

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет літакобудування

Кафедра технології виробництва літальних апаратів

Пояснювальна записка

ДО дипломної роботи
(тип кваліфікаційної роботи)
магістра
(освітній ступінь)

на тему: «Технологічна підготовка виробництва корпусних деталей
гідроагрегатів систем пасажирського літака»

XAI.104.163.23O.134.1801046 ПЗ

Виконав: здобувач(ка) 2 курсу групи № 163
Галузь знань 13 «Механічна інженерія»
(код та найменування)

Спеціальність 134 «Авіаційна та ракетно-
космічна техніка»
(код та найменування)

Освітня програма «Технології виробництва та
ремонті літальних апаратів»
(найменування)

Кальницька Анна Олександрівна

(прізвище та ініціали здобувача (ки))

Керівник: Ігор БИЧКОВ
(ім'я та прізвище)

Рецензент: Юрій ЧОРНИЙ
(ім'я та прізвище)

Харків – 2024

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет _____ літакобудування _____

Кафедра _____ технології виробництва літальних апаратів _____

Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____

Галузь знань _____ 13 «Механічна інженерія» _____
(код та найменування)

Спеціальність _____ 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» _____
(код та найменування)

Освітня програма _____ «Технології виробництва та ремонту літальних апаратів» _____
(найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Катерина МАЙОРОВА _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

«_____» _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

_____ Кальницька Анна Олександрівна _____

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема кваліфікаційної «Технологічна підготовка виробництва корпусних деталей гідроагрегатів систем пасажирського літака»

керівник кваліфікаційної роботи Бичков Ігор Валерійович, к.т.н., _____
с.н.с. _____

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

затверджені наказом Університету № 2036-уч від « 23 » 11 2023 року

2. Термін подання здобувачем кваліфікаційної роботи 15 січня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи матеріали переддипломної практики, складальний кресленик корпусної деталі паливної системи літака.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати)

Робота містить конструкторський розділ: конструктивно-технологічний аналіз паливної системи пасажирського літака Ан-140, розрахунок на висотність; технологічний: технологічний аналіз деталі, складання технологічного процесу, визначення режимів різання для корпусу насоса; економічний розділ: розрахунок основних техніко-економічних показників цеху; спеціальний: представлення алгоритму контурної обробки.

5. Перелік графічного матеріалу складальний кресленик схеми паливної системи Ан-140, корпус насоса ЕЦН-75Б літака Ан-140, технологічне оснащення для закріплення заготовки корпусу насоса, карата ескізів для заготовки паливного насоса ЕЦН-75Б літака Ан-140.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Конструкторський розділ	Трубаєв С.В., зав. каф.103	20.11.2023	11.01.2024
Технологічний розділ	Борисевич В.В., доцент каф.104	20.11.2023	11.01.2024
Економічний розділ	Борисевич В.В., доцент каф.104	20.11.2023	11.01.2024
Спеціальний розділ	Борисевич В.В., доцент каф.104	20.11.2023	11.01.2024

Нормоконтроль _____ Ігор БИЧКОВ «11» 01 2024 р.
(підпис) (ім'я та прізвище)

7. Дата видачі завдання « ____ » _____ 20 ____ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Конструкторський розділ	11.01.2024	
2	Технологічний розділ	11.01.2024	
3	Економічний розділ	11.01.2024	
4	Спеціальний розділ	11.01.2024	

Здобувач

_____ (підпис)

Кальницька А.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

Ігор БИЧКОВ
(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Метою даної роботи являється технологічна підготовка виробництва корпусних деталей гідроагрегатів систем пасажирського літака Ан-140.

Дана робота містить:

1. Конструкторський розділ присвячений аналізу паливної системи літака АН-140, спрямований на виділення ключових корпусних деталей. Це зроблено з метою подальшого розроблення технологічного устаткування.

2. Технологічний розділ, в якому були проведені розрахунки режимів різання, норм часу та розроблена технологія виробництва на основі якої була визначена конструкторська схема технологічного устаткування.

3. Економічний розділ, в якому були проведені розрахунки собівартості виготовлення корпусу паливного насосу з використанням розробленого технологічного устаткування.

4. Спеціальний розділ, в якому була розроблена програма для генерування керуючої програми, спрямованої на проведення технологічної обробки на токарному та фрезерному станку з числовим програмним керуванням.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Технічний опис та конструктивно-технологічний аналіз пасажирського літака типу АН-140	10
1.2 Загальні відомості паливна система літака АН-140	12
1.3 Розміщення палива	13
1.4 Система дренажу	15
1.5 Система вироблення палива	16
1.6 Елементи паливної системи	18
1.7 Висотність паливної системи літака типу Ан-140 та її розрахунок ...	21
Підсумки конструкторського розділу	31
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	32
2.1 Вступ до технологічного розділу	33
2.2 Технологічний аналіз деталей	33
2.3 Складання технологічного процесу для корпусної деталі	34
2.4 Припуски для корпусу насоса – ЕЦН-75Б	35
2.5 Режими різання для корпусу насоса ЕЦН-75Б	39
2.6 Норми часу для корпусу насоса ЕЦН-75Б	43
2.7 Опис дії технологічного оснащення	46
Підсумок технологічного розділу	49
3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	50
3.1 Маркетингові дослідження ринку збуту продукції для визначення програми випуску виробів	51
3.2 Вихідні данні для розрахунків техніко-економічних показників роботи проєктованого виробництва	52
3.3 Розрахунок основних техніко-економічних показників проєктованого виробництва	57
Підсумок економічного розділу	73
4 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	74

Алгоритм контурної обробки	75
Підсумок спеціального розділу	86
ВИСНОВКИ	87
ДОДАТОК А	89
ДОДАТОК Б	90
ДОДАТОК В	91
ДОДАТОК Г	92
ДОДАТОК Д	93
ДОДАТОК Е	94
ДОДАТОК Ж	95
ДОДАТОК З	96
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	97

ВСТУП

Винахід та еволюція літаків викликали революцію в сфері людської мобільності та визначили сучасний образ світу. Від перших задумів про можливість польотів до складних літаків, які існують сьогодні, історія авіації є свідченням винахідливості та інновацій людства.

Літаки, як найважливіший вид транспорту у світі, з'явилися внаслідок потреби підкорення небес. Перші передвісники літаків можна віднести до стародавніх цивілізацій, де для досягнення польоту використовувалися концепції, такі як повітряні змії та планери. Проте лише наприкінці 19-го і на початку 20-го століть були досягнуті значні успіхи у винаході електричного, керованого та тривалого польоту.

Метою дипломного проекту являється розробка технологічного оснащення для корпусних деталей авіаційних агрегатів.

В питаннях технологічного устаткування сучасних виробництв з механічної обробки, розробки та вибору характеристик по міцності і жорсткості, а також ефективного використання верстатних пристроїв не приділяється належної уваги. З цієї причини було спроектовано технологічне обладнання з урахуванням можливості швидкої зміни налаштувань для обробки різних деталей. Це включає в себе швидке переналагодження для обробки іншої номенклатури деталей, здатність перебудови технологічного процесу та обробки різноманітних деталей з урахуванням їхніх відмінностей. Проектування технологічного устаткування було спрямоване на практичний вплив на всі ці особливості, які визначають виробничу потужність, якість обробки, собівартість виробу та прибуток. В той же час слід визнати важливу роль верстатного устаткування в сучасному періоді.

Однією з основних вимог, які сучасне виробництво ставить перед верстатною технологічною оснасткою, є можливість використання для обробки деталей різної номенклатури та розмірів, із різними точносними, ваговими параметрами та зусиллями різання.

1 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

1.1 Технічний опис та конструктивно-технологічний аналіз пасажирського літака типу АН-140

Літак АН-140 призначений для пасажирських і змішаних вантажопасажирських перевезень. АН-140 може базуватися на слабопідготовлених злітно-посадкових смугах в широкому діапазоні висот аеродромів і кліматичних умов, може базуватися автономно, поза базового аеродрому.



Рисунок 1.1 – Пасажирський літак АН-140

Літак є високопланом з класичним оперенням і двома турбогвинтовими двигунами ТВ3-117ВМА-СБМ1, встановленими на крилі. Допоміжна силова установка АІ9-3Б, розміщена у хвостовій частині фюзеляжу, забезпечує автономну експлуатацію літака на необладнаних аеродромах. У хвостовій частині фюзеляжу і під підлогою пасажирської кабіни розміщені багажно-вантажні відсіки загальним об'ємом 9,1 м³ і вантажністю 1,84 тони. Об'єми багажно-вантажних відсіків у 1,3-1,5 рази більше, ніж в інших літаках аналогічного класу.

Екіпаж складається із трьох осіб: командира повітряного судна, другого пілота та бортпровідника.

Фюзеляж являє собою полумонокот циліндричної форми в середній частині та конічної форми з двійною кривизною в носовій та хвостовій частині. Каркас фюзеляжу включає працюючу обшивку, повздовжній силовий набір у вигляді стрингерів і балок, поперечний силовий набір у вигляді шпангоутів і перегородок, а також підлоги в кабінах.

Крило літака – високо-розташоване, вільнонесуче, трапецієвидної форми в плані з прямокутним центр опланом. Конструктивно крило складається з носової, кесонної і хвостової частини. Кесонна частина є силовою частиною крила і складається з повздовжнього та поперечного силових наборів. Повздовжній набір включає передній і задній лонжерон, верхню та нижню панелі, поперечний набір – нервюри. Оперення літака – вільнонесуче, однокільове, встановлено на фюзеляжі, складається з горизонтального і вертикального оперення. Горизонтальне оперення включає стабілізатор, який складається із двох консолей і навішаного на кожній консолі руля висоти з роговою та осьовою компенсаціями. Вертикальне оперення включає: киль, форкіль і руль напрямку. Руль напрямку має рогову та осьову компенсацію. На рулі напрямку встановлено тример-компенсатор.

Шасі літака виготовлено по трьохопорній схемі та складається з передньої і двох основних опор. Основні опори мають стійки важільного типу – ліву та праву, на кожній з яких встановлено по два гальмівних колеса КТ-231. Стійки основних опор прибираються в відсіки основних опор шасі.

Таблиця 1.1 – Льотно-технічні характеристики літака Ан-140

Найменування параметра	Значення
Довжина літака	22,605 м
Розмах крила	24,505 м
Площа крила	51 м ²
Висота	8,225 м
Максимальна злітна маса, кг	21000
Максимальне комерційне навантаження, кг	6000
Число двигунів	2
Тип двигуна	2хТВД ТВ3-117ВМА-СБМ1

Продовження таблиці 1.1

Потужність двигуна	1838 кВт (2500 к. с.)
Крейсерська швидкість польоту	460-540 км/г
Крейсерська висота польоту	7600 м
Дальність польоту з максимальним комерційним навантаженням	1380 км
Дальність польоту з 52 пасажирами	2420 км
Дальність польоту з максимальним запасом палива і 43 пасажирами	3050 км
Потрібна довжина злітної смуги	1495 м
Об'єм транспортної кабіни	95 м ³
Висота транспортної кабіни	1,9 м

1.2 Загальні відомості паливна система літака АН-140

Паливна система літака представлена на рисунку 1.2 [1, с.64]. Вона призначена для розміщення палива і подачі його до двигунів та допоміжної силової установки (ДСУ) на всіх режимах експлуатації літака.

Паливна система включає в себе: паливні баки; систему дренажу баків; систему централізованої заправки; систему вироблення палива; систему зливу палива; паливо-вимірювальну систему; органи управління і контролю.



Рисунок 1.2 – Склад паливної системи літака АН-140

Літак Ан-140 використовує палива ТС-1 як основне та РТ як альтернативне, а також їх зарубіжні аналоги. Змішування палив ТС-1 і РТ допускається у будь-яких пропорціях. Для запобігання утворенню кристалів льоду та розчинення інію при заправці літака в паливо додають протидокристалізовані присадки (до 0,3% в залежності від температури

палива). Такі присадки включають етилцелюлозу (рідина "Г"), тетрагідрофуриловий спирт (ТГФ) та їх 50% суміші з метанолом (присадки І-М і ТГФ-М). Вони використовуються переважно взимку та, у випадках тривалого польоту влітку, коли паливо може охолодитися до негативних температур.

Під час заправки авіаційних палив, через непередбачувані розряди статичної електрики, може виникнути потенційна загроза запалення та вибуху. З метою безпеки від пожежі та вибуху, при заправці авіаційних палив, додають антистатичну присадку Сігбол у кількості 0,003-0,001% від маси палива, що заправляється. Це робиться для підвищення безпеки від вибухів та пожежі, а також для збільшення швидкості наливу палива.

Централізована заправка літака паливом здійснюється при відкритому електрично-керованому крані, що розташований через штуцер у носовій частині правого обтічника шасі. Також може відбуватися заправка через заливні горловини, розташовані на верхній частині крила, коли відкритий електрично-керований кран. Електроживлення паливної системи забезпечується від наземних або бортових джерел електроживлення постійного струму напругою 27 В.

1.3 Розміщення палива

Паливо на літаку зберігається у двох герметичних баках-кесонах, які розташовані у крилах літака: один у кожному півкрилі (рис. 1.3). Ці паливні баки-кесони є частинами герметичних відсіків, які складаються з лонжеронів, обшивки та нервюр крила, утворюючи силову конструкцію крила.

Баки розташовані в окремих секціях крила між нервюрами №3 і №25. Кесони, розташовані між нервюрами №25 і №26, не використовуються для зберігання палива, а служать дренажними відсіками для відведення води з паливних баків. Кожен бак, від нервюр №13 до №15, розділений на три відсіки: передній, насосний і консольний відсік витрат. Насосний відсік та консольна частина витратного відсіку утворюють виливний відсік. Усередині баків пролягають трубопроводи паливної системи, трубопроводи з електропроводами

для живлення паливних насосів, а також електропроводи від датчиків палива в системі вимірювання та від датчиків вільної води.

У баках встановлені паливні насоси, поплавкові клапани системи дренажу, струменеві насоси, датчики палива в системі вимірювання, а також датчики вільної води. Крім того, встановлені клапани зливу конденсату та зворотні клапани для ефективного управління паливною системою.

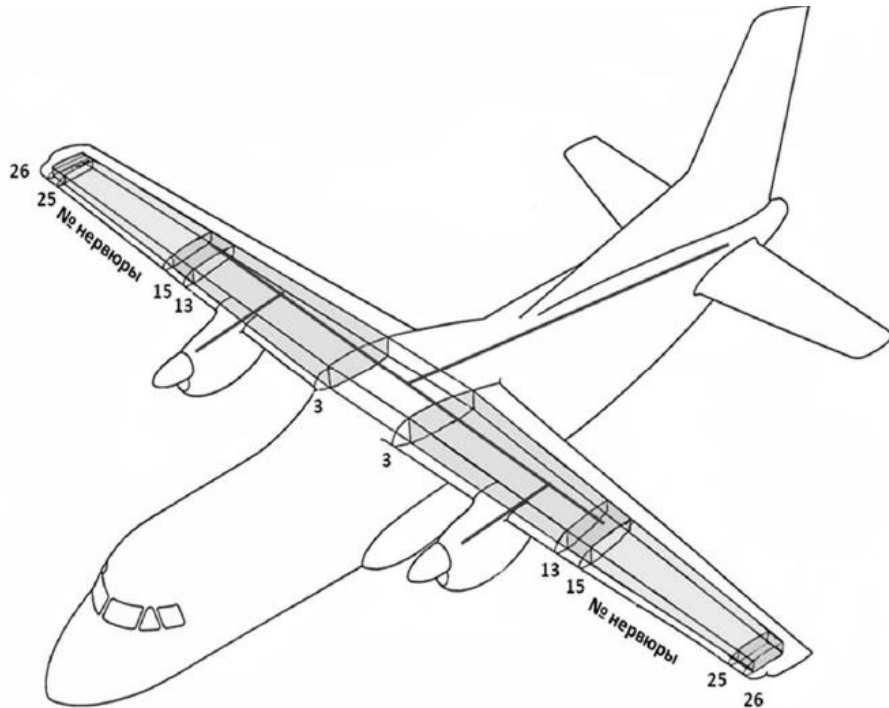


Рисунок 1.3 – Схема розміщення палива на літаку

Місткість перед витратного, витратного і насосного відсіків кесон-баків при централізованій заправці і заправці паливом через заливні горловини приведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Місткість відсіків кесон-баків

Відсіки, які заправляються паливом	Місткість в літрах	
	При централізованій заправці	При заправці через паливні горловини
Перед витратний	$2 \times 1750 = 3500$	$2 \times 1820 = 3640$
Витратний	$2 \times 1045 = 2090$	$2 \times 1045 = 2090$
Насосна для довідки	$2 \times 260 = 520$	$2 \times 260 = 520$
Всього	5590	5730

1.4 Система дренажу

Система дренажу [1] призначена для уникнення пошкоджень паливних баків, забезпечення правильної роботи централізованої системи заправки та виготовлення палива за допомогою вирівнювання тиску повітря в баках з атмосферним тиском за бортом у будь-яких умовах експлуатації [1]. На літаку реалізовано дві симетричні автономні системи дренажу: для лівого і правого паливних баків.

Система дренажу включає в себе сім основних елементів: відсік дренажу; повітрязабірник 4; блок клапанів 5, що включає вакуумний і клапан надлишкового тиску; поплавковий клапан 7; зворотний клапан 1; дренажні отвори 2 в верхній частині нервюр №15 і трубопроводів дренажу; трубопроводи і з'єднання (рис. 1.4).

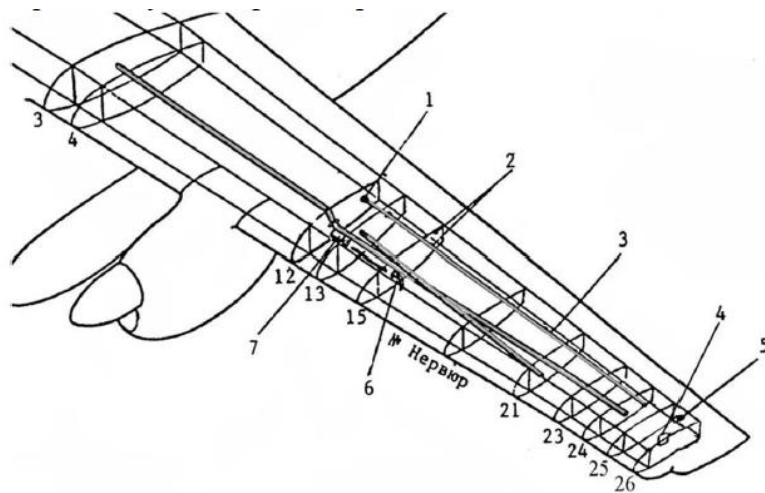


Рисунок 1.4 – Система дренажу паливних баків:

1 – зворотній клапан; 2 – дренажні отвори; 3 – трубопровід зливу; 4 – повітрязабірник дренажу; 5 – блок зворотних клапанів (вакуумний і клапан надлишкового тиску); 6 – патрубок трубопроводу заправки; 7 – поплавковий клапан

Функціонування системи дренажу здійснюється через дренажний відсік, нижня частина якого оснащена повітрязабірником, який забезпечує постійний зв'язок цього відсіку з атмосферою.

При лівому крені літака поплавковий клапан 7 заповнюється паливом і перекриває патрубок 6. Дренаж перед витратним відсіком відбувається через відкритий кінець трубопроводу, який прокладений в нервюрах №3.

При правому крені, коли паливо вливається в кінець трубопроводу, розташованого в нервюрах №3, поплавковий клапан відчиняється, і дренаж відбувається через відкритий кінець патрубку. Для дренажу консольного відсіку використовується трубопровід, який з'єднує його з переднім відсіком витрат та прокладений вздовж переднього лонжерона крила. Дренаж насосного відсіку забезпечують спеціальні дренажні отвори 2, розташовані у верхній частині нервюр №15, а також міжбакові зворотні клапанами 1, встановленими в нижніх частинах нервюр №13 і №15. Блок зворотних клапанів 5 захищає паливні ємності від пошкоджень під час виробництва та заправки літака паливом, а також при закупорці повітряного паркана дренажного відсіку.

1.5 Система вироблення палива

Система вироблення палива має дві схожі системи, розташовані в лівому і правому напівкрилі та з'єднані трубопроводом з краном кільцювання. У правому півкрилі встановлений насос живлення ДСУ та перекривний (пожежний) кран ДСУ. В систему вироблення палива входять:

- 1) Підкачувальні електрично приводні насоси ЕЦН-75Б;
- 2) Перекачувальні струменеві насоси;
- 3) Сигналізатори тиску палива;
- 4) Зворотні клапани;
- 5) Трубопроводи.

