

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

**ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСУ ВІДЦЕНТРОВОГО
НАСОСУ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ НА ТЗОВ «ЗЕМАН»**

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІМз-41
Шарун Сергій Юрійович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
Четвержук Тарас Іванович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 2025 р.
Гарант освітньої програми:
к.т.н., доцент
Божко Тетяна Євгенівна

(підпис)

Луцьк – 2025 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Транспорту та механічної інженерії

Кафедра Прикладної механіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: «Прикладна механіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____ Р. РЕДЬКО

“ _____ ” _____ 2025

р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Шаруну Сергію Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: *Вдосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу відцентрового насосу для використання на ТЗОВ «ЗЕМАН».*

Керівник роботи: *Четвержук Тарас Іванович, к.т.н., доцент,*

затвержені наказом закладу вищої освіти від «31» грудня 2024 р., № 910/01-07

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «01» червня 2025
р.

3. Вихідні дані до роботи: *Конструкторсько-технологічна документація, відгуки підприємства Земан про роботу обладнання, креслення деталі, річна програма випуску, базовий технологічний процес, нормативні дані* _____

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити)

Вступ. 1. Аналітичний розділ. 2. Технологічний розділ. 3. Технологічний розділ. 4 Охорона праці. Висновки. Список використаних джерел. Додатки. _____

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Креслення деталі – 1 лист (ф.А.1), характеристики залежностей продуктивності та тиску насоса – 1 лист (ф.А2), 3D моделювання 3 листи (ф.А.1)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 1.02.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	<i>Аналітичний розділ</i>	<i>10.04.25</i>	
2.	<i>Технологічний розділ</i>	<i>30.04.25</i>	
3.	<i>Технологічний розділ</i>	<i>10.05.25</i>	
4.	<i>Охорона праці</i>	<i>17.05.25</i>	
5.	<i>Оформлення графічної частини</i>	<i>28.05.25</i>	
6.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>		
7.	<i>Представлення роботи до захисту</i>	<i>10.06.25</i>	

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

Шарун С.Ю.
(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

Четвержук Т.І.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Шарун С.Ю. Вдосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу відцентрового насосу для використання на ТЗОВ «ЗЕМАН»..
Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку літературних джерел, додатків (згідно структури кваліфікаційної роботи, затвердженої кафедрою).

Робота включає в себе аналітичний розділ, технологічну і конструкторську частини, а також питання охорони праці. В технологічній частині проекту подані матеріали та розрахунки, пов'язані з описом та відпрацюванням виробу на технологічність, розробкою маршрутної та операційної технології оброблення деталі корпус, вибором методу виготовлення заготовки, підбором верстатного обладнання з ЧПУ з різальним інструментом, розрахунком режимів різання та нормуванням робіт.

В конструкторській частині проекту розглянуто Принцип роботи відцентрового насосу, проведено розрахунок елемента конструкції ротора (колеса). Здійснено інженерний аналіз валу насосу методом кінцевих елементів. Побудовано 3D моделі основних вузлів відцентрового насосу. Розроблено управляючу програму для обробки корпусу відцентрового насоса.

Виконано розділ з охорони праці, в якому проаналізовані шкідливі та небезпечні виробничі фактори при роботі на верстатах з ЧПУ.

Ключові слова: технологічний процес, механічна обробка, заготовка, корпус, 3D модель, режими різання, технологічне оснащення.

ABSTRACT

SHARUN S. Improvement of the technological process for manufacturing centrifugal pump housings for use at TZOV «ZEMAN». Manuscript.

Bachelor's qualification work of EP «Applied Mechanics» specialty 131 Applied Mechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

The bachelor's qualification work consists of an introduction, 4 sections, conclusions, a list of literature sources, appendices (according to the structure of the qualification work approved by the department).

The work includes an analytical section, technological and design parts, as well as labor protection issues. The technological part of the project presents materials and calculations related to the description and testing of the product for manufacturability, the development of routing and operational technology for processing the body part, the choice of a method for manufacturing the workpiece, the sub-bromination of CNC machine tool equipment with a cutting tool, the calculation of cutting modes and the standardization of work.

The design part of the project considers the principle of operation of a centrifugal pump, the calculation of the rotor (wheel) structural element is carried out. An engineering analysis of the pump shaft is carried out using the finite element method. 3D models of the main components of the centrifugal pump are built. A control program for processing the centrifugal pump housing is developed.

A section on occupational safety has been completed, which analyzes harmful and dangerous production factors when working on CNC machines.

Keywords: technological process, mechanical processing, workpiece, body, 3D model, cutting modes, technological equipment.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	8
1.1. Технологічні лінії для виготовлення пива на ТЗОВ «ЗЕМАН»...	8
1.2. Аналіз конструкцій відцентрових насосів та їх технологічні можливості.....	9
1.3. Визначення задач роботи.....	14
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	16
2.1. Службове призначення корпусу відцентрового насосу	16
2.2. Вибір матеріалу: хімічний склад, механічні властивості.....	17
2.3. Аналіз технологічності деталі корпус.....	18
2.4. Вибір оптимального способу отримання заготовки.....	23
2.5. Вибір плану оброблення корпусу.....	25
2.6. Розрахунок припусків на обробку.....	25
2.7. Вибір металообробного обладнання, ріжучих та вимірювальних інструментів, верстатного оснащення.....	27
2.8. Розрахунок режимів різання.....	31
2.9. Управляюча програма для верстата з ЧПУ (обробного центру)...	34
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	35
3.1. Принцип роботи відцентрового насосу.....	35
3.2. Розрахунок елемента конструкції ротора (колеса).....	37
3.3. Інженерний аналіз валу насосу методом кінцевих елементів.....	42
3.4. Розробка каталогу складальних деталей відцентрового насосу...	46
3.5. Побудова 3D моделей основних вузлів відцентрового насосу....	47
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	49
4.1. Огляд небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....	49
4.2. Безпека роботи на верстатах з ЧПУ.....	50
4.3. Мащення, охолодження, відведення стружки.....	51

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

4.4 Вимоги щодо застосування засобів індивідуального захисту робітників.....	52
ВИСНОВКИ	54
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	55
ДОДАТКИ	57

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Підприємство ТзОВ «Земан» розташоване у місті Луцьк та випускає такі сорти пива: «Віденське», «Традиційне», «Пивна Душа Світле», «Пивна Душа Преміум», «Старий Лучеськ», «Доппельбок», «Спеціальне Темне», «Пшеничне», «Пшеничне Нефільтроване», «Преміум», «Beschneiden», «Душа Пивовара Світле» та «Душа Пивовара Преміум».

На ТзОВ «Земан» впроваджена та сертифікована Система управління безпекою харчових продуктів, яка побудована із застосуванням принципів НАССР. Комплекс результативних процедур демонструє здатність підприємства випускати якісну і безпечну продукцію. Вхідний контроль сировини та допоміжних матеріалів проводиться атестованою виробничою лабораторією.

Відповідно на виробничих лініях даного підприємства широко використовуються відцентрові насоси, але не завжди вони задовільняють умови виробництва, тому розробка конструкцій насосів та технологічних процесів їх виготовлення із заданими технічними та технологічними характеристиками з виконанням сучасних верстатів з ЧПУ та комп'ютеризованих методів проектування є актуальною задачею.

Серед усіляких пристроїв, призначених для перекачування різноманітних рідин, відцентровий насос є найпрактичнішим: принцип роботи цього агрегату забезпечує якісне поєднання високої продуктивності та тиску, але при цьому дозволяє конструкції бути досить простою. Насоси такого типу застосовуються практично у всіх галузях промисловості: харчовій, хімічній, нафтохімічній. Такі агрегати можна зустріти при гідромеханізації розробки ґрунтів, при гідравлічному способі видобутку вугілля, а також у всіх системах комунального водопостачання.

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Технологічні лінії для виготовлення пива на ТЗОВ «ЗЕМАН»

Роком заснування Луцької пивоварні ТМ «Земан» вважається 1888 рік, саме тоді чеський пивовар Вацлав Йозеф Земан побудував в Луцьку броварню яка існує й розвивається все більше з кожним роком [1]. На сьогодні у ТзОВ «Земан» впроваджена та сертифікована система управління безпечністю харчових продуктів, яка вибудована із застосуванням принципів НАССР. Комплекс результативних процедур демонструє здатність підприємства випускати якісну і безпечну продукцію, на сучасному високотехнологічному та високопродуктивному обладнанні.

Приготування пивного сусла здійснюється за рахунок двох заторних чанів, фільтраційного чана і сушварного котла (рисунок 1.1). Стерильне охолоджене аероване пивне сусло подається на бродіння в ЦКТ (циліндрично-конічні танки) або у відділення бродіння. ЦКТ виготовлені як на підприємствах України, так і закордонними виробниками (Німеччина), виходячи з вимог до таких апаратів.

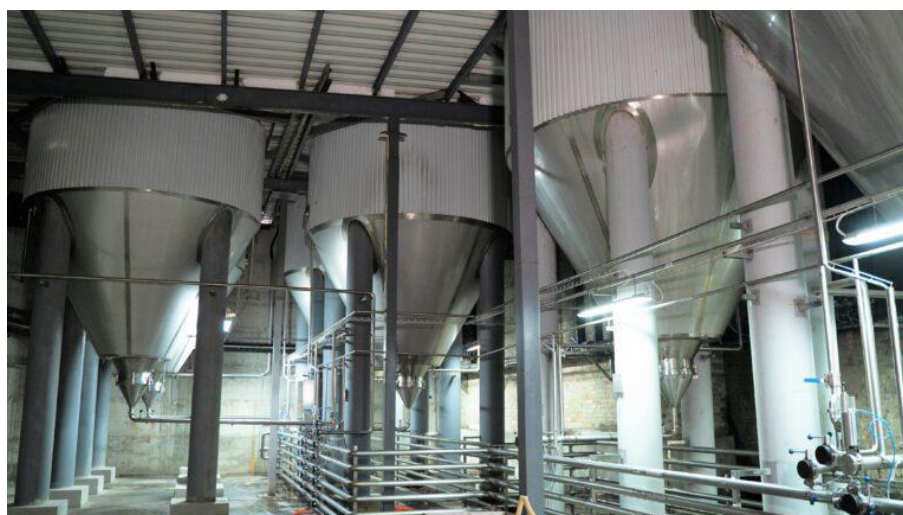


Рисунок 1.1 – Виробниче обладнання на ТзОВ «Земан»

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Конструкція ЦКТ дозволяє ефективно проводити миття та дезінфекцію за допомогою повністю автоматичних стаціонарних СП-станцій, які контролюються комп'ютером. Після фільтрації охоложене пиво надходить до збірників фільтрованого пива – форфаси, де зберігається (за температури +2 +3°С) до подачі на відділи розливу [1]. Відповідно усі логістично-транспортні процедури перекачування сусла та готової продукції відбуваються за допомогою відцентрових насосів по відповідних трубопроводах (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Обладнання для перекачування сусла та готового пива

Саме насоси перекачують готовий продукт на лінію розливу. Зрозуміло, що на такому важливому етапі як перекачування сусла та готового пива, повинно працювати надійне обладнання. Саме тому предметом даної роботи обрано саме відцентрові насоси та технологічні процеси їх проектування, виготовлення та вдосконалення конструкцій для збільшення продуктивності.

1.2. Аналіз конструкцій відцентрових насосів та їх технологічні можливості

Відцентрові насоси використовуються для транспортування рідин, в нашому випадку пива, шляхом перетворення кінетичної енергії обертання в гідродинамічну енергію потоку рідини. Обертальна енергія, як правило,

						045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
							9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

передається від електродвигуна. Рідина надходить у робоче колесо насоса вздовж осі обертання, і прискорюється робочим колесом (крильчаткою), подається радіально назовні в дифузор (напірна труба, яка розширюється за течією) або спіральну камеру (кожух). По суті насос відцентровий – це насос лопатевий, який діє за допомогою відцентрових сил і в якому рідке середовище переміщується через робоче колесо від центра до периферії.

Відцентрові насоси бувають одноступінчастими та багатоступінчастими [18, 19]. Одноступінчасті насоси мають одне робоче колесо, багатоступінчасті насоси – кілька послідовно з'єднаних робочих коліс, що закріплені на одному валу. Багатоступінчастий насос представлений малюнку 1.3.

