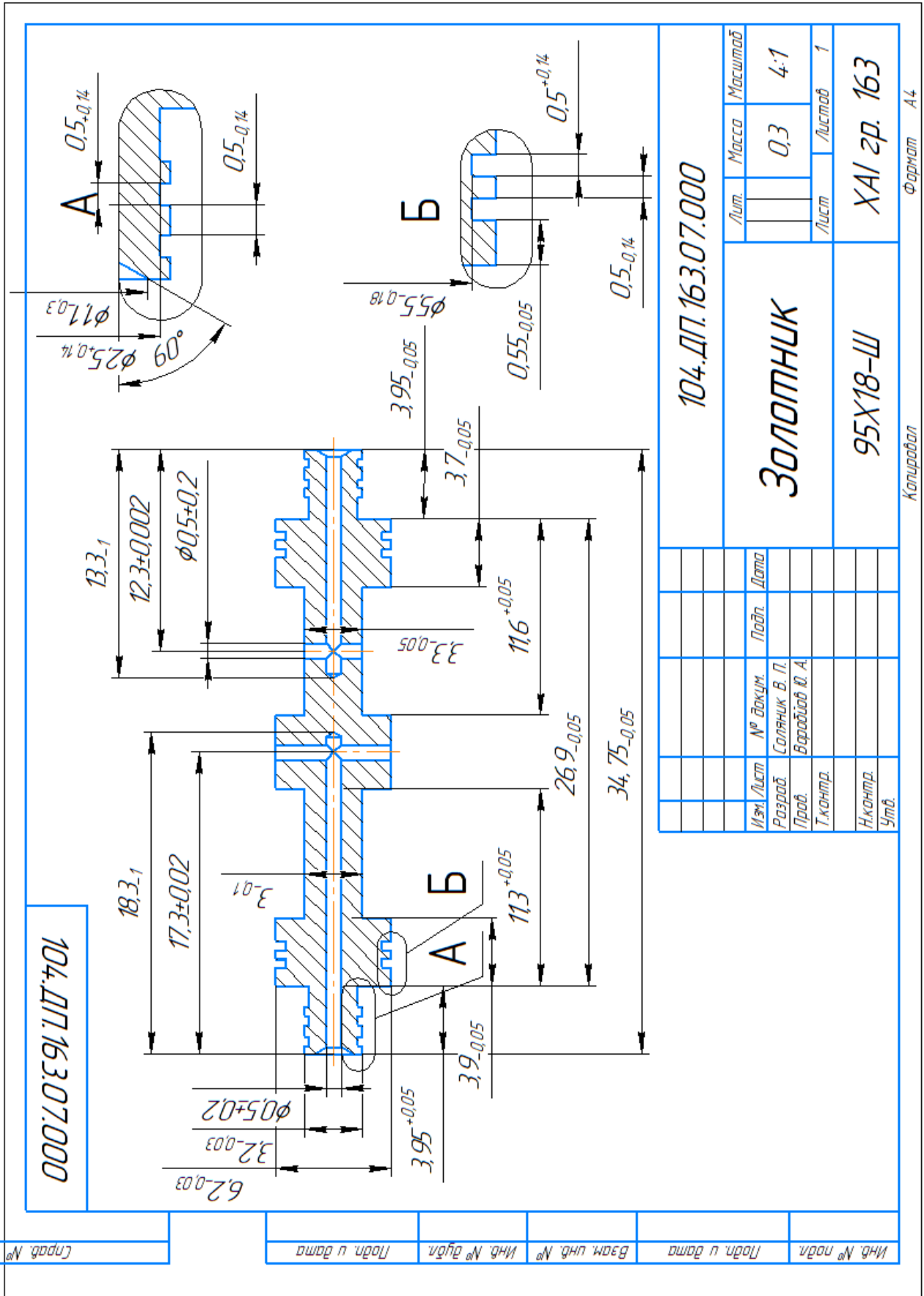
11. Башта Т. М. Надёжность гидравлических систем воздушных судов. [Текст] / Т. М. Башта, В. Д. Бабанская - М.: Транспорт, 1986.-279 с.
12. Харламов, Ю. А. "Развитие детонационно-газовых технологий." Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля 7 (2017): 114-132.
13. Економіка підприємства : підручник / за ред. С. Ф. Покропивного. Київ: КНЕУ, 2006. 528 с.
14. Набатов А. С. Технологічне проектування ділянок та цехів: навч. посібник з курсів. та диплом. проектування – Х.: Нац. аерокосм. унів-т, «ХАІ», 2003. – 81 с.
15. ДБН В.2.2-28:2010 Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення. – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010 – 245 с
16. Тихомиров В.А. Основи проектування літакобудівних заводів та цехів. – М.: Машинобудування, 1975.
17. Точилин П. В., Сагателян Г. Р., Назаров Ю. Ф. Методика расчета экономической эффективности внедрения наукоемких технологий // Новые технологии XXI века. 2001. № 1. С. 29–34.
18. Воробйов, Ю. А. Правила оформлення навчальних і науково-дослідних документів [Текст] : навч. посіб. / Ю. А. Воробйов, Ю. О. Сисоєв. – 4-те вид., випр. і доп. - Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. С. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2019. – 88 с.

ДОДАТКИ

Додаток А - Складальні креслення золотникової пари



Додаток Б – Креслення золотника.



104.ДП.163.07.000

104.ДП.163.07.000		Лист	Масса	Масштаб
Золотник			0,3	4:1
95X18-Ш		Лист	Листов 1	
		ХАІ зр. 163		

Формат А4

Копирдан

Инд. № подл.

Подп. и дата

Взам. инд. №

Инд. № дубл.

Инд. № подл.

Подп. и дата

Додаток В – Планування цеху виробництва золотника