При роботі двигунів паливо перекачується струменевим насосом 3 через зворотний клапан 13, трубопровід магістралі централізованої заправки з перед витратного відсіку 22 в консольну частину витратного відсіку 19, а з нього струменевим насосом 16 в насосний відсік 20 [1]. Подача палива струминними насосами 3 і 16 здійснюється за рахунок енергії активного потоку рідини від електричних відцентрових насосів 14, які також забезпечують подачу палива з насосного відсіку 20 до двигунів. Припинення подачі палива до двигунів

здійснюється перекриттям пожежних кранів 1, а контроль тиску палива - сигналізаторами тиску 6.

Паливні магістралі до лівого і правого двигунів з'єднані між собою краном кільцювання 28, який при нормальній роботі паливної системи знаходиться в закритому положенні. Паливні магістралі, що ведуть до лівого та правого двигунів, з'єднані краном кільцювання 28, який за нормальної роботи паливної системи перебуває в закритому стані. У випадку відмови одного з двигунів кран відкривається, забезпечуючи подачу пального до працюючого двигуна з обох консолей крила. Цим самим забезпечується рівномірне постачання пального з усіх відсіків і запобігає нахилу літака у бік несправного двигуна.

Подачу пального до ДСУ забезпечує електричний відцентровий насос 14, розташований у правій консолі крила при відкритому пожежному крані 25. Проте, у випадку відмови цього насоса передбачено можливість подачі палива до ДСУ за допомогою електричних відцентрових насосів, розташованих в насосних відсіках, при відкритті крана кільцювання 28.

Пожежні крани 1 і 25 оснащені зворотними клапанами 8 і 26 термічного розвантаження, які забезпечують відходження палива в відсіки при температурному розширенні палива в системах живлення двигунів і ДСУ, коли пожежні крани 1 і 25 закриті. Для консервації двигунів і ДСУ встановлені штуцери 4 і 27, а вилив палива з паливних відсіків у паливозаправник може бути здійснений відкриттям кранів зливу палива 7 і включенням електричних відцентрових насосів 14. Контроль за роботою паливної системи здійснюється за допомогою датчиків 17; 21; 23; 24.

Таблиця 1.3 — Найменування основних елементів системи вироблення палива

№	Найменування	№	Найменування
1	Пожежний кран двигуна	15	Між баковий зворотній клапан
2	Зворотній клапан	16	Струменевий насос
3	Струменевий насос	17	Датчик паливо вимірювача
4	Штуцер консервації	18	Відсік дренажу

Продовження таблиці 1.3

5	Трубопровід з обмежено-рухливими з'єднаннями	19	Консольна частина витратного відсіку
6	Сигналізатор тиску палива	20	Насосний відсік (складова частина витратного відсіку)
7	Кран зливу палива	21	Датчик паливо вимірювача з сигналізатором резервного залишку палива, компенсатором і датчиком температури
8	Зворотній клапан	22	Перед витратний відсік
9	Жиклер	23	Датчик паливо вимірювача з сигналізатором
10	Між баковий зворотній клапан	24	Датчик паливо вимірювача з компенсатором і датчиком температури
11	Між баковий зворотній клапан	25	Пожежний кран ВСУ
12	Сигналізатор тиску	26	Зворотній клапан
13	Зворотній клапан	27	Штуцер консервації
14	Електричний відцентровий насос ЕЦН-75Б	28	Кран кільцювання

Схема паливної системи літака АН-140 зображена у додатку А.

1.6 Елементи паливної системи

1.6.1 Електрично приводний насос — ЕЦН-75Б

У системі живлення літака використовуються електропривідні насоси ЕЦН-75Б (рис. 1.5). Ці насоси встановлені по два в насосних відсіках лівого і правого паливних баків. Поруч із ними в правому баку також розташований третій насос ЕЦН-75Б, призначений для живлення паливом ДСУ.

Насос складається з насосної частини та електродвигуна, змонтованих спільно. Насосна частина включає в себе корпус зі спіралеподібним каналом, крильчатку, кришку і ущільнення. Крильчатка насоса закритого типу кріпиться на валу електродвигуна. Під час обертання валу електродвигуна, паливо потрапляє на крильчатку насоса, яке подає паливо в спіралеподібний канал корпусу, де його тиск зростає. Після цього паливо потрапляє в паливні магістралі літака [1, стр.71].

Кожен насос встановлено в монтажному пристрої, який дозволяє замінювати насос без необхідності зливу палива з паливного відсіку.

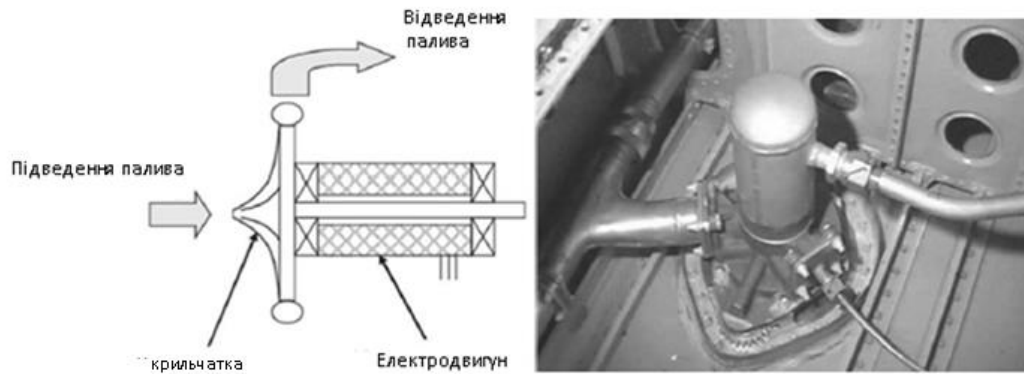


Рисунок 1.5 – Електропровідний насос – ЕЦН-75Б

1.6.2 Струменевий насос

Струменевий насос є агрегатом, де енергія активного потоку рідини передається потоку рідини, що перекачується. Насос складається з корпусу, сопла і змішувача (рис. 1.6).

При подачі активного палива від насосів через сопло, паливо в баку, де встановлено змішувач, захоплюється активним паливом і перекачується в інший бак [1].

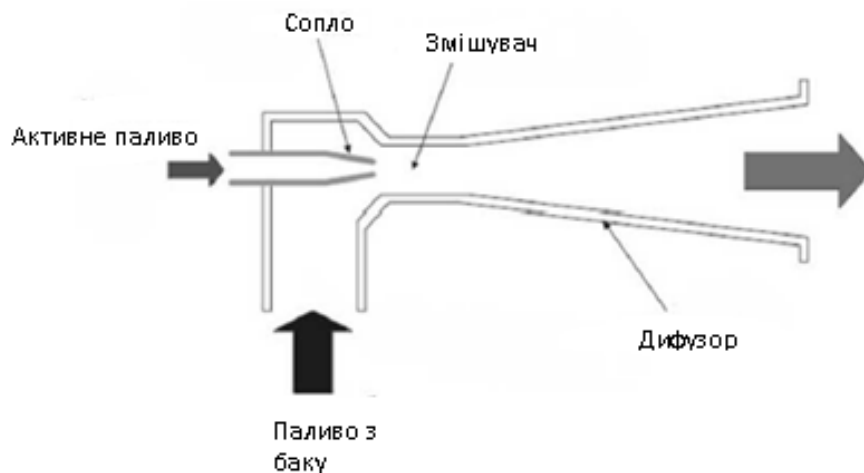


Рисунок 1.6 – Схема струменевого насосу

1.6.3 Між бакові зворотні клапани

Міжбакові зворотні клапани (рис. 1.7) мають за мету забезпечити перетікання палива в насосний відсік з передвитратної і консольної частини витратного відсіку при заправці паливом та еволюціях літака.

Клапан складається з корпусу, в який впресовані упори. На цих упорах закріплена вісь, на якій обертається заслінка.

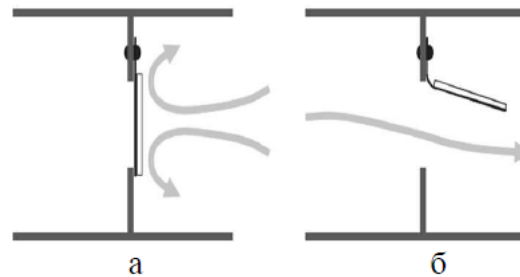


Рисунок 1.7 – Міжбакові зворотні клапани:

а) в закритому положенні; б) в відкритому положенні

1.6.4 Поплавковий клапан

Поплавковий клапан виконує функцію забезпечення роботи дренажної системи літака та має за мету уникнення потрапляння палива в трубопроводи дренажної системи при еволюціях літака. Принцип роботи цього клапана представлений на рисунку 1.8 [1].

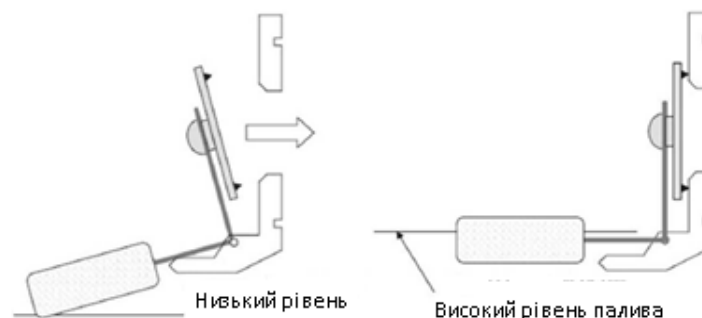


Рисунок 1.8 – Поплавковий клапан

1.6.5 Вакуумний і запобіжний клапан

На задньому лонжероні крила, між нервюрами №25 і №26 лівої і правої консольних частин, встановлені вакуумний і запобіжний клапани, об'єднані одним корпусом [1]. Клапани зв'язані трубопроводом з дренажним відсіком.

Вакуумний клапан оберігає баки від зминання атмосферним тиском у разі закупорки повітрязабірників дренажу при виробленні палива.

Запобіжний клапан охороняє баки від руйнування надлишковим тиском повітря над паливним простором при заправці баків в разі закупорки повітрязабірників дренажу.

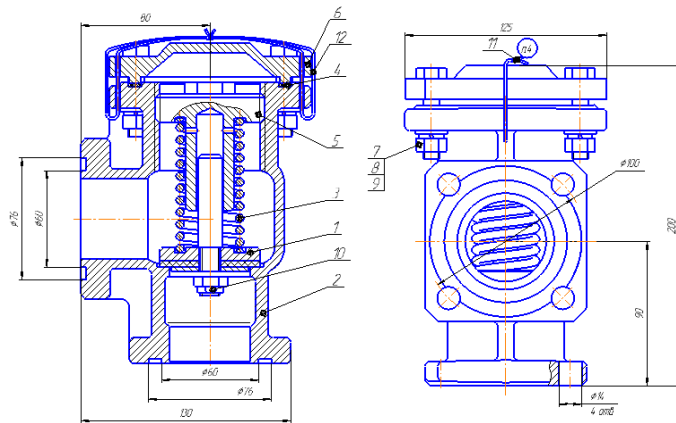


Рисунок 1.9 – Запобіжний клапан

1 – клапан; 2 – корпус; 3 – пружина; 4 – прокладка; 5 – гвинт; 6 – кришка; 7 – болт; 8 – гайка; 9 – шайба пружинна; 10 – шплінт; 11 – пломба; 12 – дріт

1.6.6 Трубопроводи паливної системи

Трубопроводи паливної системи виготовлені з алюмінієвих сплавів АМГ-2М, АМГ-3М та нержавіючої сталі 12Х18Н10Т. Трубопроводи діаметром від 4 до 50 мм – цільнотягнуті або зварені з товщиною стінки 1 мм. Трубопроводи з нержавіючої сталі встановлені у пожежонебезпечних відсіках у магістралях живлення паливом двигунів та ЗСУ [1, стр .74].

1.7 Висотність паливної системи літака типу Ан-140 та її розрахунок

1.7.1 Висотність паливної системи літака АН-140. Кавітація

Висотністю паливної системи називається максимальна висота польоту літального апарату, до якої паливна система забезпечує безперебійну подачу палива в двигун.

Наразі відомо, що кількість повітря, розчиненого в паливі, прямо пропорційна тиску. Отже, при зниженні тиску нижче певного рівня, коли паливо

насичується повітрям, воно почне виділятися з палива. Зниження тиску може бути викликане підйомом літального апарату на велику висоту, гідравлічними втратами, а також розрідженням на вході в насос. Процес виділення повітря відбувається дуже інтенсивно і триває менше однієї секунди. Подальше розташування виділеного повітря може призводити до його утримання у вигляді суспензії в паливі (механічної суміші).

Здатність палив розчиняти і виділяти повітря негативно впливає на роботу паливної системи. Присутність повітря у паливі сприяє утворенню двофазного стислого середовища, що, в свою чергу, призводить до зменшення масової витрати палива через насос, в двигуні, а також збільшує гідравлічні втрати в магістралях і погіршує мастило.

Масова витрата і ККД насосів знижуються, оскільки при подачі палива у всмоктувальну порожнину насосів, де тиск може значно впасти нижче атмосферного рівня, відбувається виділення повітря у вигляді бульбашок. Ці бульбашки, розширюючись, частково заповнюють робочі камери насоса, заміщаючи частину палива.

Безпосереднє з'єднання такої камери з порожниною нагнітання призводить до зворотного потоку палива з лінії високого тиску, що викликає гідравлічний удар. Гідравлічні удари можуть викликати ерозійний знос агрегатів та втомні руйнування через коливання тиску. Цей процес утворення пароповітряних бульбашок в зоні зниженого тиску та їх подальший обмежений розподіл у рідині під дією гідродинамічних впливів відомий як кавітація.

Кавітація є негативним явищем, і практично висотність паливної системи визначається її можливістю працювати без появи кавітації. Оскільки тиск палива зменшується через гідравлічні втрати вздовж потоку, то вхід насоса є місцем, де ймовірно виникне кавітація. Кавітаційні властивості насосів визначаються кавітаційними характеристиками, що зв'язують тиск на вході з подачею насоса або створюваним перепадом тисків. Їх отримують шляхом випробувань при фіксованих обертах робочого колеса і температурі. Під час випробувань для

визначення подачі насоса утримують постійний перепад тиску, тоді як для визначення перепаду тиску підтримують постійну подачу.

Теоретично, відмова насоса відбувається при тиску, що дорівнює тиску насичених парів палива. Проте на практиці тиск в самому насосі значно менший, ніж тиск на вході в нього. Це призводить до виникнення кавітації раніше, ніж тиск на вході знизиться до рівня тиску насичених парів, тобто на меншій висоті. Отже для надійної роботи насосів необхідно утримувати певний надмірний тиск на вході в насос, який називається кавітаційним запасом $\Delta p_{\text{кав}}$. Тоді мінімальний потрібний тиск на вході в насос, що гарантує його безкавітаційну роботу, визначається за формулою 1.1 [2, стр.179].

$$p_{\text{вх}} \geq p_{\text{вх min}} = p_{t4/1} + \Delta p_{\text{кав}} \quad (1.1)$$

Це умова, яка повинна виконуватися на всіх режимах польоту, на всіх режимах польоту, за всіх можливих перевантажень і температур. Вона є основною умовою для розрахунків висотності. Кавітаційний запас залежить від конструкції насоса, його місця встановлення, рівня зносу, частоти обертання і кількості повітря в паливі. Точне визначення цього запасу можливе лише через проведення випробувань.

1.7.2 Розрахунок на висотність

Розрахунок проведемо для несприятливих і важких випадків роботи магістралей подачі палива. При польоті на висоті 7200 метрів на максимальній швидкості розрахункова температура палива становить 45°C , так як позначається пружність парів палива. Перевантаження при цьому складуть: [2, стр.180].

$$n_x = 0,3; n_y = 3; n_z = 0 \quad (1.2)$$

Політ на стелі: у цьому випадку інерційними втратами тиску можна знехтувати. Перевантаження при польоті на висоті складуть:

$$n_x = 0; n_y = 1; n_z = 0 \quad (1.3)$$

При польоті на режимі, відповідному максимальній витраті палива. Режим роботи двигунів — максимальний або форсований. Паливо — найбільш в'язке з застосовуваних на літаку. Мінімальна розрахункова температура палива складає

-50⁰С...-60⁰С. Прийmemo розрахункову температуру -60⁰С. Гiдравлiчнi опори в цьому випадку будуть максимальними. Перевантаження при польотi на режимi, вiдповiдному максимальнiй витратi палива складуть:

$$n_x = 0; n_y = 1; n_z = 0 \quad (1.4)$$

При злiтному режимi роботи двигунiв розрахункова висота складе двi тисячi метрiв i швидкостi $M = 0,4$. При цьому режимi перевантаження складуть:

$$n_x = 0; n_y = 1; n_z = 0 \quad (1.5)$$

При крейсерському режимi роботи двигунiв, розрахункова висота складе вiд 6000 метрiв до 8000 тисяч метрiв i $M = 0,6$. При крейсерському режимi перевантаження складуть:

$$n_x = 0; n_y = 1; n_z = 0 \quad (1.6)$$

Таблиця 1.4 – Вихiднi даннi

Розрахунковий випадок	1	2	3	4	5
Висота польоту H [м]	7200	7200	0	2000	5400
Число маху M	0,8	0,5	0,2	0,4	0,6
Перевантаження N_x	0,3	0	0,3	0	0
Перевантаження N_y	3	1	3	1	1
Перевантаження N_z	0	0	1	0	0
Температура t^0C	+45 ⁰ С	+45 ⁰ С	-60 ⁰ С	+45 ⁰ С	+45 ⁰ С

В таблицi 1.5 приведемо значення палива при температурi -60⁰С i +45⁰С .

Таблиця 1.5 – Вихiднi даннi

Тип двигуна	Потужнiсть двигуна $N(H = 0, M = 0)$, кВт.	Питома годинна витрата палива C_p кг/(кВт × ч)
ТВД	1900	0,254

де, ϑ [МПа] – коефiцiєнт кiнематичної в'язкостi;

p [МПа] – щiльнiсть;

$p_{t4/1}$ [МПа] – тиск насичених парiв.

Таблиця 1.6 – Вихiднi даннi

Марка палива	t^0C	p [МПа]	ϑ [МПа]	$p_{t4/1}$ [МПа]
T-1	-60 ⁰ С	880	$3,15 \times 10^{-6}$	3333
T-1	+45 ⁰ С	805,25	$1,13 \times 10^{-6}$	6018,63

Таблиця 1.7 – Вихідні данні

Вихідні данні	n_x	n_y	n_z	h [м]	Число маху M	t^0 C	Щільність P [МПа]
Політ на висоті максимальної швидкості	0,3	3	0	7200	0,8	+45	40,964
Політ на режимі, відповідному максимальній витраті палива	0	1	0	7200	0,2	+45	40,964
Злітний режим	0	1	0	2000	0,4	-60	79,268
Крейсерський режим	0	1	0	6000	0,6	+45	47,082
Політ на стелі	0	1	0	7200	0,5	+45	40,964

Таблиця 1.8 – Вихідні данні

Вихідні данні	$Q \left[\frac{m^3}{c} \right]$	λ	Re	h [м]
Політ на максимальній швидкості	12×10^{-5}	0,004	3837,33	7200
Політ на режимі, відповідному максимальній витраті палива	148×10^{-6}	0,004	3837,33	7200
Вихідні данні	$Q \left[\frac{m^3}{c} \right]$	λ	Re	h [м]
Злітний режим	149×10^{-6}	0,004	3837,33	2000
Вихідні данні	$Q \left[\frac{m^3}{c} \right]$	λ	Re	h [м]
Крейсерський режим	93×10^{-6}	0,004	3837,33	6000
Політ на стелі	138×10^{-6}	0,004	3837,33	7200

Таблиця 1.9 – Вихідні данні

Проекції (довжина) трубопроводів між	l_x [м]	l_y [м]	l_z [м]	$\sum l_x$ [м]
Баком і трійником кільцювання	3	0,5	1	4,5
трійником кільцювання і ПНД-1	5	1	1	7
трійником кільцювання і ПНД-2	7	1,5	5	13,5

Таблиця 1.10 – Вихідні данні

Рівні палива щодо прийнятого початку відліку	
Дзеркала палива в видатковому баку	1 [м]
ПНД-1	1,5 [м]
ПНД-2	1,2 [м]

Таблиця 1.11 – Вихідні данні

Коефіцієнти місцевих опорів між	
Баком и трійником кільцювання	5
трійником кільцювання і ПНД-1	7
трійником кільцювання і ПНД-2	9
ПНС, коли він встановлений, але вимкнений	$1,2 \times 10^9$

Таблиця 1.12 – Вихідні данні

Розрахункові випадки	1	2	3	4	5
Тиск $P_{t4/1}$	8520	8520	919,9	8520	8520
Витрати палива $Q[\text{м}^3/\text{с}]$	0,000120	0,000138	0,000148	0,000149	0,000093
Щільність	761	761	837,2	761	761

Система подачі палива літака АН-140 спроектована з урахуванням висотності для випадків, коли необхідно перевірити ефективність магістралей подачі палива до двигунів у найбільш вимогливих умовах польоту.