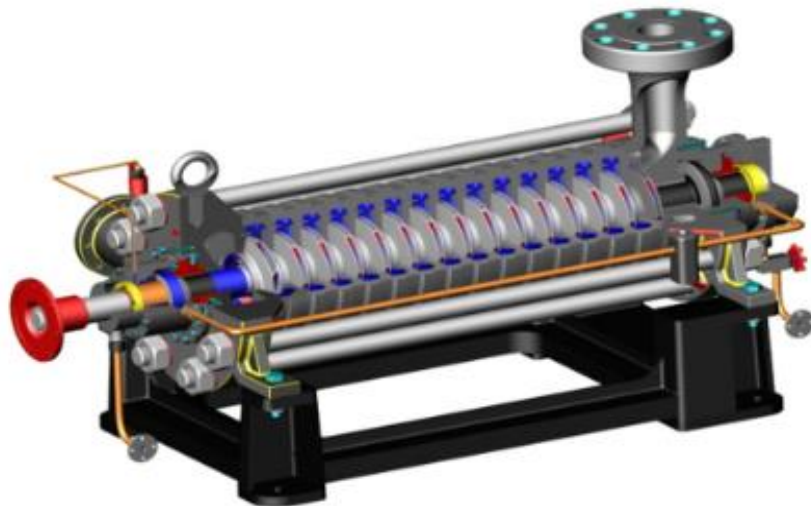


Рисунок 1.3 – Багатоступінчастий відцентровий насос

За способом підведенню рідини розрізняють насоси одностороннього та двостороннього входу [15]. За конструкцією робочого колеса, насоси бувають закритого, напіввідкритого, відкритого типу представлені (рисунок 1.4). За розташуванням валу – вертикальні та горизонтальні насоси. Насос з вертикальним розташуванням валу представлений рисунку 1.5. За способом з'єднання з приводом – за допомогою муфти та моноблочні. Моноблочний насос представлений рисунку 1.6. Опори можуть бути виносні та з

						045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
							10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

консольним розташуванням. За ознакою занурення в рідину, насоси ділять на поверхневі, занурювані та напівзанурювані [15].

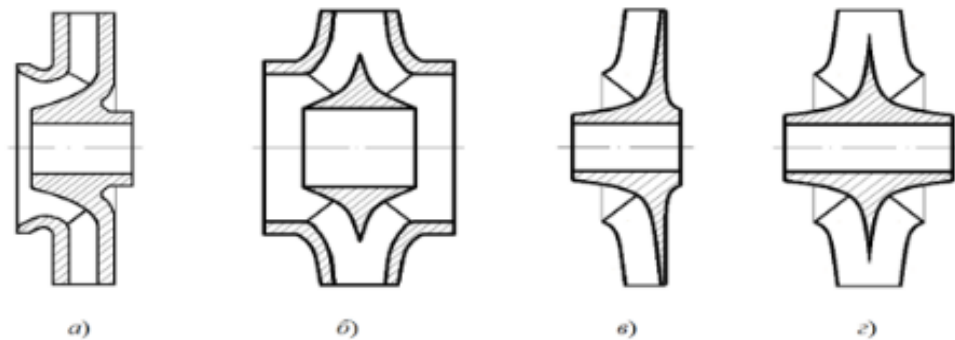


Рисунок 1.4 – Види робочих коліс відцентрових насосів:

a – робоче колесо закритого типу з одностороннім підведенням; *б* – теж з двостороннім підведенням; *в* – робоче колесо напіввідкритого типу; *г* – робоче колесо відкритого типу з двостороннім підведенням.

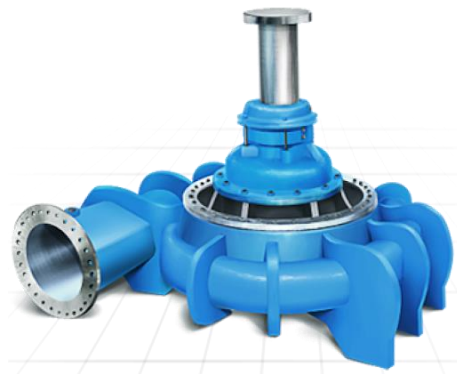


Рисунок 1.5 – Відцентровий насос з вертикальним розташуванням валу



Рисунок 1.6 – Відцентровий насос моноблочний

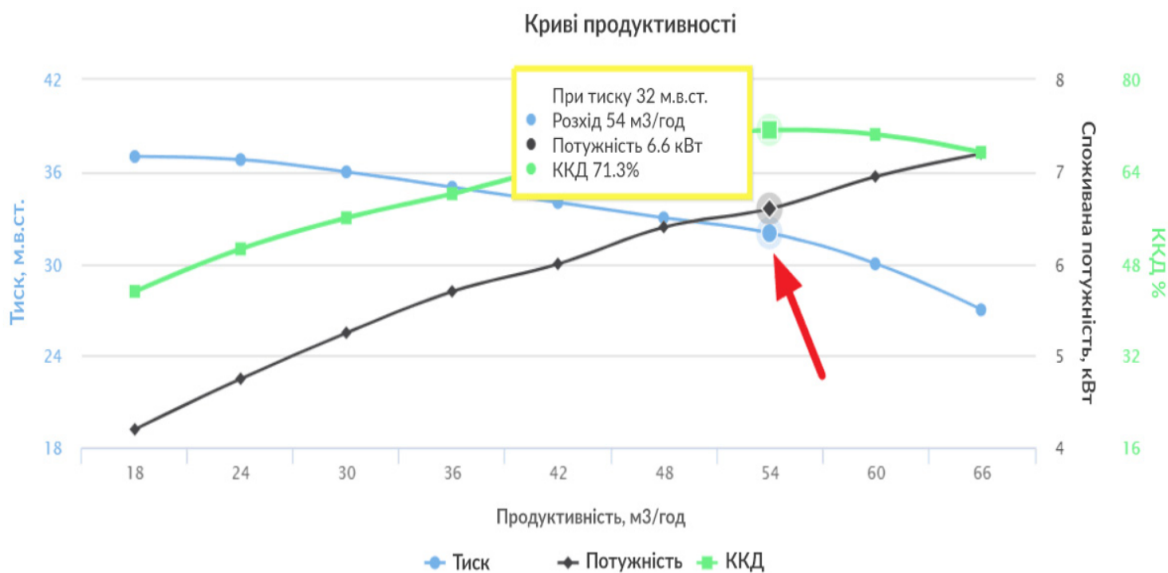
					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Сьогодні ринок насосного обладнання пропонує споживачам різні виконання насосів з обточування коліс з відповідною потужністю електродвигуна, що забезпечують отримання максимального значення ККД для заданих умов роботи.

Розкид ККД насосних агрегатів великий (від 20 до 98%). Він визначається різним характером взаємодії робочого органу насоса на рідину. Для регулювання ККД та зміни характеристик відцентрових насосів широко застосовується метод обточування діаметра робочого колеса. Конкретний підбір робочого колеса під потрібні режими (подача та напір) дозволяє, особливо на великих насосах, отримувати значну економію енергії. Переваги відцентрових насосів у порівнянні з іншими типами насосів [18]:

- плавні характеристики (рисунк1.7), завдяки чому високі значення тиску і високі значення ККД зберігаються при широкому діапазоні подач;

Тиск насоса (напір) – поряд із продуктивністю (подачею, витратою) друга ключова характеристика насоса. Показує здатність насоса долати опір трубної системи і перемістити рідину з всмоктувальної лінії в напірну.



Рисунк 1.7 – Залежність продуктивності, тиску, споживаної потужності та ККД відцентрового насоса.

– великі частоти обертання, що дозволяє як привод для насосів використання електродвигунів і турбін;

– плавна зміна потужність N , що дозволяє виконати пуск насоса при закритій вихідній заслонці (або при закритому зворотному клапані);

Якщо продуктивність насоса відповідає на питання який об'єм рідини насос може перекачати за одиницю часу, то тиск відповідає на питання який саме опір трубної системи (в барах) може долати насос. Продуктивність та тиск насоса залежатимуть як від параметрів самого насоса, так і від характеристики опору трубопровідної системи (рисунок 1.8)

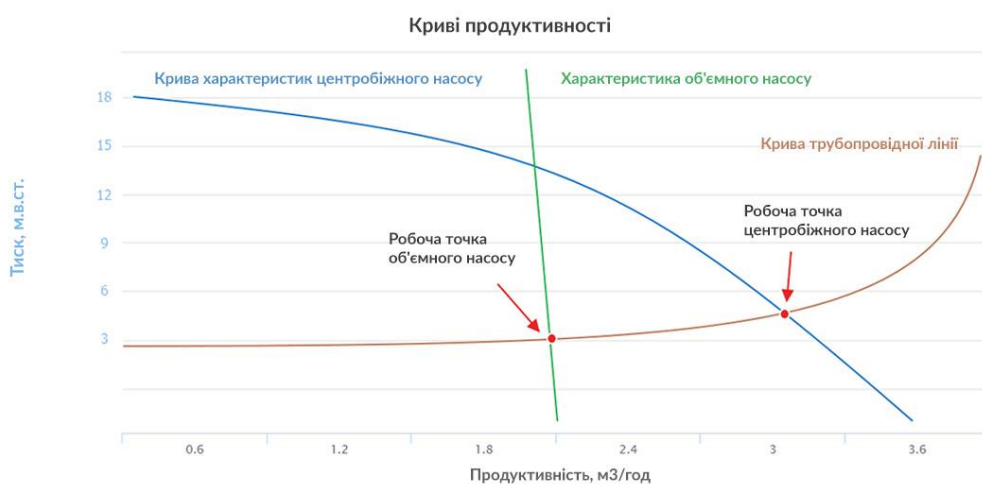


Рисунок 1.8 – Продуктивність та тиск насоса

У цій роботі розглядається насос горизонтальний, одноступінчастий, консольного виконання з робочим колесом одностороннього входу (рисунок 1.9), призначений для перекачування суслу та/або пива. З рідиною, яка перекачується безпосередньо пов'язаний вибір матеріалу, з якого виготовляється корпус і робочий орган [15].

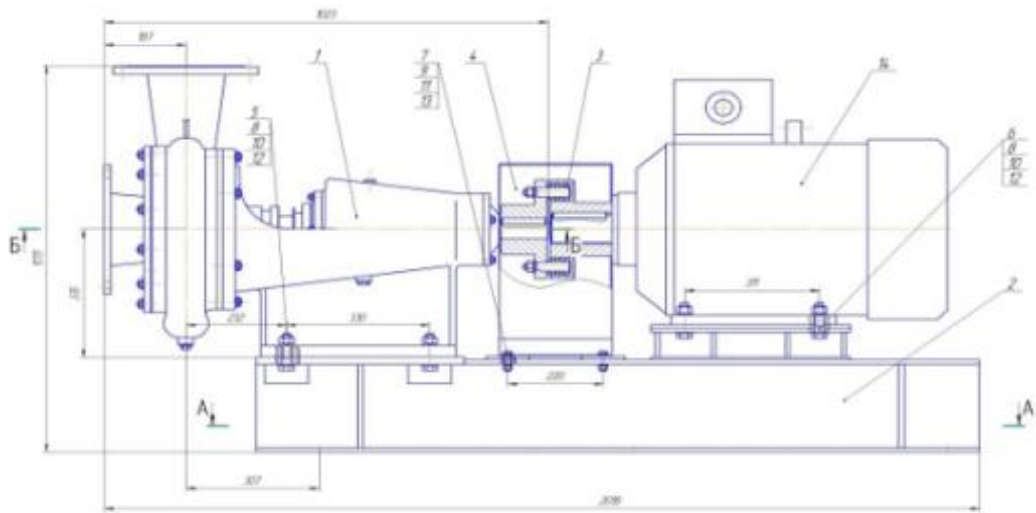


Рисунок 1.9 – Консольний відцентровий насос з одностороннім входом

1.3. Визначення задач роботи

Для агрегатів, які призначені для перекачування хімічно активних рідин, в нашому випадку пивне сусло та готове пиво, найбільше ефективно показують себе в експлуатації титанові сплави [11]. Виробництво виробів з титану та його сплавів має низку технологічних особливостей [13]. Через високу хімічну активність розплавленого титану його виплавка, розливання, зварювання та механічна обробка дуже трудомістка і затратна. У такому разі важливо раціонально вибрати метод отримання заготовлі та план обробки.

Метою даної роботи є модернізація технології виготовлення відцентрового насоса для перекачування сусла та пива. Технологічний процес виготовлення корпусу та робочого колеса складався з комбінації лиття титану та зварювання титанового прокату. Зварювання титану не тільки трудомістка, а й може негативно вплинути на робочі характеристики та якість деталей, а слюсарні роботи з різання та згинання титанового прокату вимагають величезних часових та грошових витрат, тому даний спосіб виготовлення застарів і вигідніше було б використовувати повністю литі деталі з наступною механічною обробкою [4].

Завдання, які вирішуватимуться у цій роботі такі:

									Арк.
									14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1. Створення 3D моделей та складання насоса;
2. Розробка каталогу та рознесеної збірки;
3. Розробка технологічного процесу виготовлення корпусу насоса;
4. Створення керуючої програми на верстатах з ЧПУ.

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Службове призначення корпусу відцентрового насосу

Відцентровий насос (рисунок 2.1) складається з корпусу, який має спіральну форму (нагадує равлика) і розташованого всередині нього, жорстко закріпленого на валу робочого лопатевого колеса. Лопаті відігнуті в радіального напрямку у протилежну сторону обертання колеса. З'єднання насосу з трубопроводами, напірним та всмоктувальним, проводиться через патрубки.