Основний розрахунковий варіант, який відповідає польоту з максимальною швидкістю на висоті, нижче стелі на двох-трьох кілометрах, передбачає, що двигун функціонує на максимальному режимі, швидкість польоту є максимальною, а положення літака та перевантаження вважаються найбільш не вигідними з точки зору їхнього впливу на тиск перед насосом підкачки двигуна. Розрахунок системи проводиться для насиченості парів при розрахунковій температурі палива (не нижче $+40^{\circ}\text{C}$). Підвищення температури палива призводить до зменшення його щільності, збільшення тиску парів та зростання швидкісної течії палива в трубопроводах (що призводить до зростання гідравлічних опорів).

Політ на стелі (перевірочний розрахунок). Враховується, що двигуни працюють на максимальних режимах, а інерційні втрати p_γ дорівнюють нулю.

Режим польоту, який відповідає максимальній витраті палива, виникає, коли двигуни працюють на максимальному режимі. У цьому випадку температура палива і повітря приймається як -60°C . Під час цього польоту гідравлічні втрати в системі досягають свого максимуму.

Для проектувального розрахунку паливної системи на висотність з відомою висотою польоту використовується залежність для тиску біля входу в насос, що підкачує ($P_{\text{вх}}$) на двигуні [2, с.184]:

$$P_{\text{вх}} = P_{\text{н}} + \Delta P_6 + \Delta P_{\text{п.н}} \pm \gamma_{\text{т}} \times (y_6 - y_{\text{дв}}) - \sum \Delta P_2 - \frac{\gamma_{\text{т}} \times V_{\text{т}}^2}{2 \times g} \pm P_j \geq P_{\frac{t_4}{1}} + \Delta P_{\text{кав.н.д.}} \quad (1.7)$$

де, $P_{\text{н}}$ – тиск на розрахунковій висоті;

ΔP_6 – тиск, що створюється в баку за рахунок швидкісного напору на заданій висоті або за рахунок системи наддуву баків газом;

$\Delta P_{\text{п.н}}$ – тиск (залишковий), що створюється підкачувальним насосом баку;

$\gamma_{\text{т}}$ – питома вага палива;

$V_{\text{т}}$ – швидкість руху палива в трубопроводах;

y_6 – мінімальний рівень палива в баку;

$y_{\text{дв}}$ – рівень розташування підкачувального насоса на двигуні;

g – прискорення вільного падіння;

$P_{\frac{t_4}{1}}$ – тиск насичених парів для заданого палива;

$\Delta P_{\text{кав.н.д.}}$ — кавітаційний запас тиску, необхідний для без кавітаційної роботи підкачувального паливного насоса двигуна.

Сумарні втрати на гідравлічний опір $\sum P_{\text{г}}$ складається з опору від тертя $\Delta P_{\text{тр}}$ і місцевих гідравлічних опорів $\Delta P_{\text{М}}$ [2, с.182]:

$$\sum \Delta P_{\text{г}} = \Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_{\text{М}} \quad (1.8)$$

Втрати тиску через опір тертя визначаються по формулі [2, с.181]:

$$\Delta P_{\text{тр}} = \lambda \times \frac{l \times (\gamma_{\text{т}} \times V_{\text{т}}^2)}{d_{\text{т}} \times 2 \times g} \quad (1.9)$$

де λ – коефіцієнт опору тертя;

l – довжина трубопроводу;

γ_T – питома вага палива;

V_T – швидкість руху палива.

Коефіцієнт опору тертя λ змінюється в залежності від режиму руху палива, що визначається числом Рейнольдса [2, с.181]:

$$R = \frac{V_T \times d_T}{\vartheta_T} \quad (1.10)$$

Де ϑ_T – коефіцієнт кінематичної в'язкості.

Для ламінарного режиму руху палива, коли $Re \leq 2300$, коефіцієнт опору тертя $\lambda = \frac{64}{Re}$

Для турбулентного режиму руху, коли $3 \times 10^3 \leq Re \leq 10^5$, коефіцієнт опору тертя дорівнюється $\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}}$.

Таблиця 1.13 – Розрахунки втрати тертя

Розрахунки втрати тертя між, [м]	Випадки				
	1	2	3	4	5
Між баком і трійником кільцювання	0,2348	0,23487180	0,4545	0,26995	0,235
Між трійником кільцювання і ПНД-1	0,3653	0,70698785	0,7069	0,4199	0,3653
Між трійником кільцювання і ПНД-2	0,704	0,70461541	1,3635	0,81	0,7046
сумарні втрати	1,3048	1,64647507	2,525	1,5	1,305

Місцеві опори виникають при зміні перетину швидкості або напрямку потоку, що супроводжується вихровим перетворенням, зміною поля швидкостей по перетину потоку і призводить до втрат тиску ΔP_M [2,с.182]:

$$\Delta P_M = \sum \xi_M \times \frac{\gamma_T \times V_T^2}{2 \times g} \quad (1.11)$$

Де V_T – швидкість палива (зазвичай за місцем втрат);

ξ_M – коефіцієнт місцевого опору, який визначається експериментально.

Таблиця 1.14 – Розрахунки місцевих втрат

Розрахунки місцевих втрат, [м]	Випадки				
	1	2	3	4	5
Між баком і трійником кільцювання	1,631	1,631	5,6812	3,3743	2,936
Між трійником кільцювання і ПНД-1	2,2834	2,2835	4,41867	2,6245	2,2834
Між трійником кільцювання і ПНД-2	2,936	2,936	5,68115	3,3743	2,9356
Сумарні втрати	6,850	6,850	15,781	9,37327	8,155271

Таблиця 1.15 – Вихідні данні

Вихідні данні	Висота 7200 (м)
Тиск на розрахунковій висоті P_H [Па]	40964
Залишковий тиск в баку P_6 [Па]	100
Кавітаційний запас ПНС P_H [Па] $P_{\text{кав.ПНС}}$ [Па]	15000
Кавітаційний запас ПНД $P_{\text{кав.ПНД}}$ [Па]	50000
Прискорення вільного падіння g $\left[\frac{\text{м}^2}{\text{с}}\right]$	9,81
$Y_6 - Y_B$ [м]	0,6

Розрахуємо гідравлічні втрати — P_r .

$$P_r = P_{\text{тр}} + P_m \quad (1.12)$$

Таблиця 1.16 – Розрахунки гідравлічних втрат

Для випадків	1	2	3	4	5
P_r	8,155271	8,496902716	18,305936	10,873	9,46011436

Розрахуємо мінімальний тиск на вході в ПНС і в ПНД:

$$P_{\text{вх.мін ПНС}} = P_{t4/1} + \Delta P_{\text{кав}}^{\text{ПНС}} \quad (1.13)$$

$$P_{\text{вх.мін ПНД}} = P_{t4/1} + \Delta P_{\text{кав}}^{\text{ПНД}} \quad (1.14)$$

Таблиця 1.17 – Розрахунки $P_{\text{вх.мін ПНС}}$ та $P_{\text{вх.мін ПНД}}$

Розрахунки	$P_{\text{вх.мін ПНС}}$	$P_{\text{вх.мін ПНД}}$
$t^0 C = +45^0 C$	18333	53333
$t^0 C = -60^0 C$	21806,63	56806,63

Нехтуючи гідравлічними і інерційними втратами, різницею рівнів палива і швидкістю на вході в ПНС з урахуванням їх малості для внутрішньо бакового ПНС, отримаємо спрощений вираз для розрахунку висотності ПНС:

$$P_H = P_{\text{вх.ПНС}}^{\text{ПНС}} - \Delta P_{\text{б}} \text{ и } P_{\text{вх}}^{\text{ПНС}} = P_H + \Delta P_{\text{б}} \quad (1.15)$$

Таблиця 1.18 – Розрахунки P_H и $P_{\text{вх}}^{\text{ПНС}}$

Розрахунки	P_H	$P_{\text{вх}}^{\text{ПНС}}$
$t^0 C = +45^0 C$	18233	18333
$t^0 C = -60^0 C$	21706,63	21806,63

$$P_{\text{вх.ПНС}} = P_H + \Delta P_{\text{б}} - P_{\Gamma} + P_{\text{T}} \times g \times (Y_{\text{б}} - Y_{\text{в}}) - \frac{P_{\text{T}} \times V^2}{2} \quad (1.16)$$

Таблиця 1.19 – Розрахунки $P_{\text{вх.ПНС}}$ [Па]

Для випадків	1	2	3	4	5
$P_{\text{вх.ПНС}}$ [Па]	73204,06572	73203,72409	73193,91505	73201,348	73201,348
$P_{\text{вих.ПНС}}$ [Па]	257743,2053	257743,5469	257753,3559	257753,356	257744,510
$\Delta P_{\text{ПНС}}$ [Па]	184539,1396	184539,8228	184559,4409	184544,575	235937,880

Проведемо перевірочний розрахунок використавши нерівність [2, стр.185]:

$$\Delta P_{\text{ПНС}} \geq P_{\text{пров.}}^{\text{ПНС}} \quad (1.17)$$

$$P_{\text{пров.}}^{\text{ПНС}} = P_{\text{вх.мін}}^{\text{ПНД}} - P_H + P_{\Gamma} - P_{\text{T}} \times g \times (Y_{\text{б}} - Y_{\text{в}}) + \frac{P_{\text{T}} \times V^2}{2} \quad (1.18)$$

$$P_{\text{пров.}}^{\text{ПНС}} = P_{\text{вх.мін}}^{\text{ПНД}} - P_H + P_{\Gamma} - P_{\text{T}} \times g \times (Y_{\text{б}} - Y_{\text{в}}) + \frac{P_{\text{T}} \times V^2}{2} \quad (1.19)$$

$$P_{\text{вих.}}^{\text{ПНД}} = 56806,63 - 21706,63 - 40964 \times 9,81 \times 0,08 + \frac{40964 \times 0,003991^2}{2} = 2970,085 [\text{Па}]$$

Перевірка зійшлась $\Delta P_{\text{ПНС}} \geq P_{\text{пров.}}^{\text{ПНС}}$.

P_H – тиск на розрахунковій висоті з формули визначення висотності. За тиском на розрахунковій висоті з формули визначення висотності визначимо максимальну висоту польоту для літака.

Таблиця 1.20 – Визначення висотності

Температура	P_n [Па]	Висота h [м]
+45 ⁰ С	21706,63	11000
-60 ⁰ С	18233	12000

В результаті проведених розрахунків була визначена висотність для паливної системи літака АН-140 при двох температурних режимах. При температурі +45⁰С висотність складає 1100 метрів. При температурі -60⁰С висотність становить 1200 метрів.

Підсумки конструкторського розділу

В даному розділі була розрахована висотність літака АН-140. Розрахунки показують, що літак при температурі плюс 45⁰С має здатність підніматися угору на 11000 метрів, при температурі мінус 60⁰С, літак піднімається на 12000 метрів.

Паливна система вважається вельми важливою та відповідальною складовою літака. Від неї залежать такі аспекти, як надійність, пожежна безпека, прямі та непрямі витрати на експлуатацію літака. Також враховуються маса невитраченого залишку палива, необхідний час для заправки, вплив на зміну положення центру мас літального апарату та інші аспекти.

Висотність є важливим параметром літака, який забезпечується, коли паливна система забезпечує безперебійну подачу палива у двигун.

Масові втрати та коефіцієнт корисної дії насосів зменшуються через те, що при надходженні палива в всмоктувальну порожнечу насосів, де тиск може бути значно менше атмосферного, відбувається виділення повітря у вигляді бульбашок. Ці бульбашки поширюються та частково заповнюють робочі камери насосів, замінюючи при цьому частину палива.

Крім того, при з'єднанні такої камери виникає зворотний потік палива з лінії високого тиску, що супроводжується гідравлічним ударом. Гідравлічні удари викликають ерозійний знос агрегатів, а коливання тиску можуть вести до втомних руйнувань.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вступ до технологічного розділу

Для відповіді на важливі вимоги до паливної системи стає необхідним підвищення якості поверхонь, точність з'єднаних розмірів компонентів паливної системи, а також точність виготовлення деталей. Покращення технічних характеристик деталей сприяє збільшенню їхньої міцності та жорсткості в паливній системі літака. В цьому розділі розглянемо корпусну деталь електричного насоса. Корпусні деталі насоса є дуже відповідальними елементами паливної системи літака АН-140.

Отже, необхідно отримати більш високоякісні деталі для включення в паливну систему літака. Це можливо досягти шляхом зменшення кількості необхідних установочних заготовок, що допомагає зменшити похибку при базуванні. Підвищення якості поверхні призводить до зменшення шорсткості, яка представляє собою мікронерівності на поверхні деталі. Ці нерівності можуть служити концентраторами напружень, що впливають на міцність.

Підвищення міцності деталей паливної системи літака забезпечить безперебійну подачу палива, оскільки ці деталі будуть надійно функціонувати. Це, в свою чергу, дозволить підвищити висотність літального апарату, оскільки зі збільшенням висоти зменшується витрата палива.

Розробка технологічного переналагоджуваного обладнання допоможе вирішити вищевказані завдання. Розглянемо деталь корпус насоса, проведемо розрахунок режимів різання, припусків, норм часу, і розробимо технологічний процес механічної обробки деталі. На основі цих розрахунків та технологічного процесу розробимо переналагоджувану технологічну оснастку. Також проведемо розрахунок основних несучих елементів технологічного обладнання.

2.2 Технологічний аналіз деталей

Деталь корпусу насоса — ЕЦН-75Б являє собою деталь циліндричної форми з трикутною формою підстави з відкритою витягнутою циліндричною формою частиною деталі у вигляді носа і спіралевідними канавками всередині. Матеріал деталі — СЧ35 (СЧ — сірий чавун).

Аналіз конструкції деталей забезпечує покращення техніко-економічних показників розроблюваного технологічного процесу. Таким чином, технологічний аналіз стає одним із ключових етапів технологічної розробки.

Основні завдання, які розв'язуються при аналізі технологічності конструкції оброблюваної деталі, полягають в можливому зменшенні трудомісткості та металоємності, а також в об'легшенні обробки деталі високопродуктивними методами.

Отже, удосконалення технологічності конструкції дозволяє знизити собівартість її виготовлення без втрати щодо експлуатаційних характеристик. Кожна деталь має бути виготовлена з мінімальними трудовими та матеріальними витратами. Ці витрати можна значно скоротити через правильний вибір варіанту технологічного процесу, його оснащення, механізації і автоматизації, а також вірної підготовки виробництва. Трудомісткість виготовлення деталі піддається впливу як конструкцією, так і технічними вимогами до виготовлення.

2.3 Складання технологічного процесу для корпусної деталі

Таблиця 2.1 – Технологічний процес для механічної обробки заготовки корпусу насоса – ЕЦН-75Б

№	Зміст операції
010	Свердлити отвір Ø19[мм] свердлом Ø19[мм] ГОСТ 10903-77
	Зенкерувати отвір Ø19,7[мм] зенкером Ø19,7[мм] ГОСТ 12489-77
10	Розгорнути отвір Ø20[мм] розгорткою Ø20[мм]
015	Фрезерувати фаску 2×45^0 фасонною фрезою
020	Фрезерувати поверхню 1 кінцевою фрезою Ø40[мм] із твердосплавного сплаву ГОСТ 17026-71
025	Фрезерувати канавку дисковою трьохсторонньою фрезою Ø50[мм] ГОСТ 3755-788
030	Фрезерувати поверхню 5 торцевою фрезою Ø7[мм] ГОСТ 22085-76
035	Фрезерувати поверхню 6 кінцевою фрезою Ø40[мм] ГОСТ 17026-71
040	Фрезерувати поверхню 7 торцевою фрезою Ø50[мм] ГОСТ 22085-76

Продовження таблиці 2.1

№	Зміст операції
045	Свердлити отвір Ø7[мм] свердлом Ø7[мм]
	Зенкерувати отвір Ø7,3[мм] зенкером Ø7,3[мм]
	Розгорнути отвір Ø8[мм] розгорткою Ø8[мм]
050	Фрезерувати поверхню 9 торцевою фрезою Ø50[мм] ГОСТ 22085-76
055	Фрезерувати поверхню 10 сферичною фрезою Ø50[мм] ГОСТ 3755-78
060	Свердлити отвір Ø8[мм] свердлом Ø8[мм] ГОСТ 886-77 2300-055

2.4 Припуски для корпусу насоса – ЕЦН-75Б

Розрахунок припусків для деталі корпус насоса [3]:

$$2 \times Z_{min} = 2 \times \left[R_z + h + \sqrt{\Delta_H^2 + \varepsilon^2} \right] \quad (2.1)$$

де, Z_{min} — мінімальний припуск на обробку;

R_z — шорсткість;

h — глибина мікронерівностей;

$R_z + h = 600$ [мкм], підбрано по таблиці 3.36 [1, с.91];

Δ_H — сумарне просторове відхилення;

ε — похибка встановлення.

$$\Delta_H = \sqrt{\frac{\delta^2}{2} + 0,25^2} \quad (2.2)$$

Для першого технологічного переходу при обробці чорнових заготовок усіх видів і при утриманні розмірів от чорнової бази допуск треба розраховувати за формулою:

$$\delta = \frac{\delta_{зар} + \delta_{обр}}{2} \quad (2.3)$$

По ГОСТ 26645-85 було підбрано допуск.

Допуск для номінального розміру Ø20[мм] $\delta_{зар} = 400$ [мкм]

$\delta_{обр}$ — допуск, відповідає квалітету для прийнятого метода обробки.

Був підбрано квалітет Н7 для $\delta_{зар} = 21$ [мкм]

$$\delta = \frac{400 + 21}{2} = 210,5$$
[мкм]

$$\Delta_H = \sqrt{\frac{210,5^2}{2} + 0,25^2} = 148,846[\text{мкм}]$$

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \quad (2.4)$$

Де, ε_6 — похибка базування заготовки; ε_3 — похибка закріплення заготовки.

$$\varepsilon_6 = \frac{\delta}{2 \times \sin \frac{\alpha}{2}} \quad (2.5)$$

$$\varepsilon_6 = \frac{210,5}{2 \times \sin \frac{90}{2}} = 150,357[\text{мкм}]$$

По таблиці 3.46 [1, с.103] підберемо $\varepsilon_3 = 90[\text{мкм}]$

$$\varepsilon = \sqrt{150,357^2 + 90^2} = 175,2347[\text{мкм}]$$

Залишкова похибка встановлення заготовки при чистовому розточуванні:

$$\varepsilon_{\text{чист.}} = 0,05 \times \varepsilon = 0,05 \times 175,2347 = 8,761735[\text{мкм}] \quad (2.6)$$

Залишкове просторове відхилення після чорнового розточування:

$$\Delta_H = 0,05 \times \Delta_H = 0,05 \times 148,846 = 7,4423[\text{мкм}] \quad (2.7)$$

Після першого технологічного переходу h для деталей з чавуну виключається з розрахунків, тому для чорнового та чистового розточування по таблиці 3.38 [3] приймаємо $R_z = 50[\text{мкм}]$.

Мінімальний припуск під розточуванні:

1) чорнове:

$$2 \times Z_{\text{min.чорн.}} = 2 \times \left[600 + \sqrt{148,846^2 + 175,2347^2} \right] = 2 \times 829,91[\text{мкм}]$$

2) чистове:

$$2 \times Z_{\text{min.чист.}} = 2 \times \left[50 + \sqrt{8,761735^2 + 7,4423^2} \right] = 2 \times 261,496[\text{мкм}]$$

Визначимо розрахункові розміри:

$$\phi D_{p2} = 20,4[\text{мм}]$$

$$\phi D_{p1} = \phi D_{p2} - 2 \times Z_{\text{min.чист.}} = 20,4 - 2 \times 261,496 = 20,27[\text{мм}] \quad (2.8)$$

$$\phi D_{p3} = \phi D_{p1} - 2 \times Z_{\text{min.чорн.}} = 20,27 - 2 \times 0,829 = 18,61[\text{мм}] \quad (2.9)$$

Призначимо допуски:

$$\delta_{\text{заг.}} = \pm 0,5 = 1000[\text{мкм}]$$

$$\delta_1 = 300[\text{мкм}]$$

$$\delta_2 = 30[\text{мкм}]$$

Визначимо найменші граничні розміри:

$$D_{max.заг.} = 18,6[\text{мм}]$$

$$D_{max.1} = 20,3[\text{мм}]$$

$$D_{max.2} = 20,4[\text{мм}]$$

Найменші граничні розміри:

$$D_{min.заг.} = D_{max.заг.} - \delta_{заг.} = 18,6 - 1 = 17,6[\text{мм}] \quad (2.10)$$

$$D_{min.1} = D_{max.1} - \delta_1 = 20,3 - 0,3 = 20,0[\text{мм}] \quad (2.11)$$

$$D_{min.2} = D_{max.2} - \delta_2 = 20,4 - 0,03 = 20,370[\text{мм}] \quad (2.12)$$

Визначимо граничні значення припуску:

1) мінімальні припуски:

$$2 \times Z_{min.1} = D_{max.1} - D_{max.заг.} = 20,3 - 18,6 = 1700[\text{мкм}] \quad (2.13)$$

$$2 \times Z_{min.2} = D_{max.2} - D_{max.1} = 20,4 - 20,3 = 100[\text{мкм}] \quad (2.14)$$

2) максимальні припуски:

$$2 \times Z_{max.1} = D_{min.1} - D_{min.заг.} = 20 - 17,6 = 2400[\text{мкм}] \quad (2.15)$$

$$2 \times Z_{max.2} = D_{min.2} - D_{min.1} = 20,370 - 20,0 = 370[\text{мкм}] \quad (2.16)$$

Загальні припуски:

$$2 \times Z_{min.общ.} = 2 \times Z_{min.1} + 2 \times Z_{min.2} = 1700 + 100 = 1800[\text{мкм}] \quad (2.17)$$

$$2 \times Z_{max.общ.} = 2 \times Z_{max.1} + 2 \times Z_{max.2} = 2400 + 370 = 2770[\text{мкм}] \quad (2.18)$$

Визначимо номінальний припуск:

$$2 \times Z_{ном.общ.} = 2 \times Z_{min.общ.} + \delta_{заг.} - \delta_2 = 1,8 + 0,5 - 0,03 = 2[\text{мм}] \quad (2.19)$$

$$d_{з.ном.} = d_{дет.ном.} - 2 \times Z_{ном.общ.} = 18[\text{мм}] \quad (2.20)$$

Проведемо перевірку правильності проведення розрахунків:

$$2 \times Z_{max.общ.} - 2 \times Z_{min.общ.} = \delta_{заг.} - \delta_2 \quad (2.21)$$

$$2770 - 1800 = 1000 - 30$$

$$970 = 970$$

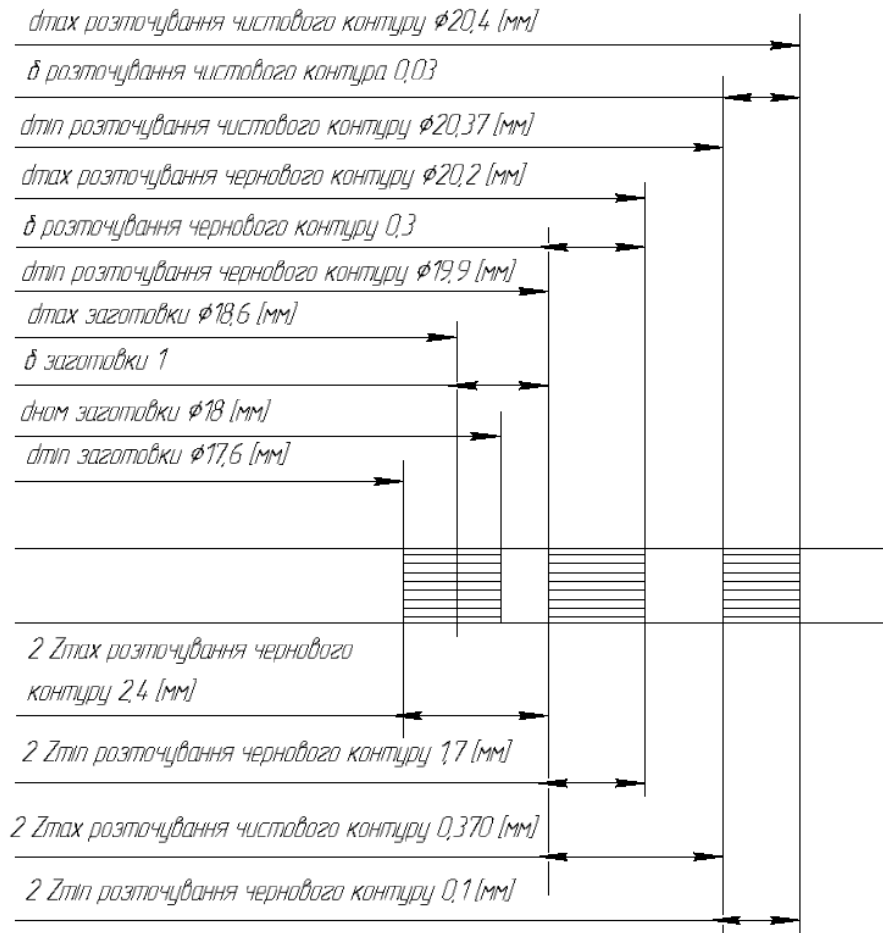


Рисунок 2.1 – Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку отвору $\phi 20$ [мм] корпусу паливного насоса ЕЦН-75Б

На інші оброблювані поверхні корпусу насоса призначаємо припуски і допуски по ГОСТ 26645-85. Розрахункові і табличні значення припусків записуємо в таблицю.

Таблиця 2.2 – Припуски заготовки корпусу паливного насоса ЕЦН-75Б

Поверхня	Розмір, [мм]	Припуск, [мм]		Допуск, [мм]
		Табличний	Розрахунковий	
1	$\phi 20$	2,2	2мм	0,4
2	$\phi 24$	2,2		0,4
3	$\phi 32$	2,2		0,4
4	$\phi 35$	2,4		0,4
5	$\phi 48$	2,8		0,5

Продовження таблиці 2.2

Поверхня	Розмір, [мм]	Припуск, [мм]		Допуск, [мм]
		Табличний	Розрахунковий	
6	Ø84	2,8		0,56
7	Ø92	2,8		0,56
8	Ø8	2,4		0,32
9	Ø14	2,4		0,36
10	Ø4	2		0,28
11	Ø12	2,4		0,36
12	48	2,4		0,5
13	135	1,5		0,64
14	Ø160	2,8		0,64

2.5 Режими різання для корпусу насоса ЕЦН-75Б

Загальні данні:

- матеріал заготовки — СЧ35;
- швидкість різання при свердленні [4, с.280]:

$$V = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S_y} \times K_v; \quad (2.22)$$

- Швидкість різання при розгортюванні та зенкеруванні [4, с.280]:

$$V = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times t^x \times S_y} \times K_v; \quad (2.23)$$

- Швидкість різання при фрезеруванні [4, с.282]:

$$V = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times t^x \times S_z^y \times B^u \times Z^p} \times K_v. \quad (2.24)$$

Величини коефіцієнтів C_v і показників ступеню приведені для свердлення у таблиці 28 [4], для розгортювання, зенкерування у таблиці 29 [4].

Величини коефіцієнтів C_v і показників ступеню приведені для свердлення у таблиці 28 [4], для фрезерування у таблиці 39 [4], а період T у таблиці 40 [4].

Загальний поправочний коефіцієнт K_v на швидкість різання, враховуючий фактичні умови різання розраховується згідно з формулою [4, с.276]

V — швидкість різання, $\left[\frac{\text{м}}{\text{хв}}\right]$;

D — діаметр ріжучого інструменту, мм;

T — стійкість інструменту, мм;

S — робоча подача;

t — глибина різання, мм;

z — число зубів фрези;

q, m, x, y, u, p — поправочні коефіцієнти;

B — ширина фрезерування, мм.

n — частота обертання інструмента, $\left[\frac{\text{об}}{\text{хв}}\right]$.

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} \quad (2.25)$$

Сила різання для свердлення P [Н] обчислюється за формулою [4, с.277]:

$$P = 10 \times C_p \times D^q \times S^y \times K_p \quad (2.26)$$

Сила різання для розгортання та зенкерування обчислюється за формулою [4, с.277]:

$$P = 10 \times C_v \times t^q \times S^y \times K_p \quad (2.27)$$

Сила різання для фрезерування обчислюється за формулою [4, с.282]:

$$P = \frac{10 \times C_p \times t^x \times S_z^y \times B^n \times z}{D^q \times n^w} \quad (2.28)$$

Степені основних фізичних величин являються поправними коефіцієнтами.

Крутний момент $M_{\text{кр}}$ для розгортання визначається за допомогою формули [4, с.277]:

$$M_{\text{кр}} = \frac{C_p \times t^q \times S_z^y \times D_z}{2 \times 100} \quad (2.29)$$

Крутний момент $M_{\text{кр}}$ [Н × м] для фрезерування обчислюється за допомогою формули [4, с.290]:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P \times D}{2 \times 100} \quad (2.30)$$

Потужність різання $N_{\text{різ}}$ [кВт] для свердлення, розгортання та зенкерування обчислюється за формулою [4, с.280]:

$$N_{\text{рез}} = \frac{M_{\text{кр}} \times n}{9750} \quad (2.31)$$

Потужність різання $N_{\text{різ}}$ [кВт] для фрезерування обчислюється за формулою [4, с.280]:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P \times V}{1020 \times 60} \quad (2.32)$$

Відповідно до вищезазначених формул, проведемо розрахунок основних фізичних елементів режимів різання для корпусу паливного насоса ЕЦН-75Б. Подамо кілька прикладів розрахунків режимів різання для даного паливного насоса, останні розраховані величини режимів різання приведемо у таблиці 2.3.

Розрахуємо режими різання для операції 010.

Режими різання для операції свердління діаметра дев'ятнадцяти міліметрів свердлом діаметром дев'ятнадцять міліметрів [4].

$$V = \frac{34,2 \times 19^{0,45}}{45^{0,2} \times 0,41^{0,30}} \times 1,1 = 0,086 \left[\frac{\text{м}}{\text{ХВ}} \right]$$

$$n = \frac{1000 \times 0,086}{\pi \times 0,019} = 1441,501 \left[\frac{\text{об}}{\text{ХВ}} \right]$$

$$P = 10 \times 42 \times 0,019^{1,2} \times 0,41^{0,75} \times 1,42 = 2,62 [\text{Н}]$$

$$M_{\text{кр}} = \frac{42 \times 7^0 \times 0,41^{0,75} \times 0,019 \times 4}{2 \times 100} = 0,0086 [\text{Н} \times \text{м}]$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{M_{\text{кр}} \times n}{9750} = \frac{0,0086 \times 1441,501}{9750} = 0,001243 [\text{кВт}]$$

Режими різання для операції зенкерування отвору $\emptyset 19,7$ [мм] зенкером $\emptyset 19,7$ [мм] ГОСТ 12489-71.

$$V = \frac{34,2 \times 19,7^{0,45}}{45^{0,2} \times 0,41^{0,30}} \times 1,1 = 0,087 \left[\frac{\text{м}}{\text{ХВ}} \right]$$

$$n = \frac{1000 \times 0,087}{\pi \times 0,0197} = 1406,4 \left[\frac{\text{об}}{\text{ХВ}} \right]$$

$$P = 10 \times 42 \times 0,0197^{1,2} \times 0,41^{0,75} \times 1,42 = 2,74 [\text{Н}]$$

$$M_{\text{кр}} = \frac{42 \times 7^0 \times 0,41^{0,75} \times 0,0197 \times 4}{2 \times 100} = 0,0085 [\text{Н} \times \text{м}]$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{M_{\text{кр}} \times n}{9750} = \frac{0,0085 \times 1406,4}{9750} = 0,00122 [\text{кВт}]$$

Режими різання для операції розгортання діаметра двадцять міліметрів розгортку діаметром двадцять міліметрів.

$$V = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_v \quad (2.33)$$

$$V = \frac{15,6 \times 0,020^{0,2}}{60^{0,3} \times 0,25^{0,1} \times 0,41^{0,5}} \times 1,1 = 0,0105 \left[\frac{\text{М}}{\text{ХВ}} \right]$$

$$n = \frac{1000 \times 0,0105}{\pi \times 0,020} = 167,3109 \left[\frac{\text{об}}{\text{ХВ}} \right]$$

$$P = 10 \times 23,5 \times 20^0 \times 0,41^{0,4} \times 1,42 = 191,6603 [\text{Н}]$$

$$M_{\text{кр}} = \frac{23,5 \times 0,25^{1,2} \times 0,41^{0,4} \times 20 \times 4}{2 \times 100} = 0,00063 [\text{Н} \times \text{м}]$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{M_{\text{кр}} \times n}{9750} = \frac{1,246 \times 261,146}{9750} = 1,08 \times 10^{-5} [\text{кВт}]$$

Режими різання для операції 015 фрезерування фаски фасонною фрезою 2 x45°.

$$V = \frac{72 \times 40^{0,7}}{80^{0,25} \times 0,4^{0,5} \times 0,10^{0,2} \times 20^{0,3} \times 1} \times 0,64 = 0,322 \left[\frac{\text{М}}{\text{ХВ}} \right]$$

$$n = \frac{1000 \times 0,322}{3,14 \times 0,040} = 2565,443 \left[\frac{\text{об}}{\text{ХВ}} \right]$$

$$P_z = \frac{10 \times 30 \times 0,4^{0,83} \times 0,1 \times 2^{0,3} \times 4}{40^{0,7} \times 1295^0} \times 1 = 69,05 [\text{Н}]$$

$$M_{\text{кр}} = \frac{0,322 \times 40}{2 \times 100} = 6,4 \times 10^{-5} [\text{Н} \times \text{м}]$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{5,2 \times 415,78}{1020 \times 60} = 0,00036 [\text{кВт}]$$

Таблиця 2.3 – Режими різання для деталі корпус насоса ЕЦН-75Б

№	$V \left[\frac{\text{М}}{\text{ХВ}} \right]$	$n \left[\frac{\text{об}}{\text{ХВ}} \right]$	$P [\text{Н}]$	$M_{\text{кр}} [\text{Н} \times \text{м}]$	$N_{\text{рез}} [\text{кВт}]$
010 (свердління)	0,086	1441,501	2,62	0,0086	0,001243
010 (зенкерування)	0,087	1406,4	2,74	0,0085	0,00122

Продовження таблиці 2.3

№	$V \left[\frac{\text{М}}{\text{ХВ}} \right]$	$n \left[\frac{\text{об}}{\text{ХВ}} \right]$	$P[\text{Н}]$	$M_{\text{кр}}$ [Н × м]	$N_{\text{рез}}[\text{кВт}]$
010 (розгорткування)	0,0105	167,3109	191,	0,00063	$1,08 \times 10^{-5}$
015	0,322	2565,443	69,05	$1,08 \times 10^{-5}$	0,00036
020	0,131	1044,367	69,05	$2,6 \times 10^{-5}$	0,000014
025	0,033	263,0345	1,034	$6,6 \times 10^{-6}$	$5,58 \times 10^{-7}$
030	0,128	5823,47	301	0,01	629×10^{-6}
035	0,131	1044,367	1,93	26×10^{-4}	722×10^{-5}
040	0,134	853,5	1408,3	0,94	0,003
045 (свердління)	0,0578	262,192	0,7	26×10^{-4}	722×10^{-5}
045 (зенкерування)	0,0305	1330,272	252,89	91×10^{-5}	$2,215 \times 10^{-5}$
045 (розгорткування)	0,0097	222,56	431,37	92×10^{-4}	21×10^{-5}
050	0,024	1307	1,93	26×10^{-4}	722×10^{-5}
055	0,024	1307	362,57	$2,4 \times 10^{-7}$	$4,8 \times 10^{-5}$
060	0,024	1307	362,57	$2,4 \times 10^{-7}$	$4,8 \times 10^{-5}$

2.6 Норми часу для корпусу насоса ЕЦН-75Б

Нормування операцій технологічного процесу [3]:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{осн}} + t_{\text{всп}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{отд}} \quad (2.34)$$

$t_{\text{шт}}$ – штучно-калькуляційний час, [хв.];

$t_{\text{осн}}$ – основний час, [хв.];

$$t_{\text{осн}} = \frac{l}{s \times n} \quad (2.35)$$

l – довжина обробної поверхні;

S – робоча подача, $\left[\frac{\text{мм}}{\text{об}}\right]$

$t_{\text{всп}}$ – допоміжний час, [хв.];

$$t_{\text{всп}} = \varepsilon \times t_{\text{очн}} + \left[\frac{t_{\text{см}} \times t_{\text{очн}}}{T} \right] \quad (2.36)$$

$t_{\text{см}}$ – час на зміну інструменту;

$t_{\text{обсл}}$ – час на обслуговування, [хв.];

$$t_{\text{обсл}} = 0,06 \times t_{\text{оп}} \quad (2.37)$$

$t_{\text{оп}}$ – оперативний час, [хв.];

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{очн}} + t_{\text{в}} \quad (2.38)$$

$t_{\text{отд}}$ – час на відпочинок, [хв.];

$$t_{\text{отд}} = t_{\text{оп}} - 0,04 \times t_{\text{оп}} \quad (2.39)$$

Приведемо приклад розрахунку операції 010 для корпусу паливного насоса ЕЦН-75Б, наступні результати розрахунків приведемо у таблиці 2.4.

Розрахуємо норми часу для операції 010 свердлення:

$$t_{\text{очн}} = \frac{75 \times \pi}{0,41 \times 1407,64} = 0,4[\text{хв}]$$

$$t_{\text{всп}} = 0,45 \times 0,4 + \left[\frac{0,17 \times 0,4}{45} \right] = 0,18[\text{хв}]$$

$$t_{\text{оп}} = 0,4 + 0,18 = 0,58[\text{хв}]$$

$$t_{\text{обсл}} = 0,06 \times 0,58 = 0,348[\text{хв}]$$

$$t_{\text{отд}} = 0,58 - 0,04 \times 0,58 = 0,56[\text{хв}]$$

$$t_{\text{шт}} = 0,4 + 0,18 + 0,348 + 0,56 = 1,5[\text{хв}]$$

Розрахуємо норми часу для операції 010 зенкерування:

$$t_{\text{очн}} = \frac{75 \times \pi}{0,41 \times 1406,4} = 0,4[\text{хв}]$$

$$t_{\text{всп}} = 0,45 \times 0,4 + \left[\frac{0,17 \times 0,4}{45} \right] = 0,18[\text{хв}]$$

$$t_{\text{оп}} = 0,4 + 0,18 = 0,58[\text{хв}]$$

$$t_{\text{обсл}} = 0,06 \times 0,58 = 0,348[\text{хв}]$$

$$t_{\text{отд}} = 0,58 - 0,04 \times 0,58 = 0,56[\text{хв}]$$

$$t_{\text{шт}} = 0,4 + 0,18 + 0,348 + 0,56 = 1,5[\text{хв}]$$

Розрахуємо норми часу для операції 010 розгорткування:

$$t_{\text{осн}} = \frac{75 \times \pi}{0,41 \times 167,31} = 3,43[\text{хв}]$$

$$t_{\text{всп}} = 0,45 \times 3,43 + \left[\frac{0,17 \times 3,43}{45} \right] = 1,5[\text{хв}]$$

$$t_{\text{оп}} = 3,43 + 1,5 = 4,93[\text{хв}]$$

$$t_{\text{обсл}} = 0,06 \times 4,93 = 0,3[\text{хв}]$$

$$t_{\text{отд}} = 4,93 - 0,04 \times 4,93 = 4,7[\text{хв}]$$

$$t_{\text{шт}} = 3,43 + 1,5 + 0,3 + 4,7 = 9,93[\text{хв}]$$

Таблиця 2.4 – Норми часу для корпусу насоса ЕЦН-75Б

№	$t_{\text{осн}}$ [хв]	$t_{\text{всп}}$ [хв]	$t_{\text{обсл}}$ [хв]	$t_{\text{отд}}$ [хв]	$t_{\text{шт}}$ [хв]
010 (свердління)	0,4	0,18	0,348	0,56	1,5
010 (розгорткування)	3,43	1,5	0,3	4,7	9,93
015	0,193	0,087	0,00522	0,27	0,5
020	0,827	0,374	0,072	1,152	2,425
025	2,987	1,347	0,26	4,154	8,741
030	1,81	0,8	0,15	2,5	5,26
035	13,9	6,26	1,242	19,872	41,274
040	10,35	4,6	0,897	14,352	30,2
045 (свердління)	0,1	0,045	0,0087	0,14	0,2937
045 (зенкерування)	16	7,3	1,398	22,368	47
045 (розгорткування)	16	7,24	1,4	1,344	25,984
050	1,4	0,6	0,12	1,92	4,04

Продовження таблиці 2.4

№	$t_{\text{осн}}$ [XB]	$t_{\text{всп}}$ [XB]	$t_{\text{обсл}}$ [XB]	$t_{\text{отд}}$ [XB]	$t_{\text{шт}}$ [XB]
055	0,48	0,2	0,0408	0,65	1,37
060	10,53	4,76	0,9174	14,67	30,8

2.7 Опис дії технологічного оснащення

Технологічне оснащення складається з двох вузлів, які відповідають за фіксацію заготовки. Один вузол здійснює фіксацію заготовки зверху, а інший вузол утримує заготовку знизу. Це технологічне обладнання використовується на п'ятикоординатному фрезерному верстаті, який може обертати стіл навколо своєї осі, надаючи кращий доступ ріжучому інструменту до оброблюваної поверхні.