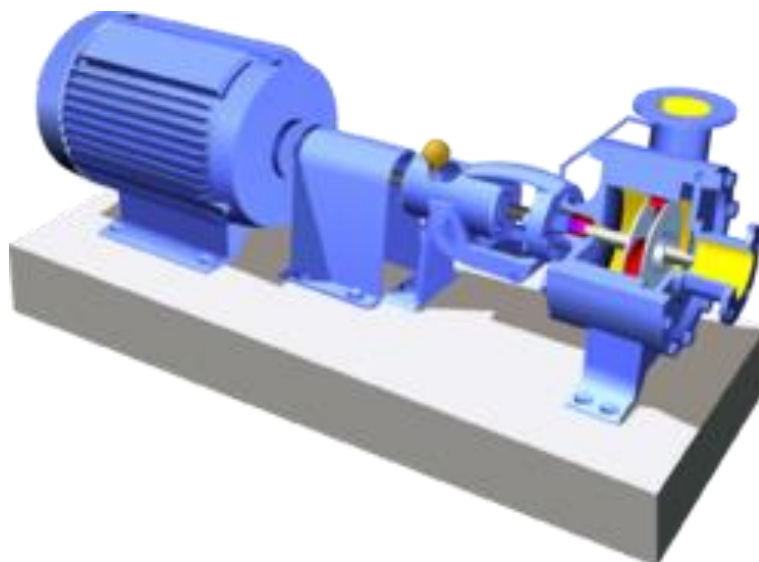


Рисунок 2.1 – 3D модель відцентрового насосу

Корпус даного насосу (рисунок 3.1) служить для спрямування, обмеження та подачі рідини, в нашому випадку сула та/або пива. Всередині нього обертається робоче лопатеве колесо, яке розганяє рідину, відкидаючи її відцентровою силою до спіральної поверхні корпусу, після чого вона надходить під натиском у вертикальний патрубок.

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

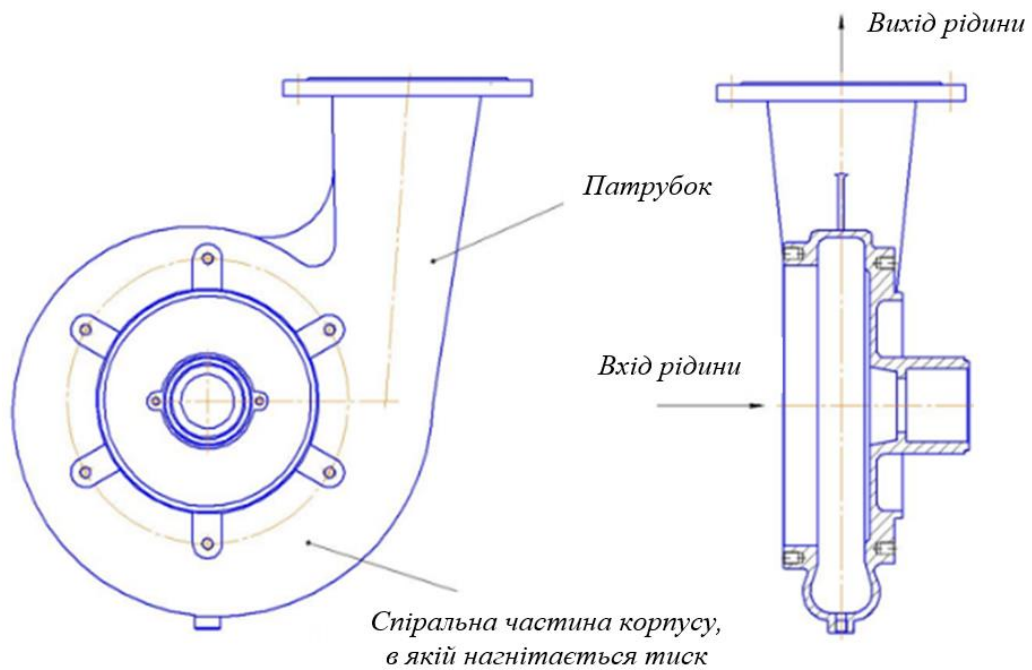


Рисунок 2.2 – Ескіз корпусу

Висока точність обробки деталі не потрібна, проте повинна бути забезпечена герметичність, щоб продуктивність насоса не падала, і забезпечувалася співвісність. Вимоги до матеріалу корпусу – висока стійкість до корозії.

2.2. Вибір матеріалу: хімічний склад, механічні властивості

Вибраний матеріал – ливарний титановий сплав [8]. За густиною титан займає проміжне місце між алюмінієм і залізом. Особливість титану – це низька теплопровідність, яка приблизно в тринадцять разів менша за теплопровідність алюмінію і в чотири рази заліза. Титан має досить високий питомий електроопір, що збільшується із зростанням температури [10].

Титан та його сплави відрізняються високою корозійною стійкістю в атмосфері, морській воді та багатьох агресивних середовищах, які не можуть зруйнувати захисну оксидну плівку на його поверхні. Титан має відносно високий рівень питомої теплоти кристалізації, що становить 419 кДж/кг, що у

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

1,6 разу більше, ніж теплота кристалізації заліза [11]. Механічні характеристики деяких титанових сплавів наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Механічні характеристики титанових сплавів

Сплав	σ_B	$\sigma_{0,2}$	$\delta, \%$	$\psi, \%$	$A_n, \text{Дж/см}^2$
BT1Л	343	294	10	20	39,2
BT5Л	686	618	6	14	29,4
BT6Л	834	736	5	10	24,5
BT3-1Л	932	814	4	8	24,5
BT9Л	932	814	4	8	19,6
ТЛ-3	490 -588	539	8	16	19,5

Відносно недорогим матеріалом, який відповідає вимогам до цієї деталі є сплав ТЛ-3, який і обраний для її виробництва. Інформація про склад матеріалу наведені в таблиці 2.2 згідно [11].

Таблиця 2.2 – Хімічний склад матеріалу ТЛ-3

<i>Ti</i>	<i>Al</i>	<i>V</i>	<i>Si</i>	<i>Fe</i>	<i>O</i>	<i>H</i>	<i>N</i>	<i>C</i>	інші.
основа	4,5	0,15	0,12	0,12	0,15	0,006	0,04	0,1	0,5

Виливок повинен ретельно контролюватися на наявність дефектів. Для усунення прихованих дефекту чи браку виливки піддаються гарячому ізостатичному пресуванню. При необхідності проводиться УЗ-дефектоскопія, рентгеноскопія, люмінесцентний контроль, а також гідравлічні випробування виливків [8]. Ретельно перевіряється хімічний склад матеріалу виливкf та його механічні властивості.

2.3. Аналіз технологічності деталі корпус

Технологічність – це одна з характеристик виробу, яка описує зручність його виробництва [4]. При виробництві різних виробів технологічність багато в чому визначає собівартість, витрати на

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ				Арк.
									18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

виготовлення та подальше використання. Виріб є технологічним, якщо він відповідає наступним вимогам згідно [4]:

1. Обробляється на високопродуктивному устаткуванні;
2. Поверхні, які необхідно обробити доступні;
3. Збігаються технологічні та вимірювальні бази;
4. Оброблювальні верстати досить точні для отримання заданих відхилень деталі;
5. Є можливість безпосереднього вимірювання заданих на кресленні розмірів;
6. На виробі відсутні конструктивні елементи, які викликають короблення, зміну форми.

Даний корпус є несиметричним, має складну поверхню і є тонкостінним тілом. Також у цієї деталі великі габарити. Деталь найдоцільніше обробляти на горизонтальному поворотному столі. Складним є встановлення деталі на стіл, зокрема при обробці горловини, а також переустановка. Утруднена одночасна обробка кількох деталей такого типу через великі розміри. Неможливе одночасне виконання кількох операцій. Матеріал, з якого виготовлена деталь дуже в'язкий і налипає на інструмент, також створюються дуже високі температури в зоні різання, що вимагає застосування спеціального інструменту, або великих витрат на звичайний. Є складність при контролі розмірів через значні розміри самих вимірювальних приладів. Висновок – деталь нетехнологічна.

Розробка технологічного виготовлення деталей

$$F_d = (D - d) \cdot h - S \cdot K_p, \text{ год.} \quad (2.1)$$

де, D – кількість календарних днів в році, $D=365$ днів;

d – кількість неробочих днів, $d= 113$ днів;

h – тривалість робочої зміни, $h=8$ годин;

S – кількість змін на добу (режим роботи підприємства), $S = 3$;

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K_p – коефіцієнт запланованих втрат робочого часу, $K_p = 0,98$.

Підставивши числові дані, отримуємо дійсний річний фонд буде:

$$F_d = (365 - 113) \cdot 8 \cdot 0,98 = 2013 \text{ год.}$$

Розрахуємо приблизний штучно-калькуляційний час згідно [4].

Попередньо приймаємо наступний технологічний маршрут:

1. Карусельне чи звичайне точіння;
2. Свердління та нарізання різьби;
3. Зачистка.

Штучно-калькуляційний час складається з основного часу обробки, часу на допоміжні операції, часу на технічне обслуговування верстата, організаційний час, час перерв, підготовчо-заклучний час:

$$T_{шт.к} = T_{о.повн.} + T_{в} + T_{тех. о.} + T_{орг.} + T_{пер.} + T_{п.з.}, \text{ хв.} \quad (2.2)$$

Розрахуємо основний час. Він є безпосереднім часом обробки деталі, тобто час механічного руху верстата. Основний час визначається:

$$T_o = \frac{L_{р.х.}}{n \cdot s}, \text{ хв.} \quad (2.3)$$

де, $L_{р.х.}$ – довжина робочого ходу інструменту, мм.;

n – частота обертання столу, об/хв.;

S – подача, мм/об.

Для токарної чорнової обробки (без урахування кількості проходів, з двох сторін відповідно):

$$T_o = \frac{13,5 + 34 + 16 + 85}{40 \cdot 0,5} = 7,5 \text{ хв}$$

$$T_o = \frac{32,5 + 48,5 + 12 + 38}{40 \cdot 0,5} = 6,5 \text{ хв}$$

Для токарної чистової обробки (без урахування кількості проходів, з двох сторін відповідно):

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_o = \frac{70+12+11+85}{35 \cdot 0,2} = 26 \text{ хв}$$

$$T_o = \frac{33+47+38}{35 \cdot 0,2} = 16 \text{ хв}$$

Обробка горловини:

$$T_o = \frac{134}{40 \cdot 0,5} = 12 \text{ хв}$$

$$T_o = \frac{35}{35 \cdot 0,2} = 5 \text{ хв}$$

Сумарний час для токарної обробки:

$$\sum T_o = 7,5 + 6,5 + 26 + 16 + 12 + 5 = 73 \text{ хв}$$

Розраховуємо для свердлильної обробки (3.4):

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{V}, \text{ хв} \quad (2.4)$$

де, V – швидкість різання, мм/хв.

Сумарний час для обробки отворів $\varnothing 14,34H13$, $\varnothing 13,9H14$, $\varnothing 10,2H12$, $\varnothing 23$:

$$\sum T_o = \frac{24 \cdot 18 + 26 + 25 \cdot 2}{14} + \frac{21 \cdot 8}{12} = 50 \text{ хв}$$

Зенковка і нарізання різьби.

Час зенковки фасок:

$$T_o = \frac{1,6 \cdot 17 + 2}{14} = 2 \text{ хв}$$

Час нарізання різьби:

$$T_o = \frac{16 \cdot 21}{7} + \frac{2 \cdot 20}{5} = 56 \text{ хв}$$

Сумарний час для нарізання різьби та зенковки:

$$\sum T_o = 56 + 2 = 58 \text{ хв}$$

Для зачистки м'яким абразивним кругом внутрішньої поверхні корпуса виберемо час T_o приблизно 30 хвилин.

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Час на допоміжні операції приймемо попередньо $T_B = 30$ хвилин для кожної операції. У нього входить установка на верстат, з якою виникають деякі складності у зв'язку з габаритами та несиметричністю деталі (особливо при обробці горловини), переміщення робили за допомогою крана та вивіряння.

Час на технічне обслуговування:

$$T_{\text{тех. о.}} = 10\% T_0, \text{ хв} \quad (2.5)$$

Організаційні часові витрати:

$$T_{\text{орг.}} = 10\% (T_0 + T_B), \text{ хв} \quad (2.6)$$

Час для перерв:

$$T_{\text{пер.}} = 5\% (T_0 + T_B), \text{ хв} \quad (2.7)$$

Підготовчо-заклучний час приймемо $T_{\text{п.з.}} = 12$ хв для кожної операції.

Кількість верстатів на кожну операцію визначаємо за формулою:

$$C_p = \frac{N \cdot T_{\text{шт.к}}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{\text{зо}}} \quad (2.8)$$

де, C_p – кількість верстатів на кожну операцію;

N – річна програма випуску деталей, шт., $N = 120$ шт.;

$T_{\text{шт.к}}$ – штучно-калькуляційний час, хв;

F_d – діючий річний фонд часу роботи обладнання, година;

$\eta_{\text{зо}}$ – нормативний коефіцієнт завантаження устаткування,

$\eta_{\text{зо}} = 0,85$.

Так для обробки отворів отримаємо:

$$C_p = \frac{120 \cdot 58}{60 \cdot 3952 \cdot 0,85} = 0,03$$

При розрахунковому значенні C_p дорівнює 0,03 верстатів, приймаємо кількість робочих місць p рівним 1. Фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця визначаємо за формулою:

$$\eta_{\text{зф}} = C_p / p = 0,03 / 1 = 0,03$$

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість операцій, що виконується на робочому місці, визначаємо за формулою:

$$O = \eta_{з\phi} / \eta_{з\phi} = \frac{0,85}{0,03} = 29$$

Аналогічно інших операцій. Результати розрахунків представлені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Часові витрати на обробку

№п/п	Операція	T _{о,хв}	T _{шт.к,хв}	C _p	P	η _{зφ}	O
1	Обробка отворів	108	168	0,03	1	0,03	29
2	Токарна або токарно-карусельна	73	108	0,98	1	0,13	7
3	Шліфувальна	30	54	0,011	1	0,05	17
Σ		110	330		3		48

Коефіцієнт закріплення операцій визначається за формулою:

$$K_{з\phi} = \sum O / \sum P = 48 / 3 = 16$$

Оскільки $K_{з\phi} > 10$, то виробництво цієї деталі відноситься до дрібносерійного виробництва.

2.4. Вибір оптимального способу отримання заготовки

Вихідні дані:

1. Матеріал ТЛ-3;
2. Маса деталі: 81,5 кг;
3. Річна програма випуску: 120 шт.

Дана заготовка отримується двома способами – суміш прокату і лиття, або тільки лиття. Розглянемо, який із способів є більш вигідним за техніко-економічними показниками при обраному типі виробництва та вимогам до деталі.

Заготовка, зроблена по першому способу складається з виливки масою близько 65 кг. і елементів, гнутих і оброблених з титанового прокату, які у результаті зварюються з литою частиною. Їхня маса, загалом, становить близько 20 кг. Кожна частина підлягає окремій механообробці.

Порахуємо приблизну вартість даного способу. Потрібно замовити листи зі сплаву ВТ-1-0 з розмірами 20x350x350 для лівого фланця і зі Ст3 [8] з розмірами 30x335x335 для правого. Плити для двох бобишок, кільця і патрубку розмірами 16-20x55x72, 30x278x278, 12x200x610 за, пруток розмірами \varnothing 80, $l=127$ для шести бобишок, а також виливок із сплаву ТЛ-1 або ТЛ-3 масою 65кг.

Ціна листового титану завтовшки 20 мм. – 1750 грн. за кг., Лист – близько 1600 грн. за кг., пруток – 1780 грн. за кг, ціна титанового лиття за кг. – близько 800 грн. Ціна сталевих листа – 30-35 грн/кг.

Вартість необхідного матеріалу буде становити:

$$C = 1750 \cdot 12 + 1600 \cdot (0,4 \cdot 2 + 10,5 + 7) + 1780 \cdot 0,5 \cdot 6 + 33 \cdot 16 + 65 \cdot 800 = 108058 \text{ грн}$$

Ці ціни можуть змінюватись, але приблизна вартість буде близько 100 тисяч грн. Але крім цього, потрібні витрати на обробку кожної з деталей, складне зварювання титану. Так само потрібна велика номенклатура інструменту і безліч трудомістких слюсарних робіт, що обійдеться ще більшу суму, в яку входять витрати на необхідні інструменти і зарплата працівникам. Так само зварювання титану може погано вплинути на його властивості, що небажано, якщо врахувати факт, що корпус буде контактувати з агресивними рідинами та відчувати на собі певний тиск.

Вартість цілої виливки буде приблизно 68000 грн. Так як титанове лиття не поширене в нашій країні, то значну суму доведеться витратити на доставку, але варіант зробити цільний виливок виглядає більш прийнятним, особливо при серійному виробництві.

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5. Вибір плану оброблення корпусу

Технологічний процес обробки деталі передбачає кілька стадій. Дана технологія буде включати токарну обробку, обробку отворів і зачистку. Кожна з цих стадій розбивається на необхідну кількість технологічних операцій. Також можна запропонувати два варіанти обробки щодо вибору верстатів.

Можна взяти токарно-карусельний та свердлильний верстат з ЧПУ, або виконати всі операції на токарно-фрезерному верстаті з ЧПУ, що теж має свої плюси та мінуси. В описі технологічного процесу не вказуються такі операції, як мащення, упаковка, нанесення спеціальних покриттів і т.д.

Можна запропонувати такий порядок операцій технологічного процесу:

1. Токарна обробка.
2. Обробка отворів.
3. Шліфування.

До остаточних (кінцевих) технологічних операцій слід віднести пакувальну операцію та ін. Відповідно до порядку операцій можна запропонувати наступний технологічний маршрут обробки, який наведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – План оброблення деталі

№	Назва операцій та переходів	Норма часу, хв.
1	Токарна та обробка отворів з ЧПУ	168
1.1	Точити торець фланця, $\varnothing 120d9$, $\varnothing 300h8$ з підрізанням торця бобишок	
1.2	Розточити $\varnothing 76$ та $\varnothing 97H8$ на довжину 85 мм	
1.3	Свердлити $\varnothing 13,9H14$ 6 отворів	
1.4	Зенкувати 6 фасок $1,6 \times 45^\circ$	

2.6. Розрахунок припусків на обробку

Припуск на сторону при послідовній обробці протилежних або окремо розташованих поверхонь розраховується за такою формулою згідно [16]:

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$Z_{\min}=(R_{z_{i-1}}+T_{i-1}+\rho_{i-1}+\epsilon_i) \quad (2.9)$$

Припуск на діаметр при обробці зовнішніх або внутрішніх поверхонь обертання розраховуємо згідно [16]:

$$2Z_{\min}=2\left(R_{z_{i-1}}+T_{i-1}+\sqrt{\rho_{i-1}^2+\epsilon_i^2}\right) \quad (2.10)$$

де ϵ – похибка закріплення заготовки, мм;

R_z – висота мікронерівності, мм;

T – глибина дефектного поверхневого шару, мм;

ρ – сумарне значення просторових відхилень, мм;

Сумарне значення просторових відхилень для заготівлі даного типу визначається за формулою:

$$\rho=\sqrt{\rho_{\text{см}}^2+\rho_{\text{кор}}^2} \quad (2.11)$$

Розрахуємо припуски на обробку $\varnothing 374$:

Необроблений виліток:

$$\rho=\sqrt{0,7^2+0,5^2}=0,86 \text{ мм}$$

Після чорнової токарної обробки:

$$\rho=\sqrt{0,4^2+0,3^2}=0,58 \text{ мм}$$

Мінімальні припуски:

$$Z_{\min 1}=0,32+0,32+\sqrt{0,86^2+0,6^2}=1,96 \text{ мм}$$

$$Z_{\min 2}=0,24+0,24+\sqrt{0,58^2+0,6^2}=1,3 \text{ мм}$$

Розрахункові діаметри поверхонь:

$$d_{p1}=374 \text{ мм}, d_{p2}=376,6 \text{ мм}, d_{p3}=380,52 \text{ мм}$$

Граничні значення припусків, що дорівнюють різниці найбільших і найменших розмірів, наведено в таблиці 2.5.

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5 – Розрахункові припуски на обробку

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи Припуску			Розр. припуск	Розмір	Допуск	Граничний розмір		Граничне значення припуску				
	Rz	T	ρ				Z_{min}	d_p	δ	d_{min}	d_{max}	Z_{max}^H	Z_{min}^H
	МКМ	МКМ	МКМ				МКМ	ММ	МКМ	ММ	ММ	МКМ	МКМ
Заготовка	700	500	860	1960	380,52	500	380,52	381,02					
Токарна чорнова	50	50	95	195	376,6	350	376,6	376,95	4250	3920			
Токарна чистова	30	30	65	95	374	120	374	374,12	2780	2600			

2.7. Вибір металообробного обладнання, ріжучих та вимірювальних інструментів, верстатного оснащення

Вибір металорізальних верстатів залежить від виду обробки, точності оброблюваної поверхні, розташування цієї поверхні щодо технологічних баз, габаритів та маси заготовки, а також швидкості обробки та типу виробництва.

Для цієї деталі є два варіанти відповідного обладнання – це токарно-фрезерний обробний центр 800 VHT, або токарно-карусельний верстат з ЧПУ 1000 CNC і свердлильний з ЧПУ [6]. Вибране обладнання та його основні характеристики наведено у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Вибране верстатне обладнання

Операцій, які виконуються на верстаті	Верстат/обробний центр	Основні технічні характеристики
Токарна та обробка отворів	800 VHT	Точність позиціонування при безперервному відліку координат по осі С: $\pm 3''$ кут. сек. Повторюваність позиціонування при безперервному відліку координат по осі, 0,003 Дискретність завдання повороту по осі, 0,001 Найбільша частота обертання столу (вісь С) 370 об/хв Межі частот обертання шпинделя, 0-12000 об/хв Номінальний крутний момент на шпинделі 87 Н·м Найбільше програмоване переміщення за координатами не менше: X 900, Y 900, Z 850 мм

продовження таблиці 2.5

Токарно-карусельна	VLC1000	<p>Хід по осі Z (висування повзуна): 800 мм. Хід траверси: 700 мм. Потужність приводу планшайби S1/S6-40% кВт 37/51 Найбільший крутний момент на шпинделі 7100 Н.м. Найбільше зусилля подачі 20000 Максимальний крутний момент приводу планшайби 8800 Нм Макс. обороти планшайби: 600об/хв. Програмований інкремент осі 0,001 ° С Макс. обороти інструментального шпинделя 2400 об/хв. Потужність інструментального шпинделя S1/S6-40% кВт 5,5/7,5(15/18,5) Система керування – SIEMENS Відстань від торця шпинделя до робочої поверхні плити 450-1600мм Осьове переміщення шпинделя 400 мм Максимальне переміщення осі Y 1225 мм, максимальне переміщення осі Z 750 мм Обертання рукава навколо колони: 360° Швидкість обертання відведення шпинделя, 0,06 (3,5) м/с (м/хв) Межі частоти обертання шпинделя Хід по осі X: -100, +720 мм.</p>
Обробка отворів	CNC 2A554	<p>Відстань від торця шпинделя до робочої поверхні плити 450-1600мм Осьове переміщення шпинделя 400 мм Максимальне переміщення осі Y 1225 мм, максимальне переміщення осі Z 750 мм Обертання рукава навколо колони: 360° Швидкість обертання відведення шпинделя, 0,06 (3,5) м/с (м/хв) Межі частоти обертання шпинделя 118...2000 хв⁻¹ Межі подачі шпинделя 0,045...5,0 мм/об Число ступенів обертання шпинделя 24 Число ступенів робочих подач 24 Найбільший крутний момент на шпинделі 7100 Н.м. Найбільше зусилля подачі 20 000 Н</p>

Порівнявши усі варіанти обладнання, зупинимося на виборі обробного центру 800 VHT, який представлено на рисунку 2.3



Рисунок 2.3 – Обробний центр 800 VHT

Вибір ріжучих інструментів залежить від великої кількості факторів. Перш за все, потрібно вибрати інструмент для певного виду обробки, форми поверхні і, відповідно, призначення верстата, на якому оброблятиметься деталь [16, 17]. Наступний критерій – це матеріал, що обробляється. Від цього залежить не лише вид, а й форма ріжучої частини. Інструмент вибирається в залежності від точності поверхні, а також в залежності від необхідної швидкості обробки та габаритів заготовки [2]. Ця деталь зроблена з дуже в'язкого матеріалу, тому геометрія пластини різця може бути схожа з пластинами для кольорових металів або жароміцних сталей.

Одним із варіантів матеріалу для ріжучої пластини є матеріал, спеціально призначений для обробки титанових сплавів. Це сплав H13A (без покриття) та GC1115 з PDV покриттям, що дозволяють досягти високої стійкості до підвищених температур, пластичної деформації, а також гарантує високу надійність. Як альтернативний і, можливо, економічніший варіант підійде і твердий сплав ВК6. Головний кут у плані рекомендується застосовувати від 60°- 45° великі додатні кути. Виберемо різці з механічним кріпленням пластини для того, щоб замінити різальну частину без заміни різця. Для обробки отворів бажано також застосувати твердий сплав, але допустима і швидкорізальна сталь [17].

Вибір допоміжних інструментів/ Для цього технологічного процесу на обробному центрі можна застосовувати наступний допоміжний інструмент [19]: Цангові патрони, розраховані застосування цанг різних стандартів (DIN 6388, DIN6499 - тип ER), призначені для закріплення інструменту з циліндричним хвостовиком (рисунок 2.4).