Перший вузол складається з вертикальної стійки, на якій за допомогою болтових з'єднань закріплена горизонтальна плита. Горизонтальна плита являє собою деталь, прямокутної форми з бортиками.

Підтримуючу деталь можна переміщати по горизонтальній плиті, що забезпечує можливість змінювати місце для вкладання сил притиску.

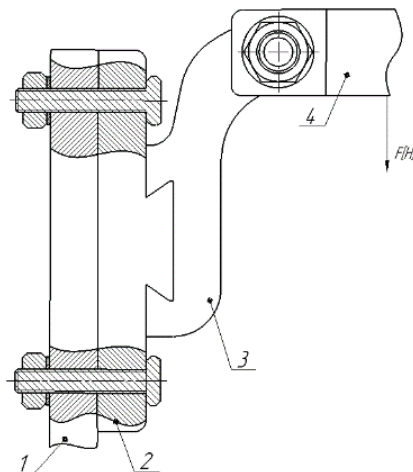


Рисунок 2.2 – Перший вузол технологічного оснащення:

1 – вертикальна стійка; 2 – горизонтальна плита; 3 – підтримувач;

4 – відкидний затискач

Вертикальна плита закріплюється зі столом завдяки болтовому з'єднанню.

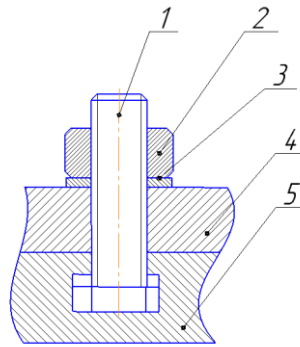


Рисунок 2.3 – Болтове з'єднання вертикальної стійки за столом:

1 – болт; 2 – гайка; 3 – шайба; 4 – вертикальна стойка; 5 – стіл

Другий вузол включає в себе такі деталі, як: дві основи, одну опору, чотири планки, чотири призми, чотири кришки. Другий вузол забезпечує рух призми відносно друг друга.

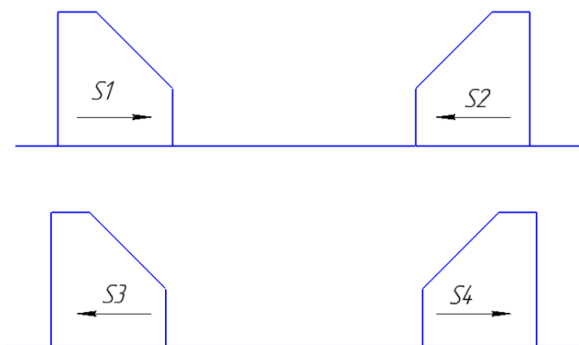


Рисунок 2.4 — Можливі напрямки руху призми відносно друг друга:

S_1, S_2, S_3, S_4 — можливі напрямки руху

Завдяки конструкції призми можливо забезпечити найбільш близьку відстань призми відносно друг до друга.

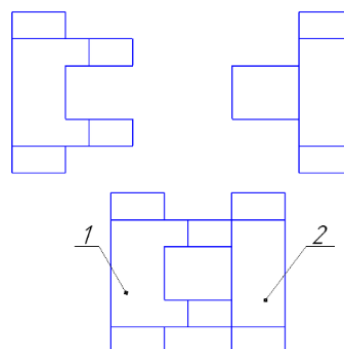


Рисунок 2.5 — Взаємодія призми друг з другом: призма 1; призма 2

Призми фіксуються планками завдяки гвинтовому з'єднанню.

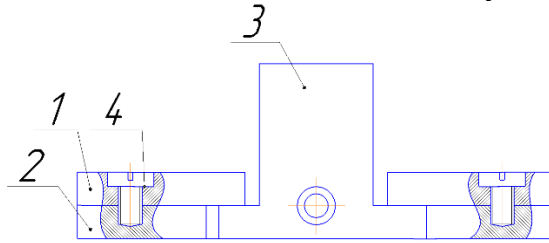


Рисунок 2.6 — Кріплення призми: 1 — планка; 2 — основа; 3 — призма; 4 — гвинт

Рух призми здійснюється завдяки передачі гвинт-гайка. На рисунку ми можемо побачити дію передачі гвинт-гайка. Ця передача може передавати прямий рух призмі через обертання гвинта 2, який передає поступальний рух гайці 5. Гайка передає поступальний рух підшипникам ковзання 4, залежно від напрямку обертання гвинту. Кришка 3 потрібна для того, щоб пересунути призму 1 назад через передачу сили передачею гвинт-гайка.

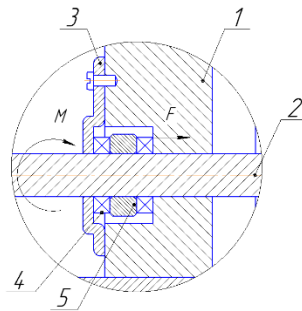


Рисунок 2.7 — Схема передачі дії гвинт-гайка:

1 — призма; 2 — гвинт; 3 — кришка; 4 — підшипник ковзання; 5 — гайка

Основи можна пересувати по опорі, що надає гнучкості технологічному оснащенню. Основи закріплюються зі столом болтовим з'єднанням. Опора з'єднується з столом двома болтами болтовим з'єднанням.

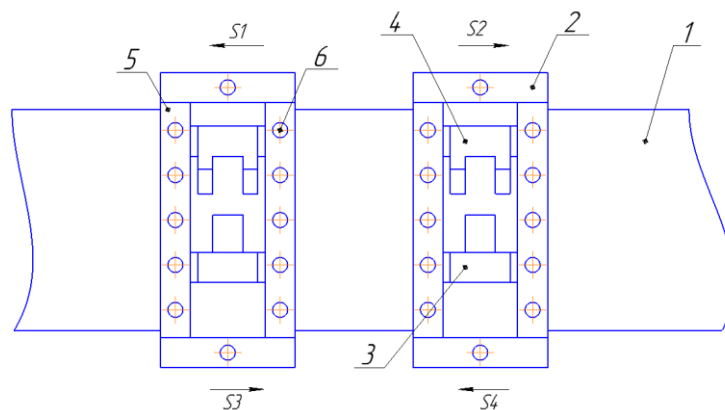


Рисунок 2.8 — Взаємодія основ з опорою: 1 — опора; 2 — основа; 3 — призма 1; 4 — призма 2; 5 — планка; 6 — гвинт; S_1, S_2, S_3, S_4 — можливі напрямки руху

Розроблене технологічне оснащення може бути використане для виготовлення деталі корпусу насоса. Завдяки потенційній можливості переналагоджування, технологічне оснащення може піддаватися вдосконаленню відповідно до форми і вимог щодо виготовлення конкретної деталі. Можливість переналагоджування оснащення може значно знизити виробничі витрати. Тому, що проектувати окремо технологічне оснащення для конкретної деталі немає необхідності, є необхідність додати якийсь новий вузол в систему технологічної оснастки, яка має можливість удосконалюватися з плином зростання потреб виробництва.

Підсумок технологічного розділу

В даному розділі було спроектовано технологічне оснащення для корпусних деталей. В якості деталі було взято корпус насоса ЕЦН-75Б. Для нього було розраховано припуски на механічну обробку, режими різання, норми часу. Були складені маршрутні карти та карту ескізів. Залишкова похибка установки заготовки при чистовому розточуванні:

$$\varepsilon_{\text{чист.}} = 6,585 [\text{мкм}]$$

Залишковий просторове відхилення після чорнового розточування:

$$\Delta_{\text{н}} = 6,735 [\text{мкм}]$$

3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Маркетингові дослідження ринку збуту продукції для визначення програми випуску виробів

За допомогою розробленого технологічного оснащення приведемо переваги застосування цього верстатного пристрою для закріплення та механічної обробки заготовок корпусу паливного насоса. Технологічне оснащення, яке встановлюється на стіл фрезерного верстату забезпечує мінімальну кількість установ для механічної обробки, що дає змогу зменшити час на обробку та збільшити швидкість виготовлення деталей без втрати якості, зменшування собівартості та зниження вартості виготовлення деталі, такої як корпус паливного насоса, яка використовується у паливній системі літака АН-140. Через розрахунок собівартості виготовлення корпусу паливного насоса доведемо, що використання технологічної оснастки збільшує виробничу потужність виробництва.

В таблиці 3.1 представимо діяльність виробництв, які були розглянуті у даному пункту.

Таблиця 3.1 — Діяльність підприємств

Підприємства	Діяльність
ФЄД	Серійне виготовлення, ремонт і модернізація агрегатів для гідравлічних, паливних та електричних систем авіаційної техніки
Харківське авіаційне виробництво	Випуск пасажирських, транспортних, військових ракет. Виготовлення деталей для ракет.
Публічне акціонерне співтовариство	Випуск електродвигунів, авіаційних електрогенераторів і стартер генераторів, колектора, якорі електродвигунів постійного струму, ротора електродвигунів змінюваного струму, статора електродвигунів змінюваного та постійного струму.
Харківське агрегатне конструкторське бюро	Розробка та виготовлення агрегатів для гідравлічних систем літального апарату, космічної техніки, військово-транспортних машин та суднобудуванні.
Красилівський агрегатний завод	Приймає закази на виготовлення деталей на токарно-фрезерних, вертикально-фрезерних та координатно-пробивних центрів для оброблювання металів.

Для аналізу ринку були розглянуті такі підприємства України, як ФЄД, Харківське авіаційне виробництво, публічне акціонерне співробітництво

«Дніпровський завод», Харківське агрегатне конструкторське бюро, Красилівський агрегатний завод. Ці виробництва співпрацюють з такими споживачами, як авіаційні, машинобудівні, суднобудівні виробництва, з виробництвами військового напрямку та іноземними споживачами.

Основними конкурентами на ринку є величезні компанії, які спрямовані на реалізацію складних замовлень з механічної обробки, виготовлення деталей для агрегатів, робота по виготовленню і складанню агрегатів. Вони є — дуже популярними, і тому з ними дуже складно конкурувати. І тому, маркетингова стратегія буде будуватися на основі співробітництва з виробництвами. Для того, щоб вийти на ринок і на співпрацю з іншими компаніями ми обов'язані заявити про себе світу, за допомогою власного сайту виробництва, через соціальні мережі, через інститути, та різні зібрання фахівців та підприємців. Ми обов'язані мати охайний стан нашого виробництва та чудові умови праці для співробітників. Наша стратегія буде іще будуватися на зниженні цін для механічної обробки деталей, збільшення швидкості та якості праці.

Ринок попиту для нашої сфери виробництва, яка спрямована на послугу механічної обробки деталей простягається від людей які займаються машинами, мотоциклами до величезних авіаційних підприємств.

3.2 Вихідні данні для розрахунків техніко-економічних показників роботи проєктованого виробництва

3.2.1 Перелік основних допоміжних робочих, інженерно-технічних робітників, молодшого обслуговуючого персоналу (МОП), с зазначенням спеціальностей та кваліфікації

Визначимо трудомісткість кожної операції по механічному оброблюванню заготовок з корпусу паливного насоса

T — трудомісткість на одну одиницю виробу;

$K_{\text{одн}}$ — кількість працівників

$$T = t_{\text{шт}} \times K_{\text{одн}} \quad (3.1)$$

Розрахуємо трудомісткість виробу корпусу паливного насоса, результати приведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Трудомісткість операцій корпусу паливного насосу ЕЦН-75Б

№	010	010	010	015	020	030	035	040	045	045	045	050	055	060
$t_{шт}$	1,5	1,5	9,9	0,5	2,42	8,74	41,274	30,2	0,2937	4	25,984	4,04	1,37	30,8
$K_{одн}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
T	1,5	1,5	9,9	0,5	2,42	8,74	41,274	30,2	0,2937	4	25,984	4,04	1,37	30,8

$\sum_{i=1}^n T_i, [г]$ — сумарна трудомісткість виробу деталі.

$$\sum_{i=1}^n T_i = 2,7[г]$$

Таблиця 3.3 — Трудомісткість корпусу паливного насоса

Виробничі одиниці	Трудомісткість [нормо – год.]
Корпус паливного насоса	2,7

За допомогою формули [8,с.7] визначимо річну програму запуску у виробництво виробів:

$$N_3 = N_B \times \left(1 + \frac{NB}{100}\right) \quad (3.2)$$

Де N_B — річна програма випуску виробу, шт.;

$NB = 7$ — технічно неминучі втрати %.

В таблиці 3.4 представлена виробнича програма випуску для корпусної деталі.

Таблиця 3.4 — Виробнича програма випуску

Деталь	N_B
Корпус паливного насоса	700

$$N_3 = 700 \times \left(1 + \frac{7}{100}\right) = 749[шт]$$

Таблиця 3.5 — Виробнича програма запуску

Деталь	N_3
Корпус паливного насосу	749

Визначимо річну трудомісткість $TГ_i$ по i -му обладнанню:

$$TГ_i = T_i \times N_3 = 2,7 \times 749 = 2022,3 \quad (3.3)$$

Розрахункова кількість обладнання по кожній операції знаходимо за формулою:

$$O_{pi} = \frac{T_{pi}}{(РДФО_i \times КВН_i \times КО_i)} \quad (3.4)$$

$T_{pi} = 2022,3$ — річна трудомісткість

$РДФО_i$ — річний діючий фонд часу праці обладнання на i -ой операції, год.;

$КВН_i$ — коефіцієнт здійснення норм часу вироблення на i -ой операції

$КВН_i = 1,1$;

$КО_i$ — кількість одночасно працюючих на даному обладнанні $КО_i = 1$

$$O_{pi} = \frac{2022,3}{3900 \times 1,1 \times 1} = 0,47 = 1$$

Вичислимо загальну споживчу потужність EO , загальну ремонтну складність PCO і загальну вартість $ЦO$.

$$EO = E \times ОП = 10 \times 1 = 10[\text{кВт}] \quad (3.5)$$

$E = 10[\text{кВт}]$ — споживча електрична потужність

$$PCO = PC \times ОП = 4 \times 1 = 4 \quad (3.6)$$

$$ЦO = Ц \times ОП \quad (3.7)$$

$ЦO$ — загальна вартість

$ОП$ — Прийнята кількість обладнання;

PC — ремонтна складність фрезерного станку $PC = 4$

$Ц = 640\,000$ [грн] — вартість обладнання;

$$ЦO = 640\,000 \times 1 = 640\,000 \text{ [грн]}$$

K_{zi} — коефіцієнт завантаження обладнання визначається за формулою:

$$K_{zi} = \frac{OP}{OП} = \frac{0,47}{1} = 0,47 \quad (3.8)$$

Таблиця 3.6 — Кількість основного обладнання

Найменування обладнання	Річна трудомісткість T_{pi} [нормо – год]	Річний час РДФО _i	Кількість обладнання		Коефіцієнт завантаження K_{zi}
			ОР _i	ОП _i	
Фрезерний верстат	2022,3	3900	0,47	1	0,47

Таблиця 3.7 — Данні основного обладнання

Найменування обладнання	Трудомісткість робіт, нормо-год.	Розряд робіт	Електрична потужність, кВт	Ремонтна складність	Вартість обладнання, грн
Фрезерний верстат	3	4	10	4	640 000

3.2.2 Наявність виробничих приміщень виробничого та підсобного призначення.

Визначимо первісною вартість основних засобів підприємства

Вартість будинку визначаємо за об'єм приміщень відповідного призначення й питомої вартості одиниці об'єму:

$$ВБ = ОК \times ВК + ОП \times ВП \quad (3.9)$$

Де ОК — об'єм виробничого корпусу, де розташовані виробничі, допоміжні й складські приміщення, [м³];

ОП — об'єм багатоповерхової прибудови, де перебувають конторські, побутові, інші приміщення, відділи й служби, [м³];

ВК — вартість 1 [м³] виробничого корпусу (2000 [грн/м³]);

ВП — вартість 1 [м³] прибудови (3500 [грн/м³]);

Визначимо виробничу площу цеха по формулі:

$$S_p = ОП \times S_{уд} \quad (3.10)$$

$S_{уд}$ — питома площа на одиницю обладнання в м²/станок

Площу на одиницю металорізального обладнання для механічних ділянок визначимо згідно з таблицею 7.7 [9, с.172]

$$S_{уд} = 15[\text{м}^2]$$

$$S = 2 \times 15 = 30[\text{м}^2]$$

При виконанні розрахункової роботи планування виробничого цеху й ділянок не виконують, тому допоміжні, складські, конторсько-побутову й іншу площі можна розрахувати за нормативами у відсотках від виробничої площі через коефіцієнт $K_{пл}$. У середньому для виробництв із кількістю робітників до чотирьохсот чоловік допоміжна площа становить 15%, складська площа 15%, конторсько-побутова площа 35% і інша площа 10%.

Результати розрахунку площ цеху й вартості будинку підприємства представимо в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 — Розрахунок вартості будинку підприємства

Тип площі	$K_{пл}, \%$	$S[\text{м}^2]$	h, м	$V = S \times h, \text{м}^3$	ВБ, грн
Виробнича	—	30	5	150	240000
Допоміжна	15	4,5	5	22,5	78750
Складська	15	4,5	5	22,5	78750
Конторсько-побутова	35	10,5	3	31,5	110 250
Інша	10	3	5	15	52 500
Усього	—	52,5	—	211,5	560 250

Витрати на придбання основного обладнання цеху визначено раніше. До цієї вартості необхідно додати витрати на транспортування й монтаж устаткування, щоб одержати повну вартість обладнання ВОП:

$$\text{ВОП} = \text{ЦО} \times \frac{(1+\text{НТМ})}{100} = 1\,300\,000 \times \frac{(1+15)}{100} = 208\,000[\text{грн}] \quad (3.11)$$

Крім основного технологічного обладнання на підприємстві є й інше устаткування. У розрахунковій роботі вартість цього устаткування можна прийняти у відсотках від вартості основного обладнання в таких межах: транспортні засоби — 10%, вимірювальні прилади — 5%, інструменти й пристосування — 10%, виробничий і господарський інвентар — 2%.

Таблиця 3.9 — Вартість основних коштів і річна амортизація

Групи засобів	$K_{уд.} \%$	Вартість, грн	Норма амортизації, %	Річна амортизація, грн
Будинки	—	560250	5	28 012,5
Обладнання	—	640 000	10	64000
Транспортні засоби	10	130 020,8	20	26004,16
Вимірювальні прилади	5	65 010,4	25	16 252,6
Інструменти і пристрої	10	130 020,8	25	32 505,2
Виробничий і господарський інвентар	2	26004,16	25	6501,04
Усього	—	2 211 514,16	—	239 296,3

3.3 Розрахунок основних техніко-економічних показників проєктованого виробництва

3.3.1 Розрахунок кількості працівників цеху за категоріями працюючих

До промислово-виробничого персоналу підприємства належать такі працівники: основні виробничі й допоміжні робітники, фахівці (інженерно-технічні працівники), службовці, молодший обслуговуючий персонал (МОП).

Кількість основних (виробничих) робітників розраховуємо за видами робочих місць із урахуванням річної трудомісткості робіт на цих місцях:

$$КОР_i = \frac{ТР_i}{РДФР_i \times КВН_i} \quad (3.12)$$

$КОР_i$ — кількість основних (виробничих) робітників;

$ТР_i$ — річна трудомісткість i -ої операції;

$РДФР_i = 1800[\text{год}]$ — річний дійсний фонд часу роботи робітників;

$КВН_i$ — коефіцієнт виконання норм виробітку $КВН_i = 1,1$

$$KOP_i = \frac{2022,3}{1800 \times 1,1} = 1,023$$

Прийнятою кількістю робітників вважаємо таку, що дорівнює цілій частині.