Гідро- та термо-патрони (рисунок 2.5), призначені для надійного та точного закріплення інструменту з циліндричним хвостовиком. Вони забезпечують радіальне биття трохи більше 5÷10 мкм на контрольному валику довжиною 100 мм.

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.4 – Цангові патрони типу ER



Рисунок 2.5 – Пиропатрон компенсаційний

Розточувальні головки (рисунок 2.6) та патрони, що служать для чорнового розточування, пропонуються дворізцеві головки, у тому числі із задалегідь встановленим розподілом припуску між різцями. Для чистового розточування, як правило, застосовують однорізцеві головки з різною дискретністю подачі різця. Розточувальні головки зазвичай мають досить вузький діапазон для переналагодження ($D+10\div 40$ мм). Розточні патрони в основному розраховані на обробку отворів в діапазоні від 6 мм до 180-210 мм.



Рисунок 2.6 – Розточна головка

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Вибір приспособлень.

Складнощі установки даної деталі на поворотний стіл виникають при обробці горловини. Потрібно встановити її перпендикулярно шпинделю та зафіксувати. Базування проводиться по $\varnothing 374$ у трикулачковому патроні. На поворотний стіл встановлюється каретка, за допомогою якої, у поєднанні з горизонтальним переміщенням столу, здійснюється припасування та поєднання осі столу та горловини ($\varnothing 335$). Патрон кріпиться до каретки кутовою опорою. Бажано встановити противагу, також додаткову опору для деталі.

Для решти операцій деталь встановлюється в трикулачковий або чотирикулачковий розтискний та затискний патрон.

2.8. Розрахунок режимів різання

Вибір режимів різання виконаний за методикою, викладеною в [13, 14, 16]. Вихідні дані для вибору режимів різання:

- вид обробки;
- оброблюваний матеріал;
- матеріал різальної частини інструмента;
- точність обробки;
- шорсткість оброблюваної поверхні;
- тип виробництва.

У режими різання входять такі параметри:

1. Швидкість різання – це відстань, пройдена точкою ріжучої крайки інструменту щодо заготовки у напрямку головного руху за одиницю часу.

Швидкість різання можна визначити за формулою (2.12):

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \text{ м/хв},$$

де C_v – початкова умова (емпіричний коефіцієнт);

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

T – стійкість інструменту – це час (тривалість) безперервної роботи.
Зазвичай 60, 90, 120, 240, 480 хв;

t – глибина різання, мм;

S – подача при різанні мм/об, мм/зуб;

t , x , y – емпіричні показники ступеня, зазвичай, не більше 1; $m \approx 1$; $x \approx 0,7-0,5$; $y \approx 0,3$; K_y – уточнюючий коефіцієнт;

Типовими режимами різання є такі:

Чорнова обробка $V = 100$ м/хв;

Чистова обробка $= 130$ м/хв;

Свердління $V = 25$ м/хв.

2. Подача – шлях точки ріжучої крайки інструменту щодо заготовки в напрямку руху подачі за один оборот або один хід заготовки або інструменту – S , мм/об, мм/зуб, мм/хв.

Типові подачі:

Чорнова обробка: $S_0 = 0,2-0,3$ мм/об;

Чистова обробка: $S_0 = 0,2-0,1$ мм/об;

Свердління: $S_0 = 0,01-D_{\max}$ мм/об (1% від D отвори).

3. Глибина різання t – відстань між оброблюваною та обробленою поверхнями заготовки, виміряна перпендикулярно до заготовки, мм. Глибину різання відносять до одного робочого ходу інструменту щодо поверхні, яка обробляється.

Типовими режимами різання є такі:

Зовнішня обробка: $t_{\max} = 4$ мм,

Внутрішня обробка: $t_{\max} = 2$ мм.

4. Швидкість подачі - відстань, пройдена у напрямку руху подачі за одиницю часу – F , мм/хв.

$$F = S_0 \cdot n, \text{ мм/хв} \quad (2.13)$$

де S_0 – типова подача, мм/об; n – частота обертання шпинделя, об/хв.

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Частота обертання шпинделя – , об/хв (3.18):

$$n = 1000 \cdot V / \pi \cdot D_{\max}, \text{ об/хв}, \quad (2.14)$$

де V – швидкість різання, м/хв. D_{\max} – максимальний діаметр заготовки, що обробляється, мм. Вибрані режими наведено у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7. – Вибрані режими різання

Назва інструменту	Режими				
	V , м/хв	n , об/хв	$S_o(S_z)$, мм/об (мм/зуб)	F , мм/хв	t , мм
Різець 2100-2181 та Різець 2141-0602, для чорнового и чистового проходів	35	80	0,2 0,1	16 8	2
Свердло 2301-046, 2301-0030, 2301-047, Зенковка 2353-0105, 2353-0104, Цековка 2335-0724	14	355	0,07	25	
Свердло 2301-0079	12	160	0,1	16	
Мітчик М16х1,5	7	125	1,5	187,5	
Мітчик М16х2	7	125	2	250	
Мітчик М12х1,75	6	160	1,75	280	

Розрахунок технічної норми часу. Як зазначалося раніше, норма часу виконання верстатної операції розраховується за формулою 2.1. Основний час ми можемо дізнатися за допомогою введення команди DIS у програмі. Інші тимчасові витрати залишимо тими самими:

1. Допоміжний час приймемо $T_{\text{в}} = 30$ хв. для кожної операції.
2. Час на технічне обслуговування обчислюється залежно від основного та допоміжного за формулою 2.5.
3. Організаційний час так само, за формулою 2.6.
4. Час перерв за формулою 2.7.
5. Підготовчо-заклучний час кожної операції $T_{\text{п.з.}} = 12$ хв.

2.9. Управляюча програма для верстата з ЧПУ (обробного центру)

Для автоматизованої розробки програм для верстатів із ЧПУ використовуються САМ системи. Для корпусу насоса була проведена симуляція обробки на токарно-фрезерному обробному центрі VHT800 і згенерована програма управління.

Обробний центр має систему SIEMENS SINUMERIK 840D. Спільно з цифровим перетворювачем SIMODRIVE 611D та ПЛК SIMATIC S7-300 SINUMERIK 840D представляє повністю цифрову систему, яка підходить для складних завдань обробки та демонструє високий рівень динаміки та точності. Таблиця G та M кодів для програмування обробного центру VHT800 та управляюча програми представлена в додатках А і Б.

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

РОЗДІЛ 3

КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. Принцип роботи відцентрового насосу

Відцентровий насос (рисунок 3.1) збільшує кінетичну енергію потоку рідини за допомогою своїх робочих органів. Робочим органом відцентрового насоса є обертове лопатеве робоче колесо. Енергія від робочого колеса до рідини передається шляхом динамічної взаємодії лопатей колеса з рідиною, що обтікає їх [18].

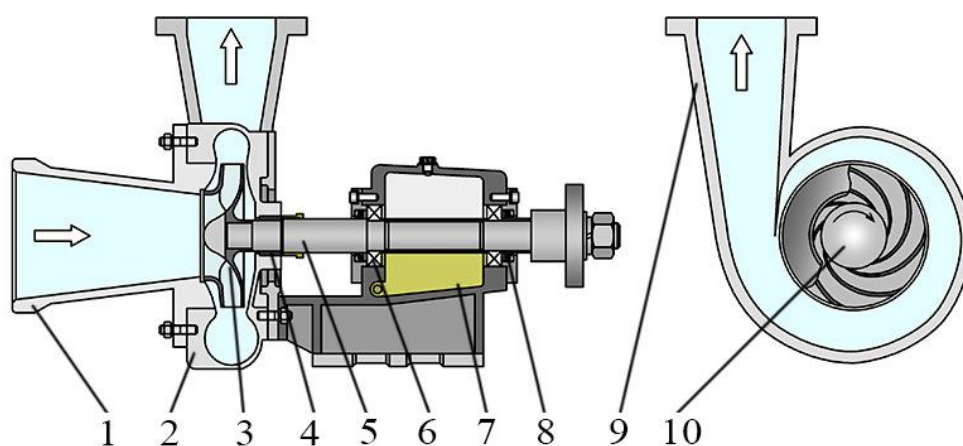


Рисунок 3.1 – Схема відцентрового насосу

1 – вхідний патрубок, 2 – спіральний відвід, 3 – робоче колесо, 4 – ущільнення робочої камери, 5 – вал, 6 – підшипник, 7 – порожнина мащення підшипників, 8 – манжета, 9 – корпус (дифузор), 10 – гайка обтікач

Коли корпус насоса повністю заповнений рідиною з трубопроводу, що всмоктує, то, коли робоче колесо почне обертатися (наприклад, за допомогою електродвигуна), рідина, яка знаходиться між його лопатями, під дією відцентрової сили буде відкидатися від центру колеса до периферії. Це призведе до того, що в центральній частині колеса тиск впаде, а на периферії

						045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			35

збільшиться. Коли тиск зростає, рідина з насоса почне надходити в напірний трубопровід (відведення). Внаслідок цього всередині корпусу насоса утворюється розрідження, під дією якого рідина одночасно почне надходити в насос із всмоктуючого трубопроводу. Таким чином, відбувається безперервна подача рідини відцентровим насосом з всмоктувального трубопроводу напірний.

Корпус (рисунок 3.2) виконаний у вигляді конфузора, співвісного з робочим колесом. Корпус виконаний у формі спіралі для плавного підведення рідини до трубопроводу та переходу кінетичної енергії у потенційну енергію тиску з найменшими гідравлічними втратами.

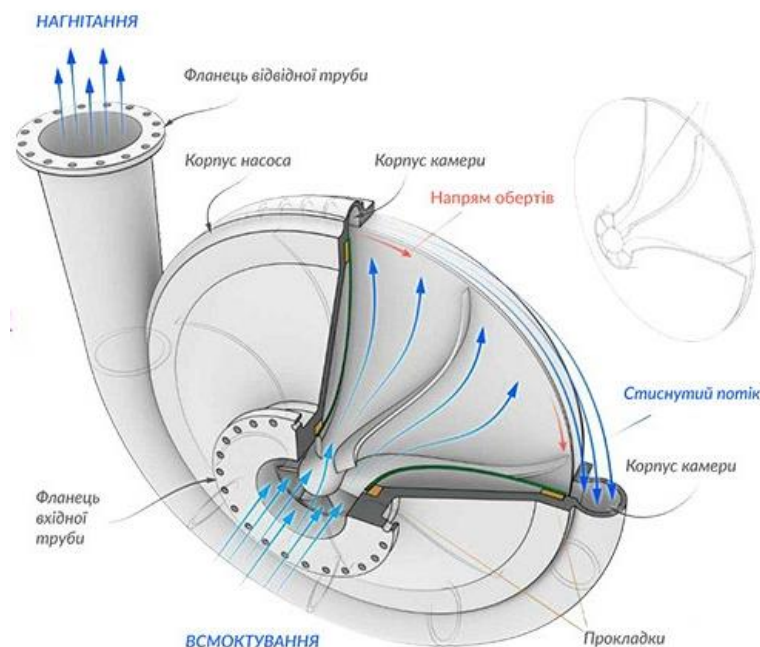


Рисунок 3.2 – Корпус відцентрового насоса.

Основними технічними показниками, що характеризують роботу відцентрових насосів, є подача, тиск, потужність, ККД та кавітаційний запас.

– Об’ємна подача насоса (або просто подача), Q – об’єм рідини, що подається насосом до нагнітальної лінії в одиницю часу, $\text{м}^3/\text{с}$ або $\text{м}^3/\text{год}$.

– Напір насоса, H – різниці питомих енергій на виході та вході в насос, вимірюється в метрах стовпа рідини.

						045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			36

– Потужність насоса, N – це потужність, що підводиться до насоса та визначається на його валу, Вт.

– Коефіцієнт корисної дії насоса – відношення корисної потужності, створюваної насосом, до потужності N , що підводиться, і враховує втрати енергії в насосі.

– Кавітаційний запас – це величина, необхідна для того, щоб зберегти потрібний рівень тиску в рідині, щоб уникнути виникнення кавітації (нерівномірності потоку). Допустимий кавітаційний запас h – мінімальний запас, що забезпечує роботу насоса без зниження напору, м. Допустимий кавітаційний запас насоса – це критичний кавітаційний запас $\Delta h_{кр}$, м, збільшений на 15%. Критичний кавітаційний запас $\Delta h_{кр}$ відповідає 3 % падіння напору насоса.

3.2. Розрахунок елемента конструкції ротора (колеса)

Наведемо приклад фрагмента розрахунку конструкції робочого колеса досліджуваного у роботі насоса.

Для розрахунку необхідні такі вихідні дані:

Напор (тиск) – $H = 25-30$ м. ст. рід. (метрів стовпа рідини);

Продуктивність – $Q = 400$ м³/год.;

Частота обертання $n = 1500$ об/хв.;

Тип робочого колеса – з одностороннім входом.

Густина рідини, що перекачується – $\rho = 1000-1500$ г/см³.