Таблиця 3.10 — Кількість основних виробничих робітників

Номер робочого місяця	Річна трудомісткість TR _i [нормо – год]	Річний час РДФР _i	Розряд робіт	Кількість робітників	
				Розрахункова	Прийнята
1	2022,3	1800	4	1,023	1

Кількість допоміжних робітників розраховуємо за нормами обслуговування щодо кількості основних робітників, загальної ремонтної складності обладнання, загальної споживаної електричної потужності залежно від професії. Використовуючи нормативи, визначаємо кількість допоміжних робітників по кожній професії.

Таблиця 3.11 — Кількість допоміжних робітників

Професія	Норма обслуговування	Вимірник норми	Кількість робітників, люд.	Розряд
Контролер	20	Основні робітники	1	5
Наладчик обладнання	30	Основні робітники	1	4
Електромонтер	300	КВт	1	5
Слюсар з ремонту обладнання	250	Ремонтні одиниці	1	4

Продовження таблиці 3.11

Комірник інструментальної комори	130	Основні робітники	1	—
Комірник складів	50	Основні робітники	1	—
Розподілювач робіт	70	Основні робітники	1	—
Транспортний робітник	50	Основні робітники	1	—
Прибиральник цеху	60	Основні робітники	1	—

Кількість фахівців, службовців і молодшого обслуговуючого персоналу визначаємо за нормами кількості, нормами керованості й обслуговування або у відсотках від кількості робітників.

У таблиці 3.12 наведено дані про кількість названих вище працівників для виробничих ділянок машинобудівних підприємств залежно від кількості основних робітників.

Таблиця 3.12 — Кількість фахівців виробничого цеху

Посада	Кількість	Оклади, грн/міс
Начальник цеху	1	12000
Начальник техбюро	1	12000
Механік цеху	1	10 000
Контрольний майстер	1	10 000
Змінний майстер	2	8000
Технолог	1	10000
Диспетчер	1	6000
Нормувальник	1	7000
Програміст	1	8000

В таблиці 3.13 представимо кількість службовців і МОП виробничого цеху (МОП — молодший обслуговуючий персонал).

Таблиця 3.13 — Кількість службовців і МОП виробничого цеху

Посада	Кількість працівників	Оклади, грн/міс
Службовці		
Обліковець	1	6700
Завгосп	1	7000
Секретар (референт)	1	7500
МОП		
Прибиральник службових приміщень	1	5000

3.3.2 Визначення середньомісячного заробітку за категоріями працівників

При розрахунках заробітної плати за основу приймаємо загальноприйнятую її структуру: основна зарплата з годинними доплатами й додатковою зарплатою, що складається з денних і місячних доплат.

Годинні доплати до основної зарплати являють собою доплати, які формуються за рахунок фонду зарплати, і можуть бути таких видів: премії з фонду зарплати, премії з фонду майстра, доплати за роботу в нічний час, за керівництво бригадою, за навчання учнів. Ці фонди формують за узгодженням із трудовим колективом підприємства.

Додаткова зарплата складається з денних доплат підліткам і матерям, що годують, а також з місячних доплат у вигляді оплати відпусток і оплати за виконання державних обов'язків.

Основну відрядну заробітну плату основних виробничих робітників можна визначити виходячи із сумарної річної трудомісткості робіт і середньої ставки:

$$OЗОР = TP \times СГС \quad (3.13)$$

OЗОР — основна відрядна заробітна плата;

TP — трудомісткість виробу товару;

СГС — середня заробітна ставка.

$$OЗОР = 2,7 \times 50 = 135[\text{грн}]$$

Середня годинна ставка відповідає середньому розряду робіт, що виконуються в цеху. На основі даних таблиці 3.14 можна одержати середні значення.

Таблиця 3.14 — Розрахункові дані Р × КОР і КОР × ГС

Розряд робіт	Кількість робітників КОР, люд.	Годинна ставка ГС, грн/нормо-год	Розрахункові дані	
			Р × КОР	КОР × ГС
4	1	50	50	50

СР — середній розряд робіт;

$$СР = 3$$

$$СГС = \frac{\Sigma(\text{КОР} \times \text{ГС})}{\Sigma \text{КОР}} \quad (3.14)$$

СГС — середня годинна ставка.

$$СГС = \frac{50}{1} = 50[\text{грн}]$$

$$\text{ДЗОР} = \text{ОЗОР} \times \frac{\text{НДО}}{100} \quad (3.15)$$

Де ОЗОР — основна зарплата основних виробничих робітників цеху;

НДО = 50% — норматив додаткової заробітної плати основних робітників, %;

ДЗОР — додаткова зарплата основних виробничих робітників цеху.

$$\text{ДЗОР} = 135 \times \frac{50}{100} = 67,5[\text{грн}]$$

Загальна зарплата (фонд оплати праці) основних робітників.

$$\text{ФОПОР} = \text{ОЗОР} + \text{ДЗОР} = 135 + 67,5 = 202,5[\text{грн}]$$

Заробітну плату допоміжних робітників визначають залежно від їхніх розрядів, виду оплати праці й відпрацьованого часу. Отже, по кожній професії допоміжних робітників необхідно визначити три показники заробітку за такими формулами:

$$\text{ОЗДР} = \text{КДР} \times \text{КГМ} \times \text{СОЧ} \quad (3.16)$$

$$\text{ОЗДР} = 1 \times 160 \times 50 = 8000[\text{грн}]$$

$$\text{ДЗДР} = \text{ОЗДР} \times \frac{\text{НДД}}{100} \quad (3.17)$$

$$\text{ДЗДР} = 8000 \times \frac{22}{100} = 1760[\text{грн}]$$

$$\text{ДЗДР} = 5600 \times \frac{22}{100} = 1232[\text{грн}]$$

$$\text{ФОПДР} = \text{ОЗДР} + \text{ДЗДР} \quad (3.18)$$

$$\text{ФОПДР} = 8000 + 1760 = 9760[\text{грн}]$$

Де КГМ — кількість годин, що відпрацьовується робітником за місяць (час роботи);

НДД = 35% — норматив додаткової заробітної плати основних робітників;

ДЗДР — додаткова зарплата допоміжних робочих;

ФОПДР — фонд оплати праці допоміжних робочих;

СОЧ — ставка оплати за одиницю часу (у гривнях за годину або місяць);

КДР — кількість допоміжних робітників певної професії.

Таблиця 3.15 — Заробітна плата допоміжних робітників

Посада	КДР, люд.	КГМ [місяць]	СОЧ	ОЗДР, грн	ДЗДР, грн	ФОПДР, грн
Контролер	1	160	50	8000	1760	9760
Наладчик обладнання	1	160	50	8000	1760	9760
Електромонтер	1	160	65	10400	2288	12 688
Слюсар з ремонту обладнання	1	160	57	9120	2006,4	11 126,4
Комірник інструментальної комори	1	160	47	7520	1654,4	9174,4
Комірник складів	1	160	51	8160	1795,2	9955,2
Розподільувач робіт	1	160	48	7680	1689,6	9369,6

Продовження таблиці 3.15

Транспортний робітник	1	160	50	8000	1760	9760
Прибиральник цеху	1	160	35	5600	1232	6832
Всього	—	—	505	72 480	15 945,6	88 425,6

Праця фахівців, службовців і МОП оплачується за посадовими окладами. Посадові оклади наведено в таблицях 3.16 і 3.17. Розрахунки основних, додаткових і загальної заробітних плат за рік для даних категорій працівників визначаємо за такими формулами:

$$OЗ = КП \times 11 \times СМ \quad (3.19)$$

КП — кількість працівників (фахівців, службовців або МОП);

СМ — ставка (місячний оклад);

$$OЗ = 1 \times 11 \times 12000 = 132\,000 [\text{грн/рік}]$$

$$ДЗ = OЗ \times \frac{НДСМ}{100} \quad (3.20)$$

$$ДЗ = 132000 \times \frac{25}{100} = 33000 [\text{грн/рік}]$$

НДСМ = 25% — норматив додаткової заробітної плати службовців і молодшого обслуговуючого персоналу, %;

$$ФОП = OЗ + ДЗ \quad (3.21)$$

$$ФОП = 132000 + 33000 = 165000 [\text{грн/рік}]$$

OЗ, ДЗ, ДОП — основна, додаткова й загальна зарплати за рік відповідних працівників.

Таблиця 3.16 — Зарплати за рік відповідних працівників

Посада	КП	СМ	OЗ	ДЗ	ФОП
Начальник цеха	1	12000	132000	33000	165000
Начальник техбюро	1	12000	132000	33000	165000
Механік цеху	1	10000	110000	27500	137500

Продовження таблиці 3.16

Контрольний майстер	1	8000	88000	22000	110000
Змінний майстер	2	8000	176000	44000	220000
Технолог	1	10000	110000	27500	137500
Диспетчер	1	6000	66000	16500	96250
Нормувальник	1	7000	77000	19250	110000
Програміст	1	8000	88000	22000	1003750
Всього	—	—	979000	244750	1223750

Таблиця 3.17 — Кількість і фонд оплати праці фахівців

Посада	КП, люд.	СМ, грн	ОЗ, грн	ДЗ, грн	ФОП, грн
Обліковець	1	6700	18425	92125	92125
Завгосп	1	7000	19250	96250	96250
Секретар	1	7500	20625	103125	103125
Всього	1	35200	233200	58300	291500

3.3.3 Розрахунок нормативів загальновиробничих витрат

Проведемо розрахунок нормативів загальновиробничих витрат. При розрахунку нормативів загальновиробничих витрат на підприємстві попередньо розраховуємо річні загальновиробничі витрати на підприємстві, що складаються з річних змінних витрат і річних постійних витрат.

3.3.3.1 Розрахунок річної величини змінних загальновиробничих витрат

Розрахунок річної величини змінних загальновиробничих витрат.

Зазначені витрати містять чотири статті витрат, кожна з яких складається з декількох елементів витрат.

Стаття перша враховує витрати на утримання і експлуатації обладнання за п'ятьма елементами витрат:

1) Витрати на допоміжні матеріали (мастильні, обтиральні, охолоджувальні) визначають у розмірі одній тисячі гривень на рік на одне робоче місце;

2) Витрати на силову електроенергію (можна приймати в розмірі трьох тисяч гривень на рік на один кіловат установленної потужності при двох змінній роботі);

3) Річна оплата праці наладчика обладнання й електромонтерів;

4) Нарахування до фонду ЄСВ на річну зарплату слюсарів з обслуговування встаткування й електромонтерів

5) Інші витрати, пов'язані з використанням обладнання (приймаємо у розмірі двох процентів від суми видатків за попередніми елементами витрат).

Стаття друга враховує видатки цеху на внутрішньозаводське переміщення вантажів за трьома елементами витрат:

1) Річна оплата праці транспортних робітників цеху;

2) Нарахування до фонду ЄСВ на зарплату транспортних робітників (НЄСВ від ФОП);

3) Інші витрати у вигляді оплати послуг транспортного цеху заводу за користування транспортними засобами (50% від ФОП пункту один);

Стаття третя враховує видатки на утримання персоналу, зайнятого обслуговуванням виробничого процесу в цеху за трьома елементами витрат;

1) Річна оплата праці допоміжних робітників:

2) Нарахування до фонду ЄСВ на зарплату (НЄСВ від ФОП цих категорій працівників).

3) Інші витрати, пов'язані з обслуговуванням виробничого процесу цеху (приймаємо в розмірі двох процентів від ФОП пункту один);

Стаття четверта враховує витрати на контроль виробничого процесу і складається із трьох елементів витрат:

1) Річна оплата праці контролерів

2) Нарахування до фонду ЄСВ на зарплату контролерів (НЄСВ від ФОП);

3) Інші витрати, пов'язані з контролем виробничого процесу (приймаємо у розмірі п'яти процентів від пункту один).

Таблиця 3.18 — Річні величини змінних загальновиробничих витрат

№	Стаття витрат	Формула розрахунку елементів витрат	Величина
1	Утримання і експлуатація обладнання	1) $1000 \times \text{ОП}$	3000
		2) $3000 \times \text{ЕО}$	9000
		3) зарплата професій наладчика обладнання й електромонтерів	18400
		4) $(\text{Величина елементів 3}) \times \frac{22}{100}$	4048
		Сума по елементах 1-4	34 448
2	Внутрішньо заводське переміщення вантажів	Оплата праці транспортних працівників цеху	8000
		$(\text{Величина елементів 1}) \times \frac{22}{100}$	1760
		$(\text{Величина елементів 1}) \times \frac{50}{100}$	4000
3	Обслуговування виробництва	Оплата праці допоміжних працівників	56 360
		$(\text{Величина елементів 1}) \times \frac{22}{100}$	16 799,2
		$(\text{Величина елементів 1}) \times \frac{2}{100}$	15,272
4	Контроль виробничого процесу	Зарплата професії контролера	8000
		$(\text{Величина елементів 1}) \times \frac{22}{100}$	1760
		$(\text{Величина елементів 1}) \times \frac{5}{100}$	400

3.3.3.2 Розрахунок річної величини постійних загальновиробничих витрат

Проведемо розрахунок річної величини постійних загальновиробничих витрат.

Дані витрати містять п'ять статей витрат, кожна з яких складається або з одного елемента витрат, або з декількох.

Стаття перша враховує річні амортизаційні відрахування від вартості об'єктів основних засобів.

Стаття друга враховує витрати на утримання апарату управління ділянкою і службовцями за трьома елементами витрат

- 1) Річна оплата праці фахівців і службовців
- 2) Нарахування до фонду ЄСВ на зарплату фахівців і службовців (НЄСВ від ФОП цих категорій працівників)
- 3) Інші витрати на керування ділянкою, не включені в попередні елементи (п'ять процентів від суми витрат по елементу один)

Стаття третя враховує витрати на утримання будинку й інвентарю цеху за чотирма елементами витрат:

- 1) Річна оплата праці прибиральників цеху
- 2) Нарахування до фонду ЄСВ на зарплату прибиральників цеху й службових приміщень (НЄСВ від ФОП прибиральників)
- 3) Витрати на допоміжні матеріали для утримання будинку в чистоті (визначають у розмірі десяти процентів від вартості будинку цеху).

Стаття четверта враховує витрати цеху на ремонт обладнання, транспорту й інструменту за трьома елементами витрат

- 1) Річна оплата праці слюсарів з ремонту обладнання
- 2) Нарахування до фонду ЄСВ на зарплату слюсарів з ремонту обладнання (НЄСВ від ФОП для цієї категорії робітників);
- 3) Матеріали, напівфабрикати, запасні частини, що витрачаються ділянкою на ремонт (два процента від вартості обладнання цеху).

Стаття п'ята враховує витрати на випробування, досліди, дослідження, винахідництво, витрати на спецодяг, витрати на охорону праці некапітального характеру, резерв коштів на відпустки (десять процентів від суми витрат за попередніми чотирма статтями).

Таблиця 3.19 — Річні величини постійних загальновиробничих витрат

№	Стаття витрат	Формула розрахунку елементів витрат	Величина
1	Амортизація	Річна амортизація	64000
2	Витрати на управління виробництвом	Зарплата посад	8000
		(Величина елемента 1) $\times \frac{22}{100}$	1760
		(Величина елемента 1) $\times \frac{5}{100}$	400
3	Утримання будинків та інвентарю	Зарплата посад	5600
		(Величина елемента 1) $\times \frac{22}{100}$	1232
		$ВБ \times \frac{0,1}{100}$	2263,125
		$ВБ \times \frac{10}{100}$	226 312,5
4	Витрати на ремонт основних засобів	Зарплата посади	9120
		(Величина елемента 1) $\times \frac{22}{100}$	2006,4
		$ЦО \times \frac{2}{100}$	39000
5	Інші витрати	Сума за статтями 1, 2, 3, 4 $\times \frac{10}{100}$	35969,4
Усього постійних загальновиробничих витрат		359 694,025	

Після розрахунку змінних і постійних загальновиробничих витрат ділянки механічної обробки слід визначити їхні нормативи щодо основної заробітної плати основних робітників за формулами:

$$НЗМВ = \frac{РЗМВ \times 100}{ОЗОР} = \frac{73\,174 \times 100}{50 \times 1800} = 81,3\% \quad (3.22)$$

$$НПоВ = \frac{РПоВ \times 100}{ОЗОР} = \frac{64000 \times 100}{50 \times 1800} = 71,1\% \quad (3.23)$$

РЗМВ — річні змінні загальновиробничі видатки цеху, грн;

РПоВ — річні постійні загальновиробничі видатки цеху, грн;

ОЗОР — основна заробітна плата виробничих робочих механічної ділянки за рік, грн;

НЗМВ НПоВ — відповідні нормативи, %.

3.3.4 Виробнича собівартість одиниці продукції

Видатки на сировину і матеріали М для виробу обчислюємо у такий спосіб:

$$M = NM \times CM \times \left(1 + \frac{HT}{100}\right) \quad (3.24)$$

НМ = 37[кг] — маса матеріалів для заготовок;

ЦМ = 40[грн] — середня вартість матеріалів.

НТ = 15% — норматив транспортно-заготівельних видатків.

$$M = 37 \times 40 \times \left(1 + \frac{15}{100}\right) = 1702[\text{грн}]$$

Зворотні відходи знаходять за формулою:

$$B = NM \times \left(1 - \frac{KBМ}{100}\right) \times CM \times 0,1 \quad (3.25)$$

КВМ = 0,8 — коефіцієнт використання матеріалу.

$$B = 37 \times \left(1 - \frac{0,8}{100}\right) \times 40 \times 0,1 = 146,816[\text{грн}]$$

Основну заробітну плату виробничих робітників ОЗОР для виробу обчислюємо за формулою:

$$\text{ОЗОР} = T \times \text{СГС} = 2,7 \times 50 = 135[\text{грн}] \quad (3.26)$$

Додаткову заробітну плату виробничих робітників обчислюємо відповідно до формули у такий спосіб:

$$\text{ДЗОР} = \frac{\text{НДО}}{100} \times \text{ОЗОР} = \frac{15}{100} \times 135 = 20,25[\text{грн}] \quad (3.27)$$

НДО = 15 — коефіцієнт, котрий визначає величину додаткової заробітної плати щодо основної.

Нарахування до фонду ЄСВ на заробітну плату основних виробничих робітників, що включаються в собівартість виробу, знаходимо у відсотках від ОЗОР і ДЗОР за такою формулою:

$$\text{ЄСВ} = \frac{(\text{ОЗОР} + \text{ДЗОР}) \times \text{НЄСВ}}{100} = \frac{(135 + 20,25)}{100} \times 22 = 34,15[\text{грн}] \quad (3.28)$$

Визначаємо нормативи змінних і постійних загальновиробничих витрат цеху щодо основної заробітної плати основних робітників за формулами:

ОЗОР — основна заробітна плата виробничих робочих цеху за рік, [грн];

НЗМВ, НЗМВ — відповідні нормативи, %;

Змінні загальновиробничі витрати ЗМВ, що припадають на один виріб, визначаємо так:

$$\text{ЗМВ} = \frac{\text{ОЗОР} \times \text{НЗМВ}}{100} = \frac{135 \times 81,3}{100} = 109,75 [\text{грн}] \quad (3.29)$$

Постійні загальновиробничі витрати ПоВ, що припадають на один виріб, обчислюємо у такий спосіб:

$$\text{ПоВ} = \frac{\text{ОЗОР} \times \text{НПоВ}}{100} = \frac{135 \times 71,1}{100} = 95,98 [\text{грн}] \quad (3.30)$$

Видатки на підготовку й освоєння виробництва виробів ВОП визначаємо на за нормативом від матеріальних витрат і основної зарплати основних виробничих робітників для виробу:

$$\text{ВОП} = \frac{(\text{М} + \text{ОЗОР}) \times \text{НОП}}{100} \quad (3.31)$$

Де НОП = 20% — норматив витрат на підготовку й освоєння виробництва, а інші дані розраховано вище.

$$\text{ВОП} = \frac{(1702 + 135) \times 20}{100} = 367,4 [\text{грн}]$$

Виробничу собівартість знаходимо за формулою:

$$C_{\text{вир}} = \text{М} - \text{В} + \text{ОЗОР} + \text{ДЗОР} + \text{ЕСВ} + \text{ЗМВ} + \text{ПоВ} + \text{ВОП} \quad (3.32)$$

$$C_{\text{вир}} = 1702 - 146,816 + 135 + 20,25 + 34,15 + 109,75 + 95,98 + 367,4 = 2317,7 [\text{грн}]$$

$C_{\text{вир}}$ — виробнича собівартість.

3.3.5 Витрати на збут

Видатки на збут розраховуємо за норматив видатків на збут $Nз = 15\%$.

$$\text{ВЗ} = \frac{C_{\text{вир}} \times \text{НЗ}}{100} = \frac{2317,7 \times 15}{100} = 347,65 [\text{грн}] \quad (3.33)$$

3.3.6 Повна собівартість одиниці виробу.