Коефіцієнт швидкохідності визначається за формулою:

$$n_s = 3,65 \cdot n \cdot \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}} \quad (3.1)$$

де n – Частота обертання, об / хв;

Q – продуктивність, м³/с;

H – Напор (тиск) = 25-30 м. ст. рід.

$$n_s = 3,65 \cdot 1500 \cdot \frac{\sqrt{400/3600}}{30^{3/4}} = 140;$$

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

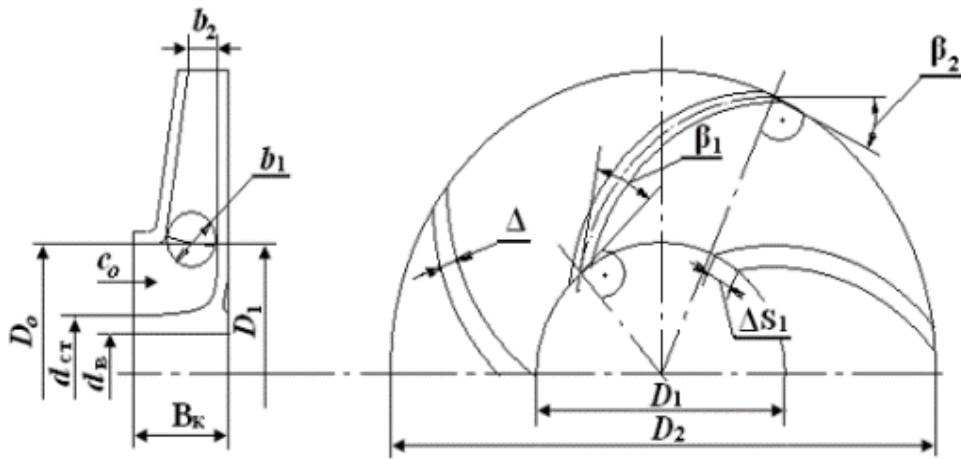


Рисунок 3.3 – Проектовані параметри робочого колеса

Розраховуємо параметри робочого колеса (ротора) відцентрового насоса, які представлені на рисунку 3.3.

Діаметр робочого колеса визначається за формулою:

$$D_{0\text{пр}} = K_d \cdot \sqrt[3]{\frac{Q}{n}}, \text{ м}, \quad (3.2)$$

де $K_d = 3.25 \dots 5$ – коефіцієнт вхідної воронки робочого колеса.

Чим менше ступенів, тим менший коефіцієнт K_d . Великі значення можна прийняти для покращення кавітаційних якостей.

$$D_{0\text{пр}} = 4 \cdot \sqrt[3]{\frac{400}{1500 \cdot 3600}} = 0,168 \text{ м}$$

Знаходимо потужність, що споживається насосом:

$$N = \frac{Q \cdot H \cdot \rho}{102 \cdot \eta}, \text{ кВт}$$

де ρ – густина рідини г/см^3 ; η – ККД насоса.

$$N = \frac{400 \cdot 30 \cdot 1000}{102 \cdot 0,8 \cdot 3600} = 41 \text{ кВт}$$

Переходимо до проектування посадкового діаметра колеса. Для цього обчислимо діаметр валу та втулки. Мінімальний діаметр валу буде:

									Арк.
									38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{N_{э.дв} \cdot \eta_M}{0,2 \cdot \tau \cdot \omega}}, \text{ м,}$$

де, $N_{дв}$ – потужність електродвигуна, Вт;

η_M – ККД муфти;

$\tau = 20$ МПа – напруження на кручення;

$\omega = 157$ рад/с – кутова швидкість валу.

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{75000 \cdot 0,9}{0,2 \cdot 20 \cdot 157}} = 0,045 \text{ м}$$

Діаметр втулки дорівнює:

$$d_{вт} = 1,2 \cdot d_B = 1,2 \cdot 0,045 = 0,054 \text{ м}$$

1. Діаметр вхідного отвору.
2. Зовнішній діаметр колеса.
3. Ширина меридіанного перерізу на вході та на виході.
4. Кут нахилу лопаті на вході та на виході.
5. Товщина лопаті на вході та на виході.
6. Кількість лопатей. Знайдемо параметри на вході.

Отже, визначимо діаметр вхідного отвору:

$$D_0 = \sqrt{D_{0пр}^2 + d_{вт}^2} = \sqrt{168^2 + 54^2} = 179 \text{ мм}$$

Обчислюємо діаметр середньої точки входу кромки лопаті:

$$D_1 = 0,9 \cdot D_0 = 0,9 \cdot 179 = 161 \text{ мм}$$

Розраховуємо ширину робочого колеса на вході:

$$b_1 = 1,2 \cdot \frac{D_0^2}{4 \cdot D_1} = 1,2 \cdot \frac{179^2}{4 \cdot 161} = 60 \text{ мм}$$

Визначимо площу входу в робоче колесо:

$$F_{1,0} = \pi \cdot D_1 \cdot b_1 = 3,14 \cdot 0,161 \cdot 0,06 = 0,03 \text{ м}^3$$

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

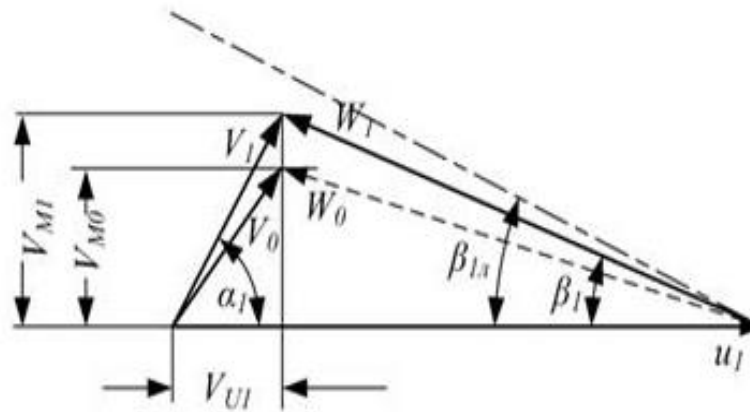


Рисунок 3.4 – Трикутник швидкостей на вході у робоче колесо

Швидкість потоку на вході до робочого колеса (рисунок 3.4) розраховуємо за формулою:

$$V_0 = \frac{4 \cdot Q}{3600 \cdot \pi \cdot D_1^2} = \frac{4 \cdot 400}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,161^2} = 5,5 \text{ м/с}$$

$$V_{m0} = \frac{Q}{F_{1,0}} = \frac{400}{3600 \cdot 0,03} = 3,7 \text{ м/с}$$

При вході потоку на лопатку меридіанна складова абсолютної швидкості зростає та визначається наступним чином:

$$V_{1m} = K_1 \cdot V_{m0}, \text{ м/с,}$$

де, $K_1 = 1,15 \dots 1,30$ - коефіцієнт стиснення потоку на вході.

$$V_{1m} = 1,15 \cdot 3,7 = 4,3 \text{ м/с}$$

Переносна швидкість визначається за:

$$U_1 = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,161 \cdot 1500}{60} = 12,6 \text{ м/с}$$

Кут потоку на вході до робочого колеса визначається згідно [18]:

$$\beta_{1n} = \arctg \frac{V_{1m}}{U_1} = \frac{4,3}{12,6} = 19^\circ$$

Далі знаходимо кут нахилу лопатки β_1 . Він дорівнює сумі кута потоку на вході та кута атаки. Кут атаки $\Delta\beta = 3-8^\circ$. Приймаємо $\beta_1 = 25^\circ$

Товщину лопаті вибираємо із технологічних міркувань (залежно від матеріалу робочого колеса, його розмірів та технологічних ливарних можливостей підприємства-виробника). Орієнтовно можна прийняти

										Арк.
										40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ					

товщину лопатки на вході до робочого колеса $S_1=2-10$ мм за $D_2=150-500$ мм. Товщина лопатки на виході з робочого колеса S_2 часто приймається рівною S_1 , а до середини довжини лопатка плавно потовщується.

Параметри на виході при першому наближенні: Для того, щоб обчислити теоретичний натиск на виході прийемо гідравлічний ККД $\eta_r=0,9$.

Тоді напір (тиск) буде рівним:

$$H_T = \frac{H}{\eta_r} = \frac{30}{0,9} = 33,3 \text{ м}$$

Окружна швидкість на виході при першому наближенні (рисунок 3.5) знаходимо за формулою:

$$U_2 = \sqrt{\frac{g \cdot H_T}{K_{u0}}}$$

де, $K_{u0}=0,4...0,7$ – коефіцієнт окружної складової абсолютної швидкості при $n_s=70...150$

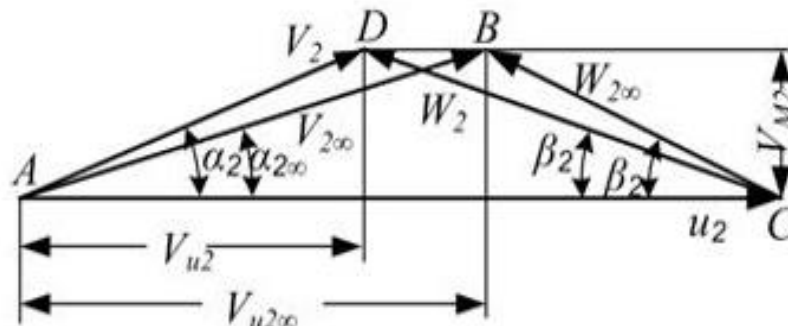


Рисунок 3.5 – Трикутник швидкостей на виході з робочого колеса

Знайдемо діаметр колеса на виході при першому наближенні за формулою Ейлера для нескінченного числа лопатей:

$$D_2 = m_2 \frac{\sqrt{2 \cdot g \cdot H}}{n}, \text{ м}$$

$$m_2 = 19,2 \cdot \left(\frac{n_s}{100}\right)^{1/6} = 19,2 \cdot \left(\frac{140}{100}\right)^{1/6} = 20,3$$

$$D_2 = 20,3 \cdot \frac{\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 30}}{1500} = 0,331 \text{ м}$$

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо меридіанну швидкість, для отримання більш вужчого колеса беремо великі значення:

$$V'_{M2}=(0,5\dots 1,0)\cdot V_{OM}=0,7\cdot 3,7=2,6 \text{ м/с}$$

Меридіанна швидкість на виході дорівнює:

$$V_{M2}=K_2\cdot V'_{M2}, \text{ м/с,}$$

Наступним кроком буде знаходження кута на виході. При його виборі умови мінімальних гідравлічних втрат необхідно враховувати його взаємозв'язок з коефіцієнтом дифузорності, який прямо впливає на формування потоку і втрати енергії. Залежність кута від коефіцієнта деформації.

$$\beta_2=\arcsin\left[\left(\frac{w_1}{w_2}\right)\cdot\frac{K_1}{K_2}\cdot\frac{V_{M1}}{V_{M2}}\cdot\sin\beta_1\right], \text{ град}^\circ$$

Коефіцієнт дифузорності знаходимо за формулою:

$$\frac{w_1}{w_2}=5,68\cdot 10^{-5}\cdot n_s^2-18,23\cdot 10^{-3}\cdot n_s+2,65$$

$$\frac{w_1}{w_2}=5,68\cdot 10^{-5}\cdot 140^2-18,23\cdot 10^{-3}\cdot 140+2,65=1,2$$

$$\beta_2=\arcsin\left[1,2\cdot\frac{1,15}{1,27}\cdot\frac{4,3}{3,3}\cdot\sin 25^\circ\right]=36,7^\circ$$

Обчислимо число лопатей за формулою:

$$z=\left[6,5\cdot\frac{(D_1+D_2)}{(D_2-D_1)}\cdot\sin(0,5\cdot(\beta_1+\beta_2))\right]$$

$$z=\left[6,5\cdot\frac{(161+331)}{(331-161)}\cdot\sin(0,5\cdot(25+36,7))\right]=10$$

Надалі виконуються ще три наближення, після чого можна розрахувати профіль лопаток і, потім профіль у меридіанному перерізі робочого колеса.

3.3. Інженерний аналіз валу насоса методом кінцевих елементів

Інженерний аналіз виконаний у програмі SolidWorks, яка є однією з найзручніших та зорієнтованих на користувача програм для САПР. Завдання, які вирішує SolidWorks.

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для проведення інженерного аналізу валу методом кінцевих елементів були потрібні такі вихідні дані, як матеріал, прикладені сили та закріплення. Геометрія 3D моделі повинна бути розпізнана програмою, якщо деталь імпортована з іншої програми САПР [3], і модель повинна бути одним тілом.

Далі слід зафіксувати модель та вибрати грані для опор. Дві грані, на яких розташовуються підшипники, у цьому випадку зафіксовано жорстко (рисунок 3.6). Буртик підшипника з одного боку зафіксовано у напрямку осевого переміщення (рисунок 3.7).

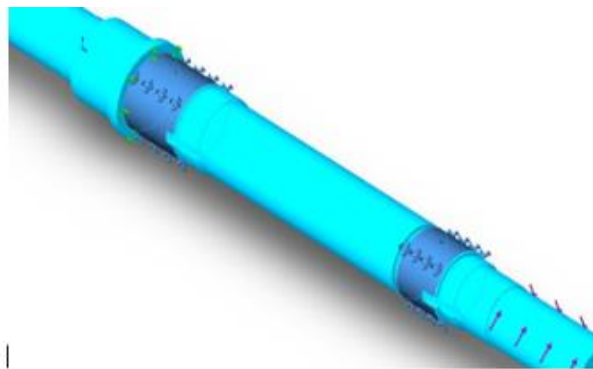


Рисунок 3.6 – Зафіксовані грані

Сили реакції опор у даному закріпленні

$$X = -58,063$$

$$Y = 314,978$$

$$Z = -2774,74$$

$$\text{Сумарна} - 2793,16$$

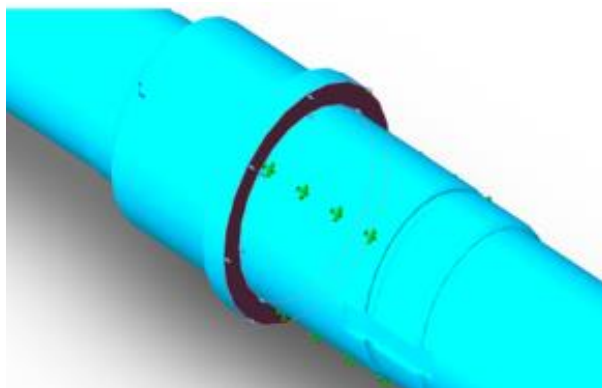


Рисунок 3.7 – Грань, зафіксована від переміщення в осьовому напрямку

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Реакції опори у даному закріпленні

$$X = 186,649$$

$$Y = 228,859$$

$$Z = -4505.65$$

$$\text{Сумарна} = 4515,32$$

Прикладені навантаження – сила 110 Н (рисунок 3.8), крутний момент буде рівним 478Н·м. Результати сили від діючих навантажень наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результуючі сили

Сума сил по X, Н	Сума сил по Y, Н	Сума сил по Z, Н	Результуюча
3,97676	314,978	-2774,74	2792,56

Після того, як задані навантаження та закріплення, приступаємо до створення сітки (рисунок 3.8).

Ваша компанія
Ваш продукт
Ваша компанія

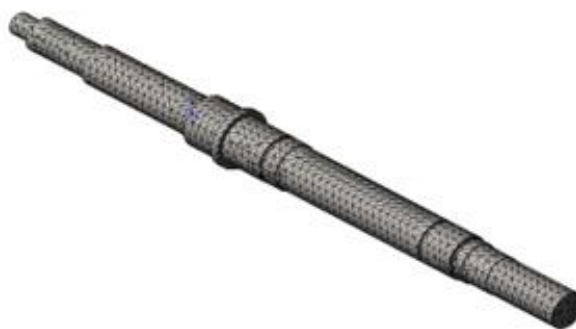


Рисунок 3.8 – Сітка кінцевих елементів

В результаті статичного аналізу створено чотири епюри – напруження, переміщення, еквівалентну деформацію та запас міцності.

Напруження, що виникають у тілі не перевищують допустимі (рисунок 3.9). Максимальне напруження дорівнює 188 МПа, а межа текучості дорівнює 620 МПа. Максимальне переміщення, зафіксоване при даних

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

навантаженнях, дорівнює 0,5 мм (рисунок 3.10). Максимальна еквівалентна деформація дорівнює $6,2 \cdot 10^{-4}$ (рисунок 3.11).

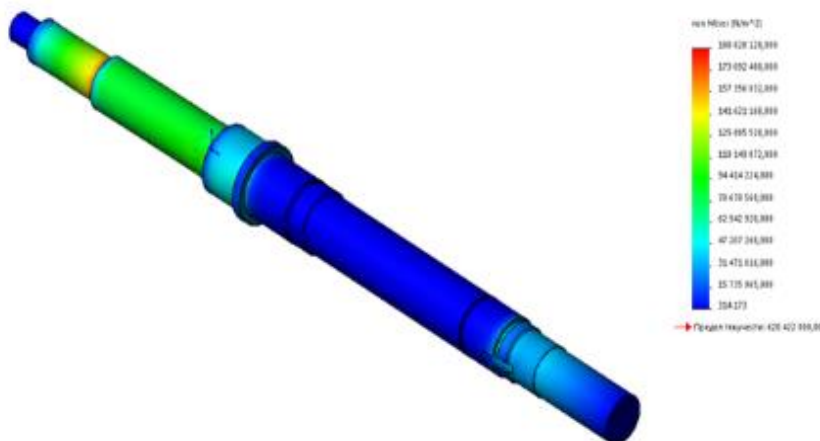


Рисунок 3.9 – Напруження

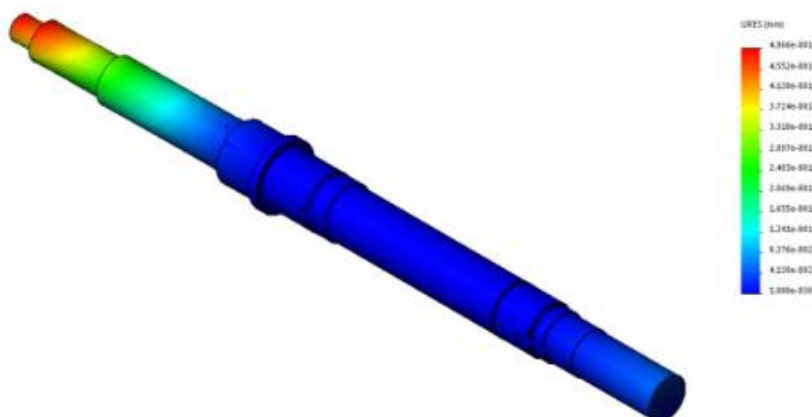


Рисунок 3.10 – Сумарне переміщення

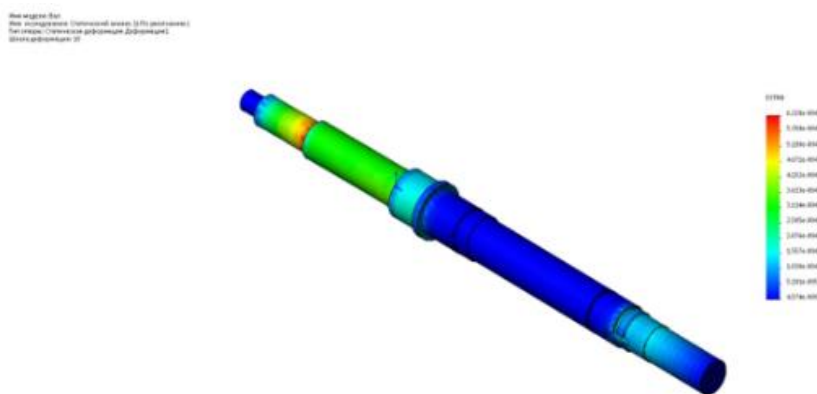


Рисунок 3.11 – Епюра еквівалентних переміщень

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Мінімальний коефіцієнт запасу міцності дорівнює 3,3. Рекомендований запас міцності щонайменше 2,5 (рисунок 3.12).

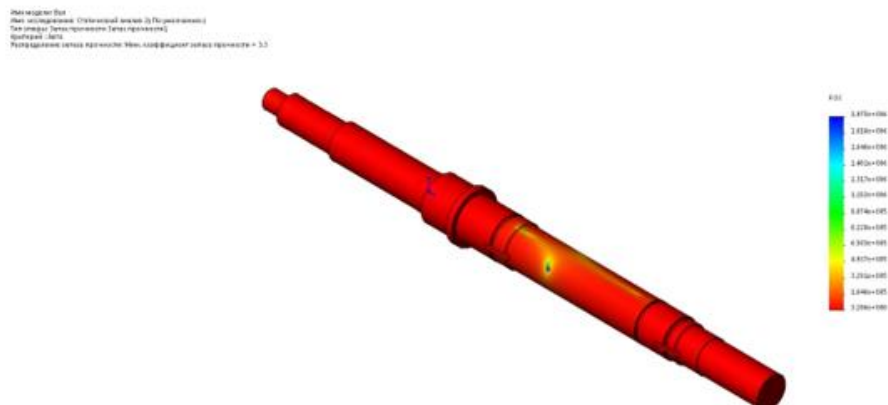


Рисунок 3.12 – Запас міцності

Висновок – матеріал і конструкція застосовуваної деталі при даних навантаженнях, кріпленнях і точності сітки задовольняє усі вимоги.

3.4. Розробка каталогу складальних деталей відцентрового насосу

Рознесене складання представляє собою наочну схему зі складання, розбирання конструкції та взаємного розташування деталей. Щоб показати, як і в якій послідовності збирати конструкцію, необхідно грамотно та в потрібному порядку рознести компоненти.

Рознесена збірка відцентрового насоса створена в SolidWorks (рисунок 3.13). Для того, щоб розпочати рознесення компонентів, потрібно скористатися кнопкою Параметри в команді Сервіс/Рознести компоненти.

Каталог деталей і складальних одиниць повною мірою є перерахуванням компонентів зі зв'язаними ізометричними зображеннями та визначенням розташування в збірці. Також каталог містить відомості про кількість деталей та їх позначення. Повною мірою в ньому мають бути

відомості про можливість заміни або ремонту, але в цьому випадку це не потрібно.

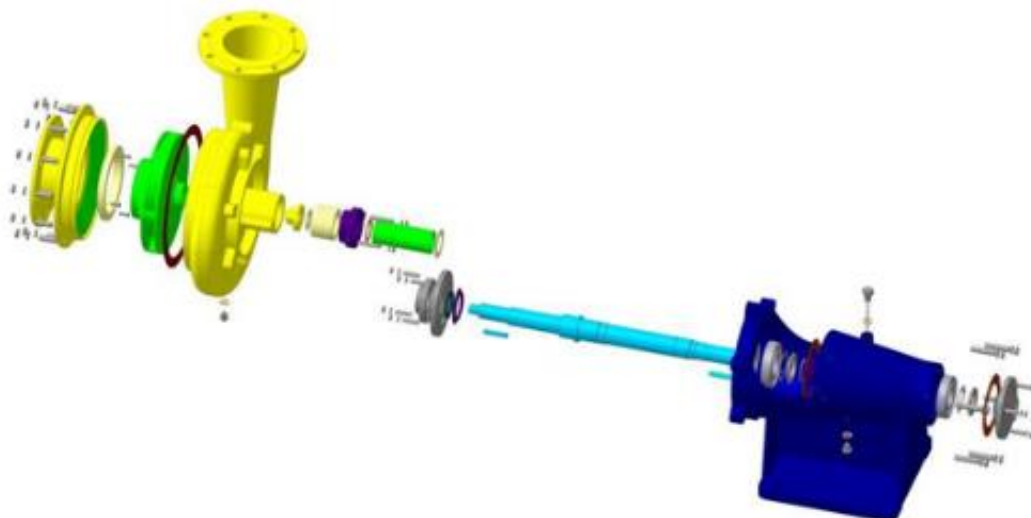


Рисунок 3.13 – Рознесене складання відцентрового насоса

3.5. Побудова 3D моделей основних вузлів відцентрового насосу

Тривимірна графіка активно застосовується для створення зображень на екрані або аркуші друкованої продукції в науці та промисловості, наприклад, у системах автоматизації проектних робіт (САПР) – для створення твердотільних елементів: деталей машин, механізмів, вузлів) в сучасному комп'ютеризованому машинобудуванні.

Здебільшого тривимірні моделі використовують у демонстраційних цілях. Вони є незамінними для презентацій, виставок, а також використовуються в роботі з клієнтами, коли необхідно наочно показати, яким буде підсумковий результат.

На рисунках 3.14, 3.15 та 3.16 представлені готові 3Dмоделі вузлів проєктованого відцентрового насоса.

Створити модель по 2D кресленню важливо для того, щоб уявити, як виглядає деталь. Корисно, так само, створювати складання готового виробу, щоб мати уявлення, де і як з'єднуються один до одного і візуалізувати

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

процес складання, а при створенні будь-якої деталі з нуля 3D моделювання є незамінним помічником.