Повну собівартість виробу розраховуємо за трьома складовими:

$$C_{\text{По}} = C_{\text{вир}} + \text{АВ} + \text{ВЗ} \quad (3.34)$$

Де АВ — адміністративні витрати підприємства;

ВЗ — витрати, пов'язані зі збутом виробів покупцям.

НА — норматив адміністративних видатків, %.

Адміністративні витрати обчислюємо за нормативом НА від основної зарплати основних виробничих робітників:

$$AB = \frac{OЗOP \times HA}{100} = \frac{135 \times 15}{100} = 20,25 [\text{грн}] \quad (3.35)$$

$$CПo = 2317,7 + 20,25 + 347,65 = 2685,6 [\text{грн}] \quad (3.36)$$

3.3.7 Розрахунковий прибуток

$$P_{\text{розр.}} = CПo \times 0,2 = 2685,6 \times 0,2 = 537,12 [\text{грн}] \quad (3.37)$$

$P_{\text{розр.}}$ — розрахунковий прибуток;

3.3.8 Оптова ціна підприємства одиниці продукції

$$C_{\text{опт}} = CПo + P_{\text{розр.}} = 2685,6 + 537,12 = 3222,72 [\text{грн}] \quad (3.38)$$

3.3.9 Визначення критичної програми випуску виробів

Розмір критичної програми РКП річного обсягу випуску продукції — це мінімальний розмір програми випуску продукції за рік, при якому дохід від продажів РДР дорівнює нулю. Розмір програми випуску визначаємо аналітичного або графічно для умови повного освоєння проектної потужності підприємства. Графік визначення точки беззбитковості представимо у додатку.

Графічно критичну програму виробництва визначаємо як проекцію токи перетинання двох прямих: річного доходу від реалізації РДР і річних витрат виробництва РВВ.

Графік будуємо у такий спосіб. На горизонтальній осі відкладаємо величину річного обсягу випуску виробу $NВ$. Для цієї величини наносимо на графіку лінію, паралельну горизонтальній осі й віддалену від горизонтальної осі на величину $РПоВ$, оскільки це постійні річні витрати, і вони не залежать від обсягу випуску, а розраховуються на обсяг запуску у виробництво виробу.

Річні постійні витрати $РПоВ$ визначаємо за трьома видами витрат зі множенням цієї суми на річний обсяг запуску у виробництво виробу $NЗ$, заданий у вихідних даних для виробу:

$$РПоВ = (ПоВ + АВ + ВЗ) \times NЗ \quad (3.39)$$

$$РПоВ = (95,98 + 20,25 + 347,65) \times 749 = 347\,446,12 [\text{грн}] \quad (3.40)$$

Далі будемо лінію змінних витрат, що виходить із початку координат, за формулою:

$$ЗмВ \times NB \quad (3.41)$$

Змінні витрати ЗмВ, що припадають на один виріб, визначаємо вирахуванням з виробничої собівартості виробу Свир постійних загальновиробничих видатків ПОВ:

$$ЗмВ = Свир - ПоВ = 2317,7 - 95,98 = 2221,72[\text{грн}] \quad (3.42)$$

$$ЗмВ \times NB = 2221,72 \times 749 = 1\,664\,068,28[\text{грн}] \quad (3.43)$$

Якщо скласти графічно лінії постійних і змінних витрат, то виходить лінія річних витрат виробництва РВВ, що стоїть від горизонтальної осі на величину постійних витрат. Лінію річного доходу від реалізації РДР, яка також виходить із початку координат, визначаємо за формулою:

$$РДР = Ц_{\text{опт}} \times NB \quad (3.44)$$

$$РДР = 3222,72 \times 749 = 2\,413\,817,28[\text{грн}]$$

Річна величина готової продукції на складі дорівнює річному кошторису витрат на виробництво РВВ:

$$РВВ = СПо \times NB = 2685,6 \times 749 = 2\,011\,514,4[\text{грн}] \quad (3.45)$$

Аналітично розмір критичної програми РКП розраховуємо діленням річних постійних витрат РПоВ на різницю між ціною одного виробу ЦВ й змінними витратами ЗмВ, що припадають на один виріб, тобто.

$$РКП = \frac{РПоВ}{ЦВ - ЗмВ} = \frac{347\,446,12}{3222,72 - 2221,72} = 347 \quad (3.46)$$

У точці беззбитковості величина доходу:

$$РДТБ = ЦВ \times РКП = 3222,72 \times 347 = 1\,118\,283,84[\text{грн}] \quad (3.47)$$

Підсумок економічного розділу

В економічному розділі була визначена повно собівартість виробу корпусу паливного насоса ЕЦН-75Б, яка складає 2685,6 гривень. Оптова ціна становить 3222,72 гривень. Річна критична програма випуску виробів дорівнюється 347 штук.

4 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

Алгоритм контурної обробки

Розробка алгоритму для створення спеціалізованих циклів у системах з числовим програмним керуванням відкриває можливості для розв'язання різноманітних технологічних задач формоутворення геометрично складних поверхонь деталей. Цей алгоритм орієнтований на подальше впровадження у програмний продукт, який буде надалі розширюватися. Принцип роботи алгоритму базується на інтерполяції точок і виведенні координат інтерпольованих точок у цикл, тим самим надаючи можливість генерації G-коду для керуючої програми, спрямованої на подальшу механічну обробку поверхні деталі. Розвиток систем автоматизованого проектування (САПР) на основі широкого використання інформаційних технологій позитивно впливає на економіку країни та сприяє посиленню конкуренції авіаційних підприємств на світових ринках.

В ряді галузей, таких як машинобудування, авіабудування і ракетобудування, виробництво пов'язане з технологічними процесами формоутворення геометрично складних поверхонь деталей. До цих деталей відносяться шнеки, ротори гвинтових насосів, робочі колеса турбін, компресорів, елементи технологічної оснастки (штампи, прес-форми, ливарні форми) та інші. Ця робота може бути використана для механічної обробки основних елементів технологічного оснащення.

Сучасні системи автоматизованого виробництва дозволяють розробити програми, що реалізують складні геометричні рухи в автоматизованому режимі і вирішують завдання формоутворення з високою точністю. Даний алгоритм спрямований на вирішення складних траєкторних задач, гарантуючи тим самим високу точність технологічного оброблення вказаних поверхонь.

- Профілювання формотворною частини різального інструменту;
- Призначення умов взаємного переміщення інструменту і заготовки;
- Прогнозування можливих похибок формоутворення гвинтової поверхні і деталі.

Структура цього алгоритму, яка в подальшому буде включена до програмного додатка, дозволить знизити трудомісткість, підвищити ефективність та швидкість розробки керуючої програми для верстатів з числовим програмним керуванням. Це досягається завдяки простоті використання інтерфейсу та вбудованим можливостям програми.

Можливість створювати складні геометричні цикли і змінювати параметри режиму різання позитивно впливає на якість обробної поверхні. Зміни величин режимів різання сприяють збільшенню стійкості різального інструменту до зносу та зменшенню вібраційних навантажень на деталь, інструмент і верстат.

Можливість зміни швидкості різання:

- знижує ймовірність появи температурного знеміцнення і втрати твердості інструментального матеріалу;
- сприяє до підвищення ріжучих властивостей інструменту;
- сприяє досягненню отримання більш високої якості обробленого матеріалу;
- сприяє зниженню вібраційних навантажень. Процес різання будь-яких матеріалів супроводжується вібраціями. При помірних амплітудах вважається, що вібрацій немає, але при значних можна стикнутися з втратою стійкості. Розробка прикладної програми спрямована на усунення негативних наслідків, які виникають через вібрації при процесі різання;
- усуває причини виникнення автоколивань при різанні металів. До таких причин належать фізичні явища, що визначають залежність сили різання від швидкості різання та фазовий зсув між зміною сили різання та зміною товщини зрізу.

Основною перевагою розробленого алгоритму є можливість використання спеціалізованих циклів, що дозволяють здійснення складної циклової розгрузки за один прохід.

Під час різання матеріалу виникають сили, переважно зумовлені пластичною деформацією зрізаного шару матеріалу заготовки та подоланням сил тертя між робочими поверхнями різального інструменту. Механічна енергія,

витрачена на пластичне деформування матеріалу заготовки та тертя між поверхнями інструменту, перетворюється на теплову енергію. Цей процес призводить до істотного нагрівання зони різання.

При збільшенні температури в матеріалі заготовки відбуваються структурні перетворення, що призводять до змін у механічних властивостях оброблюваного матеріалу. Наприклад, може відбутися зміна модуля пружності, межі плинності і межі міцності. Ці зміни механічних властивостей, в свою чергу, впливають на силу різання. Таким чином, механічні та теплові процеси, що відбуваються при різанні, виявляються нерозривно пов'язаними між собою і залежать один від іншого. Для більшості металів, що обробляються різанням, характерна падаюча залежність механічних характеристик від температури. Сила різання безпосередньо залежить від межі міцності оброблюваного матеріалу і в першому наближенні виявляється пропорційною йому. Отже, залежність «сила різання - температура» також має негативний кут нахилу. Це свідчить про потенційну нестійкість системи і можливість виникнення незгасаючих автоколивань в процесі різання.

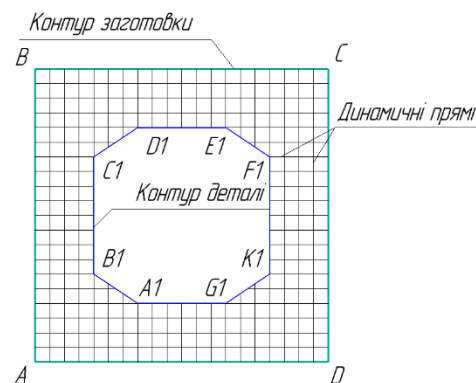


Рисунок 4.1 – Взаємодія динамічних прямих з контуром заготовки та контуром деталі

Алгоритм базується на простій ідеї, що полягає в отриманні координат точок перетину динамічних прямих із прямими контуру деталі. Давайте розглянемо кроки алгоритму для отримання результату.

1) Необхідно описати контур деталі і контур заготовки, використовуючи рівняння прямих ліній.

$$y = k \times x + k \quad (4.1)$$

Де, y — лінійна функція;

k, b — числові коефіцієнти;

x — координата по осі x .

На рисунку 4.1 можемо побачити, що контур деталі і контур заготовки складається з точок, які з'єднуються між собою завдяки лініям. Точки мають позицію відносно визначеною декартовою системою координат.

Контур може описуватися за допомогою системи лінійних алгебраїчних рівнянь.

Система лінійних алгебраїчних рівнянь для контуру заготовки.

$$\begin{cases} y_A = k \times x_A + b \\ y_B = k \times x_B + b \\ y_C = k \times x_C + b \\ y_D = k \times x_D + b \end{cases}$$

Система лінійних алгебраїчних рівнянь для контуру деталі.

$$\begin{cases} y_{A1} = k \times x_{A1} + b \\ y_{B1} = k \times x_{B1} + b \\ y_{C1} = k \times x_{C1} + b \\ y_{D1} = k \times x_{D1} + b \\ y_{E1} = k \times x_{E1} + b \\ y_{F1} = k \times x_{F1} + b \\ y_{K1} = k \times x_{K1} + b \\ y_{G1} = k \times x_{G1} + b \end{cases}$$

2) Далі необхідно визначити точки перетину лініями, які проводяться з контуру заготовки до контуру деталі.

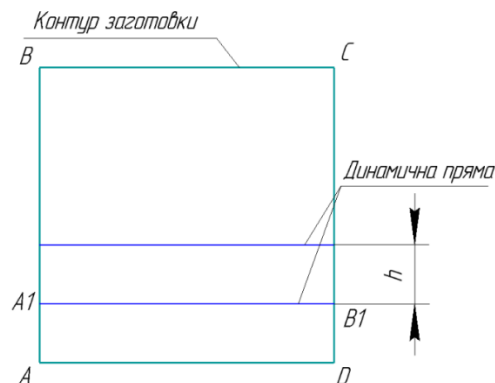


Рисунок 4.2 – Схема контуру заготовки з динамічними прямими

Точки A, B, C, D мають координати:

$$A(x_A, y_A, z_A); B(x_B, y_B, z_B); C(x_C, y_C, z_C); D(x_D, y_D, z_D)$$

Де, h [мм] — припуск на механічну обробку.

A_1B_1 — динамічна пряма.

x_A, x_B, x_C, x_D — координати точок по осі x .

y_A, y_B, y_C, y_D — координати точок по осі y .

z_A, z_B, z_C, z_D — координати точок по осі z .

Динамічну пряму можна описати рівнянням прямого відрізка.

$$y_{A_1B_1} = k \times x_{A_1B_1} + b$$

Розглянемо точки A_1 і B_1 .

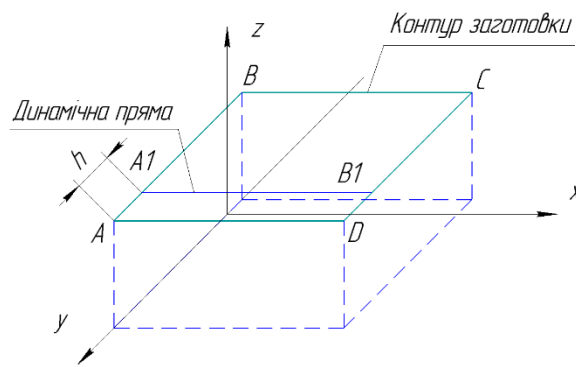


Рисунок 4.3 – Відображення контуру заготовки та динамічної прямої у декартовій системі координат

Можемо побачити, що координати точок A_1 та B_1 дорівнюють таким значенням:

Для точки A_1 : $x_{A_1} = x_A$; $y_{A_1} = y_A + h$; $z_{A_1} = z_A$

Для точки B_1 : $x_{B_1} = x_D$; $y_{B_1} = y_D + h$; $z_{B_1} = z_D$

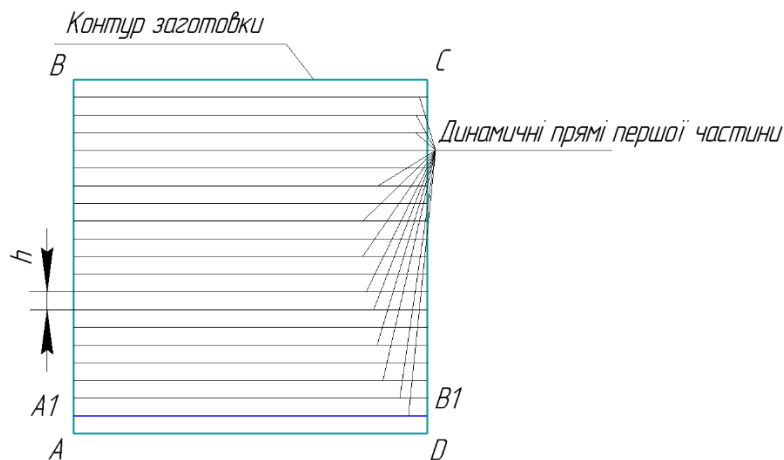


Рисунок 4.4 – Динамічні прямі першої частини

Для отримання динамічних прямих першої частини необхідно ввести цикл.

Результатом дії блок схеми алгоритму запису динамічних рівнянь першої частини є отримання масиву, в якому містяться рівняння ліній, необхідних для пошуку точок перетину з контуром деталі.

$$A = \begin{bmatrix} y_{A11B11} = k \times x_{A11B11} + b \\ y_{A12B12} = k \times x_{A12B12} + b \\ \text{-----} \\ y_{A1nB1n} = k \times x_{A1nB1n} + b \end{bmatrix}$$

int – змінна, яка потрібна для того, щоб задати величину координати точки у програмі.

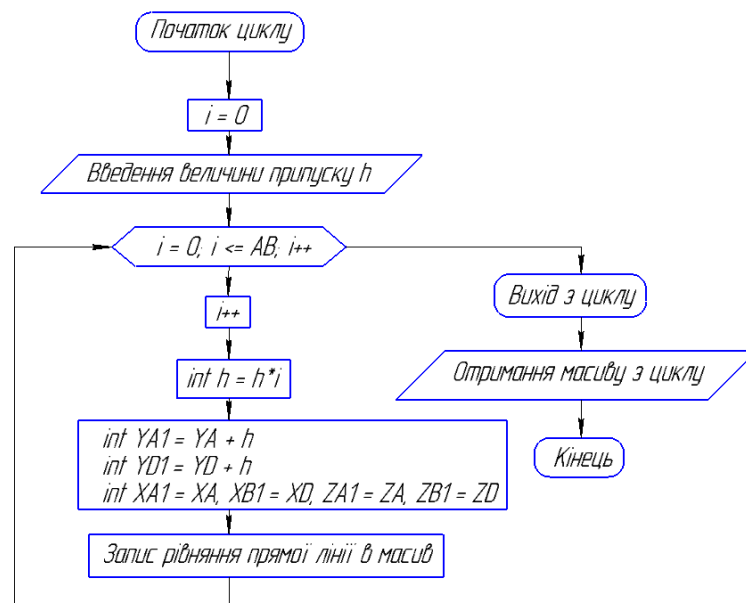


Рисунок 4.5 – Блок схема алгоритму запису динамічних рівнянь першої частини

Розглянемо отримання матриці рівнянь другої частини динамічних рівнянь.

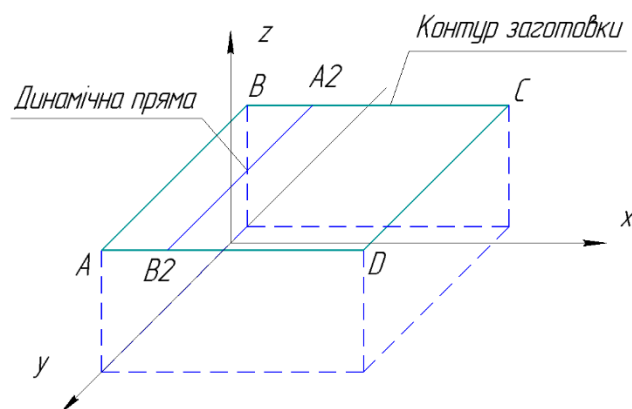


Рисунок 4.6 – Відображення контуру заготовки та динамічної прямої у декартовій системі координат

Можемо побачити, що координати точок A_2 та B_2 дорівнюють таким значенням:

Для точки A_2 : $x_{A_2} = x_B + h$; $y_{A_2} = y_B$; $z_{A_2} = z_B$

Для точки B_2 : $x_{B_2} = x_A + h$; $y_{B_2} = y_A$; $z_{B_2} = z_A$

Результатом дії блок-схеми алгоритму запису динамічних рівнянь другої частини є отримання масиву, в якому містяться рівняння ліній, необхідних для пошуку точок перетину з контуром деталі.

$$A = \begin{bmatrix} y_{A_2 B_2 1} = k \times x_{A_2 B_2 1} + b \\ y_{A_2 B_2 2} = k \times x_{A_2 B_2 2} + b \\ \dots \\ y_{A_2 B_2 n} = k \times x_{A_2 B_2 n} + b \end{bmatrix}$$

Динамічні прямі першої частини

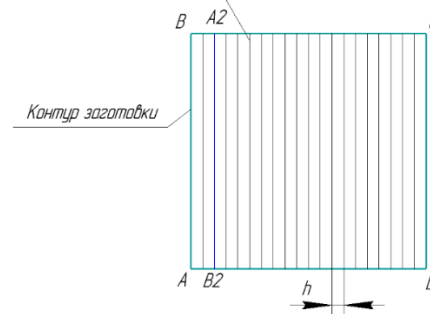


Рисунок 4.7 – Динамічні прямі другої частини

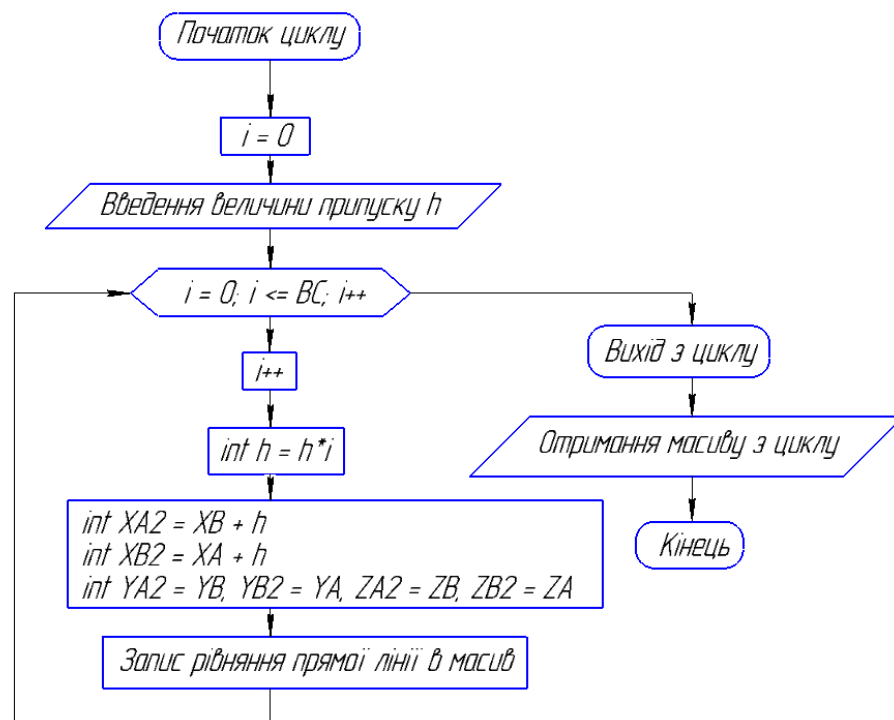


Рисунок 4.8 – Блок-схема алгоритму запису динамічних рівнянь першої частини

Представимо на рисунку 4.9 загальний результат складання динамічних прямих першої частини з другою частиною.