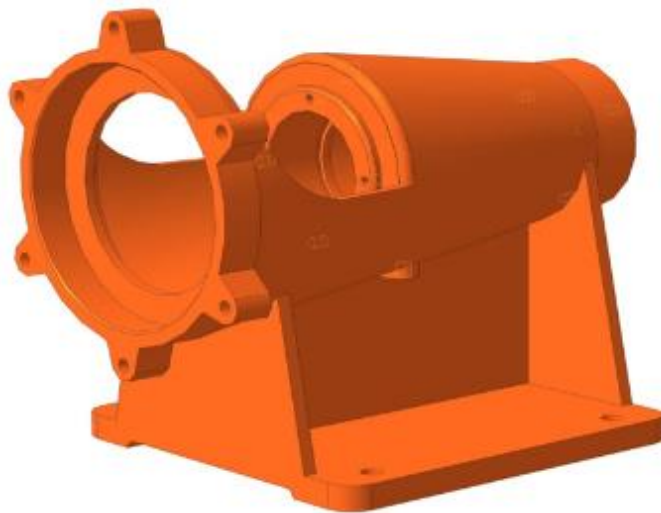


Рисунок 3.14 – 3D модель кронштейна



Рисунок 3.15 – 3D модель валу



Рисунок 3.16 – 3D модель корпусу

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Огляд небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Під час виробництва деталі Корпус відцентрового насосу на робітника будуть впливати небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Шкідливий виробничий фактор – це вплив, який може призвести до захворювання погіршення здоров'я або професійного захворювання [7]. Небезпечний виробничий фактор може призвести до травми, нещасного випадку та навіть смерті. При механічній обробці металів на металорізальних верстатах виникає низка фізичних, хімічних, психофізіологічних та біологічних небезпечних та шкідливих виробничих факторів (ШВФ) [9]. Між небезпечними (травмуючими) та шкідливими виробничими факторами існує певний взаємозв'язок. При високих рівнях ШФВ вони можуть стати небезпечними. До категорії фізичних небезпечних факторів належать:

- рухомі частини виробничого обладнання;
- транспортуючі вироби та заготовки;
- стружка оброблюваних металів;
- висока температура поверхні оброблюваних деталей та інструменту.

Так, при обробці крихких матеріалів (чавуну, бронзи, латуні) на високих швидкостях різання стружка від верстата розлітається на значну відстань (3-5 м). Металева стружка, особливо при точінні в'язких металів, зокрема таких яким є титан (матеріал нашого корпусу), має високу температуру (400-600°C) і велику кінетичну енергію, становить серйозну небезпеку не тільки для верстатника, але і для осіб, які знаходяться поблизу верстата. Найбільш поширеними у верстатників є травми очей. Очі пошкоджуються стружкою, яка відлітає, пиловими частинками оброблюваного матеріалу, осколками ріжучого інструменту і частинками

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

абразиву.

Фізичними шкідливими виробничими факторами, характерними для процесу різання, є:

- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- високий рівень шуму та вібрації;
- недостатня освітленість робочої зони.

До психофізіологічних ШВФ можна віднести фізичні навантаження при встановленні, закріпленні та зніманні великогабаритних деталей, перенапруження зору, монотонність праці. До біологічних факторів належать хвороботворні мікроорганізми та бактерії, які утворюються при роботі з МОР.

4.2. Безпека роботи на верстатах з ЧПУ

Викладені раніше вимоги поширюються також на верстати з ЧПУ та інші верстати, що входять до складу автоматичних ліній, а також повинні виконуватися [7]. Верстати з ЧПУ та інші верстати, що вбудовуються в автоматичні лінії, повинні мати захисні пристрої, що захищають зону обробки. У верстатах з ЧПУ та інших верстатах, що входять до складу автоматичних ліній або працюють окремо, механізовані та автоматизовані поворотні столи та барабани, інструментальні магазини, частини транспортних і завантажувальних пристроїв, що рухаються, повинні бути огорожені, якщо існує ймовірність травмування ними обслуговуючого персоналу, відповідно верстати з ЧПУ, повинні мати блокування:

- які дозволяють працювати за програмою лише при закритих огорожах;
- виключають включення циклу обробки при незакріплених деталях або при неправильному їх становищі на робочих позиціях;
- підйомників, транспортних пристроїв, механізмів повороту деталей, накопичувачів та інших рухомих елементів верстата або лінії, що не

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

допускають мимовільних переміщень;

– які не допускають виконання нового автоматичного циклу обробки до повного закінчення попереднього.

Від усіх верстатів автоматизованих ліній та комплексів видалення стружки має здійснюватися автоматично. Для контролю розмірів оброблюваної деталі під час роботи лінії у автоматичному режимі мають бути встановлені спеціальні контрольні прилади. Повинна бути виключена можливість зняття деталей вручну з робочої позиції контролю розмірів під час роботи лінії. Перед початком роботи на верстатах з ЧПУ та обладнанні у має бути здійснений пробний цикл роботи на холостому ходу.

4.3. Мащення, охолодження, відведення стружки

Верстати повинні бути обладнані централізованою системою мастила з урахуванням Санітарних правил під час роботи зі мастильно-охолоджувальними рідинами та технологічними мастилами [12]. Якщо застосування централізованої системи не доцільно, то маслянки, що заповнюються вручну, повинні розташовуватися поза небезпечними зонами, в місцях зручних для обслуговування.

Місця заповнення мастила повинні фарбуватися в колір, що різко відрізняється від кольору верстата. Місця ручного заповнення мастила (у тому числі із застосуванням шприца) повинні розташовуватися на висоті не більше 1800 мм для маслянок та не більше 1500 мм для резервуарів. При вищому їхньому розташуванні повинні передбачатися стаціонарні сходи або сходи. У випадках заливки олії в резервуари рідше одного разу на місяць допускається використовувати засоби підйому, що переміщуються – переносні сходи та ін. Конструкція мастильних пристроїв повинна унеможливити потрапляння мастила на фрикційні поверхні муфт і гальм обладнання, за винятком муфт, конструкція яких передбачає роботу в масляній ванні.

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Встановлені на обладнанні резервуари для мастила, МОР та інших, що використовуються в технологічному процесі, рідин повинні контактувати з атмосферою (щоб уникнути створення вакууму в ємності при витрачанні рідини) і закриватися кришками з ущільненнями, що виключають потрапляння в них води, стружки та пилу. Конструкція кришки повинна виключати її мимовільне усунення або відкриття. Конструкція резервуарів повинна забезпечувати їх стійкість, контроль за рівнем рідини в них та зручність очищення.

Для очищення МОР від механічних домішок верстати повинні забезпечуватися пристроями (фільтри, магніти та ін.) для уловлювання дрібної стружки, абразиву, пилу та інших забруднень. Вибір пристроїв та способів очищення та фільтрування МОР та технологічних мастил повинні визначатися характером їх забруднень та умовами на кожний вид МОР. Для збирання МОР та запобігання розливу її по підлозі верстати повинні бути обладнані піддонами, коритами тощо. Запобігання розбризкуванню МОР повинно забезпечуватися встановленням щитків, кожухів та інших пристроїв. Пристрої для підведення МОР в зону обробки повинні мати таку конструкцію і відрегульовані таким чином, щоб унеможливилася попадання бризок та інший контакт МОР з відкритими частинами тіла та одягом працюючих.

Для видалення стружки з поверхонь верстату вручну, робітники повинні забезпечуватися щітками-щербками і гачками. Гачки повинні мати гладкі рукоятки, без вушок. Видалення стружки дозволяється проводити тільки на зупиненому устаткуванні та у захисних окулярах.

4.4 Вимоги щодо застосування засобів індивідуального захисту робітників

Працівники механообробних цехів та дільниць холодної обробки металів для захисту від впливу небезпечних та шкідливих виробничих

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

факторів повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту відповідно до діючих Типових галузевих норм [9]. Мають безкоштовно видаватися робітникам та службовцям спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту.

Засоби індивідуального захисту, які використовуються в даному технологічному процесі, повинні вказуватись у технологічній документації. Застосовувані засоби індивідуального захисту повинні забезпечувати захист працюючих від дії небезпечних та шкідливих виробничих факторів за існуючої технології та умов роботи. Правила користування засобами індивідуального захисту мають бути викладені в інструкціях з охорони праці з урахуванням конкретних умов, за яких вони застосовуються. Працівники мають бути навчені правилам поводження із захисними засобами. Кошти індивідуального захисту повинні піддаватися періодичним контрольним оглядам, а за потреби та випробуванням у порядку та строки, встановлені нормативно-технічною документацією на них.

Засобами захисту від небезпечних та шкідливих виробничих факторів на даній ділянці є спецодяг. Він здійснює захист шкірного покриву робітника. Складається з: сорочки та комбінезону або штанів з бавовняної тканини, закритих шкіряних черевиків та головного убору. Також для захисту шкірного покриву від впливу МОР застосовуються дерматологічні захисні засоби (профілактичні пасти, мазі, креми). Спецодяг працюючих на даній ділянці періодично здається у прання (хімчистку) та зберігається окремо від верхнього одягу. Хімчистка та прання спецодягу є централізованим, проводиться у міру забруднення, але не рідше двох разів на місяць. Захист органів зору від дрібних частинок, що відлітають, стружки та пилу здійснюється шляхом застосування спеціальних окулярів, а для працівників зі слабким зором мають окуляри, застосовуються спеціальні насадки на окуляри які відповідають вимогам ДСТУ.

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

ВИСНОВКИ

У даній випускній кваліфікаційній роботі проведена модернізація технологічного процесу виготовлення корпусу відцентрового насосу. Створений технологічний процес відповідає сучасним вимогам та технологіям. Завдання, які вирішувалися у процесі розробки, такі:

1. Раціональний вибір матеріалу заготовки та методу її отримання.
2. Створено план обробки.
3. Вибрано відповідне обладнання, інструмент та оснащення.
4. Вибрані засоби контролю точності.
5. Розраховано режими різання.

У конструкторському розділі були вирішені такі завдання, як розраховано основні параметри робочого колеса відцентрового насосу, створення 3D моделей та рознесеного складання деталей, які допоможуть візуалізувати процес складання та спростити його. Проведено інженерний аналіз валу методом кінцевих елементів, а також розроблено 3D моделі кронштейна, валу та корпусу відцентрового насосу.

В розділі охорона праці– описано актуальність дотримання та охорони праці та безпеки на виробництві. Проведено огляд небезпечних та шкідливих факторів в умовах машинобудівного виробництва. Надані рекомендації з правил безпеки на верстатах з ЧПУ та проаналізовані вимоги щодо застосування засобів індивідуального захисту робітників.

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://www.zeman.ua/manufacturing/> (дата звернення 22.04.2025)
2. Zabolotnyi, O., Zaleta, O., Bozhko, T., Chetverzhuk, T., & Machado, J. (2022, June). Algorithmization of Functional-Modular Design of Packaging Equipment Using the Optimization Synthesis Principles. In International Conference Innovation in Engineering (pp. 143-154). Cham: Springer International Publishing.
3. Zaleta, O. M., Povstyanoy, O. Y., Ribeiro, L. F., Redko, R. G., Bozhko, T. Y., & Chetverzhuk, T. I. (2023). Automation of Optimization Synthesis for Modular Technological Equipment. JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES, 10(1), A6-A14.
4. Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування : навчальний посібник / С. Г. Бондаренко – Львів : Магнолія, 2018. – 500 с.
5. Бочков В.М. Розрахунок та конструювання металорізальних верстатів: Підручник. / В.М. Бочков, Р.І. Сілін, О.В. Гаврильченко. За ред. Р.І. Сіліна. – Львів: Видавництво «Бескид Бід», 2008. – 448с.
6. Бурек Я. Верстатне обладнання : навч. посіб. / Я. Бурек, І.В. Гурей, З.А. Стоцько – Львів: Вид-во ун-ту «Львівська політехніка», 2014. – 168 с.
7. ДСТУ 2293:2014. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять.
8. ДСТУ 8981:2020. Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічну обробку.
9. ДСТУ ISO 45001:2019 (ISO 45001:2018, IDT) Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування.
10. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки :навч. посіб. / Ж. П. Дусанюк та ін. Вінниця, 2009. – 199 с.

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Матеріалознавство та технологія матеріалів (у схемах і завданнях): навч. посіб. / Т.П. Говорун, О.П. Гапонова, С.В. Марченко. Суми: СумДУ, 2020. – 163 с.

12. НПАОП 15.9-1.28-17 Правила охорони праці для працівників виробництва солоду, пива та безалкогольних напоїв.

13. Оптимізація технологічних процесів галузі: підручник / А.М. Дорохович, В.В. Дорохович, Т.В. Зінченко. – Київ: Інкос, 2016. – 392 с.

14. Основи технології машинобудування: навчальний посібник / Дерібо О.В., Дусанюк Ж.П., Репінський С.В. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 106 с.

15. Пакувальне обладнання: підручник / О.М. Гавва, А.П. Беспалько, А.І. Волчко, О.О. Кохан. – Київ: Упаковка, 2010. – 744 с.

16. Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Ю.Є. Паливода, А.Є. Дячун, Р.Я. Лещук. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

17. Теорія різання. Лезове та абразивне оброблення металів: навчальний посібник/ І. Є. Грицай. – Львів : Львівська політехніка, 2018. – 232 с.

18. Технологічні комплекси харчових виробництв: Навчальний посібник. / В.І. Теличкун, О.М. Гавва, Ю.С. Теличкун, О.О. Губеня, М.Г. Десик, О.М. Чепелюк. – Київ: Видавництво «Сталь», 2017. – 456 с.

19. Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. – 386 с.

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТК И

					045Б – 025.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57