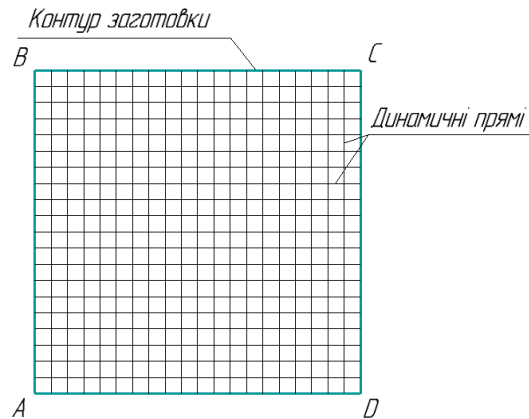


Рисунок 4.9 — Загальний результат складання динамічних прямих першої частини з другою частиною

3) Визначаємо точки перетину динамічних ліній з контуром деталі за допомогою об'єднання систем лінійних алгебраїчних рівнянь динамічних прямих з прямими контуру деталі. Кількість точок перетину визначається кількістю динамічних прямих. Маючи в наявності рівняння динамічних прямих і прямих для рівнянь контуру деталі можемо отримати точки перетину прямих відрізків. Розглянемо пару прямих ліній, які перетинаються. Наприклад ми маємо дві лінії АВ і А1В1.

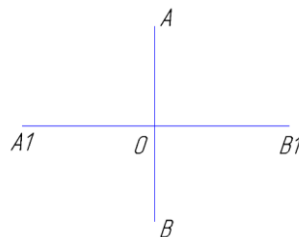


Рисунок 4.10 – Пересічні лінії

$$\begin{cases} y_{A_1B_1} = k \times X_{A_1B_1} + b \\ y_{AB} = k \times X_{AB} + b \end{cases}$$

Необхідно визначити координати загальної точки О, одержуваної перетином двох прямих ліній. В результаті якого можемо отримати контур точок перетину динамічних прямих з прямими контуру деталі.

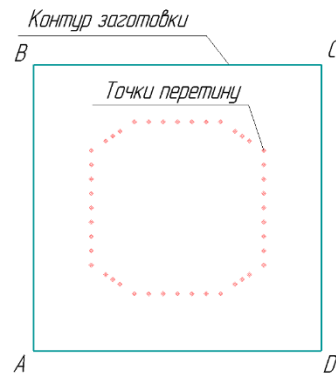


Рисунок 4.11 – Схема отримання точок перетину динамічних прямих з прямими контуру деталі

4) Вводимо граничні умови, визначивши найближчі точки до контуру заготовки.

5) Визначивши перші точки, необхідні для внесення цих координат в функції G-коду, таких як G0 — швидка подача, G1 — робоча подача або для G2, G3 (дугових функцій переміщення робочого органу верстата).

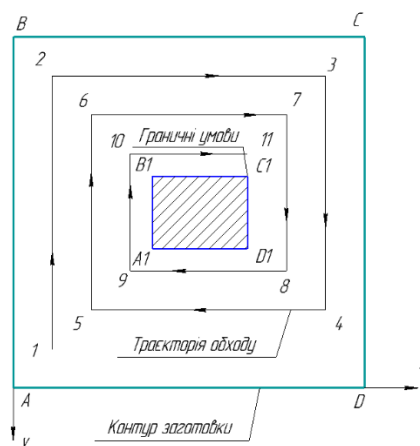


Рисунок 4.12 – Траєкторія обходу механічної обробки заготовки
Визначимо параметри заготовки:

$$AB = 100[\text{мм}]; BC = 100[\text{мм}]; CD = 100[\text{мм}]; DA = 100[\text{мм}]$$

У траєкторії обходу механічної обробки заготовки є початкова точка 1 і кінцева точка 11. Початкова точка 1 розраховується відносно першої точки заготовки A на величину припуску h .

Перша точка 1 (x_1, y_1, z_1).

$$x_1 = x_A + h; y_1 = y_A - h$$

Кінцева точка 11 (x_{11}, y_{11}, z_{11}).

$$x_{11} = x_{C1}; y_{11} = y_{C1} - h$$

Точки 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 виводяться за допомогою циклу. Необхідно виконувати цикл поки не виконується умова рівняння кінцевої ітерації точки обходу з координатами точки С1.

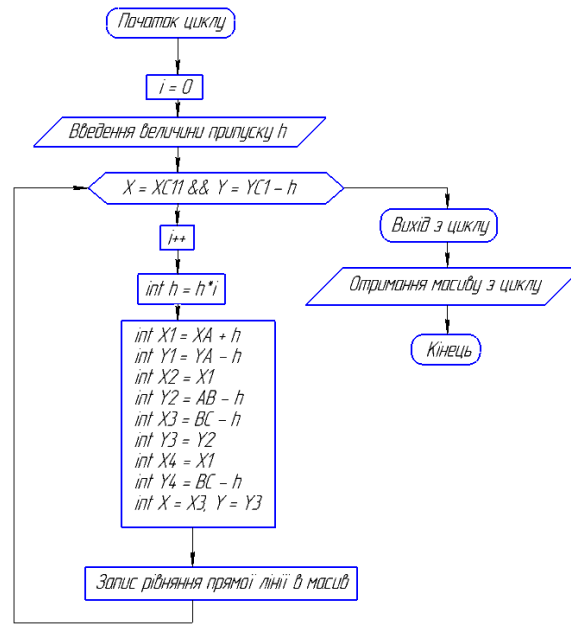


Рисунок 4.13 – Алгоритм для знаходження координат точок

Далі визначимо ті точки, які необхідно надалі прибрати або додати.

Розглянемо простий приклад

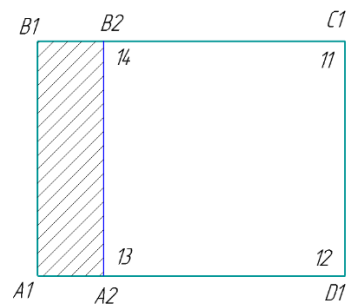


Рисунок 4.14 – Схема місця, яке треба зняти за допомогою продовження першої частини алгоритму контурної обробки

Далі необхідно виконувати умову зняття поверхні $A_1B_1B_2A_2$.

Точка 12 являється продовженням першої частини алгоритму контурної обробки.

$$x_{12} = x_{D1}; y_{12} = y_{D1}$$

$$x_{13} = x_{A2}; y_{13} = y_{A2}$$

$$x_{14} = x_{B2}; y_{14} = y_{B2}$$

Траєкторія обходу механічної обробки залежить від контуру деталі. Розглянемо визначення координат для будування траєкторії обробки, яка представлена на рисунку 4.15.

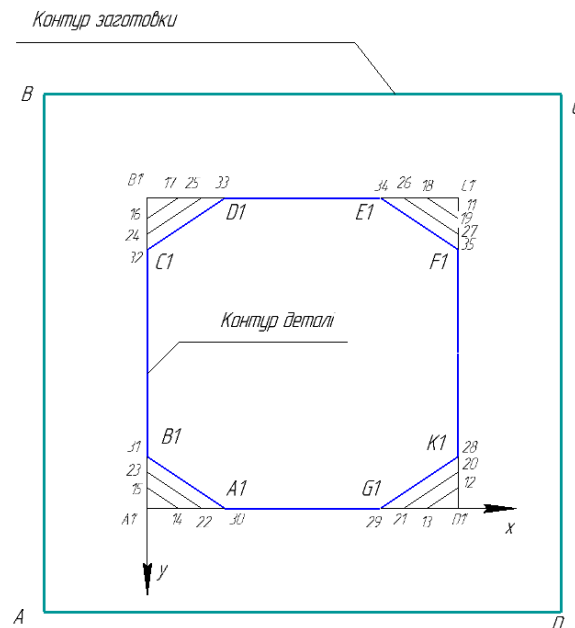


Рисунок 4.15 – Точки, які необхідні для здійснення алгоритму обходу механічної обробки

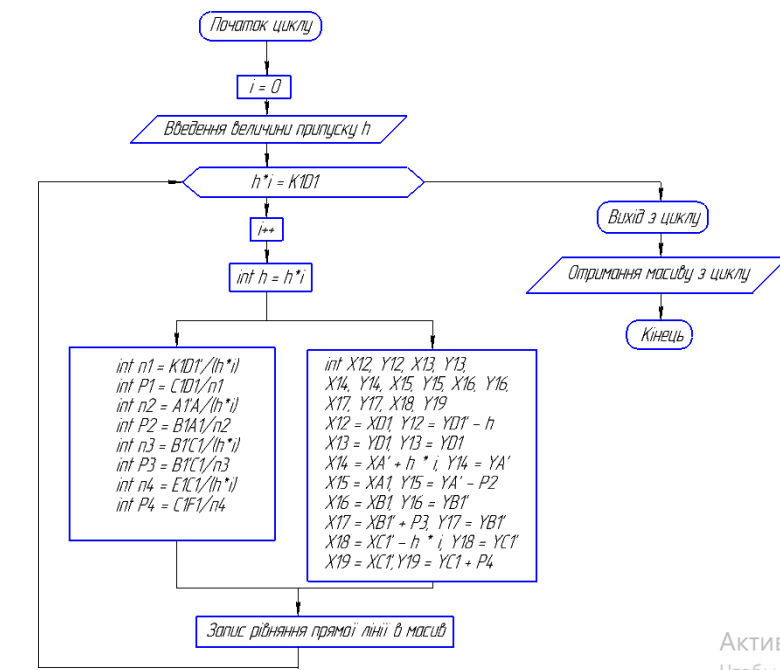


Рисунок 4.16 – Алгоритм отримання точок для траєкторії обходу механічної обробки

Отримуємо такий результат роботи алгоритму реалізації контурної обробки.

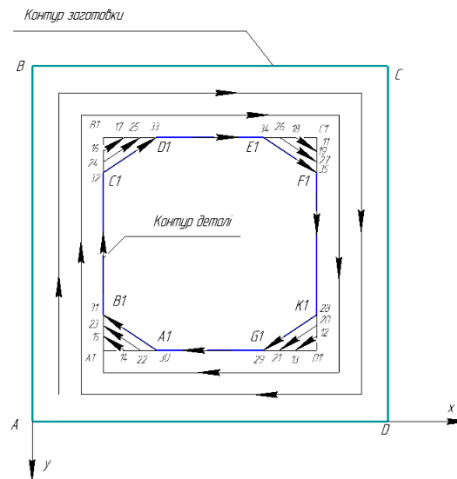


Рисунок 4.17 – Траєкторія руху ріжучого інструменту за допомогою спеціалізованого циклу механічної обробки

Деяким переходам можна підставити умову, яка буде вказувати на позицію приходу інструменту в певне місце в залежності від постановки задачі. Далі після реалізації циклу механічної фрезерної обробки вказуємо в програмі точку відведення інструменту і призначаємо наступну позицію приходу інструмента в залежності від постановки задачі. В даному випадку пересуваємо інструмент на глибину різку по осі z.

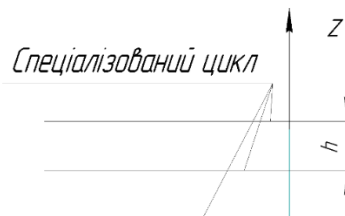


Рисунок 4.18 – Перехід спеціалізованого циклу по осі z

Далі певні координати точок необхідних для здійснення програми записуємо в функції G-коду. І в подальшому використовуємо даний G-код в програмі в разі потреби.

Підсумок спеціального розділу

В цьому спеціальному розділі відображено впровадження алгоритму для верстатів із числовим програмним керуванням. Цю концепцію можна постійно удосконалювати, додавши нові технологічні цикли, що сприятиме створенню каталогу циклів для систем числового програмного керування. Також можливе створення нової бібліотеки циклів, що спростить завдання програмістам при написанні керуючих програм для верстатів із числовим програмним керуванням.

ВИСНОВКИ

У цьому дипломному проекті було розглянуто виготовлення технологічної оснастки для корпусу насоса — ЕЦН-75Б з використанням п'яти координатного механічного оброблення за допомогою числового програмного керування.

При технологічному оснащенні корпусних деталей, зазвичай, виникає необхідність працювати з більшою кількістю деталей, які відрізняються конструктивно-технологічними ознаками. У випадку індивідуального аналізу особливостей кожної деталі і розробки для неї спеціальних пристроїв для базування, закріплення і контролю, час технологічної підготовки виробництва збільшується, а його технологічна гнучкість зменшується. Тому виникає потреба у розбитті видів та типів деталей на групи за подібністю, створенні конструктивно-технологічного класифікатора. Сутність класифікації за конструктивно-технологічними методами полягає в розбитті деталей різноманітного найменування і розмірів на окремі групи, які є однорідними за формою, розмірами і розташуванням поверхонь. При цьому класифікаційні признаки поділяються на основні та допоміжні. До основних признаків відносять геометричну форму деталей, яка є найбільш об'єктивним і стабільним, наявність установочних баз, осей і площин симетрії, конструктивні характеристики окремих елементів та їх взаємне розташування, а також параметричний признак та найменування. Параметричний признак дозволяє деталізувати класи на підкласи, наприклад, "довгі деталі", "короткі деталі" і т. д. Найменування деталей визначає їх характерні особливості, що дозволяє розподілити їх на групи, такі як корпуси, рами, кришки, важелі, зубчасті колеса і т. д. Решта основних ознак визначають вид деталей. До додаткових ознак відносяться такі параметри, як маса, властивості при контакті, механічні характеристики, якість поверхні, фізичні особливості, що забезпечують можливість її орієнтації. Зазначена сукупність основних і допоміжних ознак дозволяє визначити склад пристроїв виробництва, необхідних для виготовлення цих деталей.

Відповідно до приведених принципів класифікації була проведена класифікація для корпусної деталі паливної системи — корпусу насоса. Ця

деталь віднесена до групи деталей «деталі тіл обертання» та «деталі типу корпус» за їхнім найменуванням, а також до категорії середнього розміру. Проте важливо відзначити, що це не означає, що розроблена технологічна оснастка обмежується лише цією конкретною корпусною деталлю. Застосування такої оснастки можливе для інших корпусних тіл, оскільки в даному технологічному обладнанні використовуються гнучкі вузли. Гнучкі вузли, подібні до рухомої призми відносно одна одної, а також рухомі деталі кріплення на вертикальній стійці, можуть змінювати своє положення, рухаючись вперед чи назад відносно деталі. Це робить технологічну оснастку модернізованою та гнучкою з часом, щоб відповідати конструктивно-технологічним особливостям будь-якої деталі, яку необхідно закріпити в цій технологічній оснастці.

Технологічне оснащення відкриває можливості для розширення асортименту продукції та запуску нових продуктів на ринок. Запропонована концепція включає розробку нової програми для станків з числовим програмним керуванням, що ґрунтується на реалізації контурної механічної обробки за допомогою спеціалізованих циклів. Цей підхід спрямований на поліпшення ефективності та точності обробки, а також розширення можливостей виробництва.

ДОДАТОК А
СХЕМА ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ ЛІТАКА АН-140

ДОДАТОК Б
НАСОС ЕЦН-75Б ПІДКАЧУВАЛЬНИЙ

ДОДАТОК В
ЗБІРНІ ОДИНИЦІ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ ЛІТАКА АН-140

ДОДАТОК Г
КОРПУС ПАЛИВНОГО НАСОСА ЕЦН-75Б

ДОДАТОК Д
ЗАГОТОВКА КОРПУСУ ПАЛИВНОГО НАСОСА ЕЦН-75Б
ЛІТАКА АН-140

ДОДАТОК Е
КАРТА ЕСКІЗІВ ДЛЯ ЗАКРІПЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ КОРПУСУ
ПАЛИВНОГО НАСОСА ЛІТАКА АН-140

ДОДАТОК Ж
СКЛАДАЛЬНЕ КРЕСЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ
ДЛЯ ЗАКРІПЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ КОРПУСУ НАСОСА — ЕЦН-75Б
ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ ЛІТАКА АН-140

ДОДАТОК 3

МАРШРУТНА КАРТА КОРПУСУ ПАЛИВНОГО НАСОСА ЕЦН-75Б

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Юцкевич С.С, Хижняк С.В. Конструкция конкретного типа воздушного судна. Самолёт АН-140: учеб. пособ./С.С. Юцкевич, С.В. Хижняк — К.: НАУ, 2013 — 160с.
2. Авиационные топливные системы [Текст]: учебник /С.В. Епифанов, А.И. Рыженко, Р.Ю. Цуканов — Харьков: нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е.Жуковского «Харьков. авиац. ин-т.». 2018—558с.
3. Экономическое проектирование производственного подразделения предприятия / Бабушкин А. И., Кравченко В. Д., Гава В.Н., Голованова Л. Н., Сафронов Я. В. — Х: Гос. Аэрокосм. ун-т «ХАИ» 1999 — 113с.
4. Богуслаєв, В. О. Основи технології машинобудування : навч. посіб. Для студ. вищ. навч. закладів / В. О. Богуслаєв, В. І. Ципак, В. К. Яценко. – Запоріжжя : Мотор Січ, 2014. – 336 с.
5. Вибір режимів різання при обробці деталей ЛА на верстатах із ЧПК: навч. посіб. до курс. і дипл. проектування / В.В. Воронько, Ю.В. Д'яченко, С.Д. Проскурін та ін. – Х. : Нац. аерокосм. ун-т ім. М.Є. Жуковського «Харк. авиац. ін-т», 2011. – 72 с.
6. ДСТУ 2233-93. Інструменти різальні. Терміни та визначення. – Введ. 01.07.94. – Київ : Держстандарт України, 1994. – 43 с.
7. ДСТУ 2249-93. Оброблення різанням. Терміни, визначення та позначення. – Введ. 01.01.95. – Київ : Держстандарт України, 1994. – 63 с.
8. ДСТУ ISO 9001:2009. Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2008, IDT). Чинний від 22.06.2009 р. – К.: Держспоживстандарт України, 2009. – VII, 26 с.
9. Кириченко Л.С. Сертифікація та якість продукції в сучасних умовах господарювання / Л.С. Кириченко, Н.М. Чернухіна. – Львів, 2015. – 215 с.
10. Кравчук І. С., Архипов М. І., Туренко С. М., Штарнов В. І. Захист повітряних об'єктів від ракет з інфрачервоним самонаведенням. - К.: Видавничий дім «Інтернаука», 2020. - 296 с.

11. Проектування деталей, вузлів і агрегатів літака: навч. посіб. / Л.А. Малашенко, В.І. Рябков, А.А. Кобилянський, О. Г. Лебединський. Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 1996. - 86 с.

12. Спеціальні технології і оснащення авіаційного виробництва : навч. посіб. / В. В. Коллеров, Ю. В. Д'яченко, В. Т. Сікульський та ін. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2017. – 72 с.

13. Технологія виробництва деталей авіаційно-космічної техніки / В.Г. Данченко, Ю.В. Д'яченко, В.В. Воронько. – Навч. посібник. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2005. – 100 с.

14. Технологія виготовлення деталей літальних апаратів з видаленням припуску : підручник. Ч. 1 / Ю. В. Д'яченко, В. Т. Сікульський, І. О. Воронько та ін. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2023. – 232 с.

15. Чумак, М. Г. Матеріали та технологія машинобудування : підручник / М. Г. Чумак. – Київ : Либідь, 2018. – 368 с.

16. Маркетингові дослідження: навчальний посібник / Н.О. Мартинович, В.Г. Горник, Е.Б. Бойченко. Київ: «Видавництво Людмила», 2021. - 323 с.