

**Міністерство освіти і науки України**  
**Луцький національний технічний університет**  
**Факультет транспорту та механічної інженерії**  
**Кафедра галузевого машинобудування**

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

**РОЗРОБКА ПРАЛЬНОЇ МАШИНИ З**  
**ПОКРАЩЕНИМИ ГІДРОДИНАМІЧНИМИ**  
**ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

спеціальність 133 Галузеве машинобудування

освітня програма Галузеве машинобудування

Виконав: здобувач вищої освіти  
Групи М-41  
**Миколайчук Максим Сергійович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник:  
К.т.н., доцент  
**Мартинюк Віктор Леонідович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
К.т.н., доцент  
Гарант освітньої програми:  
**Пуць Віталій Степанович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Луцьк – 2024 року

# ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет *транспорту та механічної інженерії*

Кафедра *галузевого машинобудування*

Ступінь вищої освіти: *бакалавр*

Галузь знань: *13 Механічна інж енерія*

Спеціальність: *133 Галузеве машинобудування*

Освітня програма: *«Галузеве машинобудування»*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ *В. Пуць*

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

## З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

*Миколайчуку Максиму Сергійовичу*

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи *«Розробка пральної машини з покращеними гідродинамічними характеристиками»*

Керівник роботи: *к.т.н, доцент Мартинюк Віктор Леонідович*

затверджені наказом закладу вищої освіти від «30» грудня 2023 р. № 481/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «04» червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи *Технічна документація. Патентні матеріали. Технічні умови.*

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

*Вступ. 1 Оглядова частина. Процес прання пральними машинами. Основні технічні характеристики пральних машин. Основні параметри пральних машин-автоматів.*

*2 Проектно- конструкторська частина. Обґрунтування запропонованої конструкції.*

*Розрахунок барабана пральної машини. Розрахунок потужності електродвигуна та*

*кінематичний розрахунок привода. Розрахунок клинопасової передачі. Вибір підшипника*

*ковзання. Конструювання шківів і валів. Розрахунок підвіски. Вибір і перевірка підшипників*

*кочення. Розрахунок гідросистеми. 3 Експлуатаційна частина. Захист від впливу*

*виробничого шуму. Шкідливий вплив вібрації. Електробезпека під час складання пральних*

*машин. Висновки. Перелік джерел посилання*

5. Перелік графічного матеріалу:

*1. Огляд існуючих конструкцій конструкцій пральних машин – 2 листи ф. А1*

*2. Складальне креслення баку і барабану пральної машини – 2 листи ф. А1*

*3. Насос циркуляційний – 1 лист ф. А1*

*4. Робочі кресленники деталей – 1 лист ф. А1*

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Мартинюк В.Л., к.т.н., доцент		
Розділ 2	Мартинюк В.Л., к.т.н., доцент		
Розділ 3	Мартинюк В.Л., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання «30» грудня 2023 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Обґрунтування теми. Вступ</i>	<i>29.01.2024 р.</i>	
2.	<i>1 Оглядова частина</i>	<i>27.02.2024 р.</i>	
3.	<i>2 Проектно-конструкторська частина</i>	<i>10.05.2024 р.</i>	
4.	<i>3 Експлуатаційна частина</i>	<i>24.05.2024 р.</i>	
5.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	<i>28.05.2024 р.</i>	
6.	<i>Оформлення пояснювальної записки та графічної частини</i>	<i>04.06.2024 р.</i>	
7.	<i>Формування додатків</i>	<i>04.06.2024 р.</i>	
8.	<i>Нормоконтроль</i>	<i>04.06.2024 р.</i>	
9.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>04.06.2024 р.</i>	
10.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	<i>14.06.2024 р.</i>	

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_ (Миколайчук М.С.)  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ (Мартинюк В.Л.)  
(підпис) (прізвище, ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Миколайчук М.С. Розробка пральної машини з покращеними гідродинамічними характеристиками. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Галузеве машинобудування» спеціальності 133 Галузеве машинобудування. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2024.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, трьох розділів, висновків та пропозицій, переліку джерел посилання, додатків.

У роботі удосконалено побутову пральну машину з покращеними гідродинамічними характеристиками та зменшенням вібрацій, наведено розрахунки основних вузлів та деталей.

Ключові слова: ПРАЛЬНА МАШИНА, БАРАБАН, ОПОРА, ГІДРОДИНАМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА, ПЕРЕДАЧА.

## ANNOTATION

Mykolaichuk M.S. Development of a washing machine with improved hydrodynamic characteristics. Manuscript.

Qualification work of the bachelor's degree program «Industrial Machinery Engineerig» in the specialty 0715 Mechanics and Metal Trades. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2024.

The bachelor's qualification work consists of an introduction, three chapters, conclusions and recommendations, a list of references and appendices.

In the work, the household washing machine has been improved with improved hydrodynamic characteristics and reduced vibrations, calculations of the main components and parts are given.

Keywords: WASHING MACHINE, DRUM, SUPPORT, HYDRODYNAMIC CHARACTERISTICS, TRANSMISSION.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
					<i>КРБ 0008.00.00.000 ПЗ</i>			
Розробив	Миколайчук				<i>Розробка пральної машини з покращеними гідродинамічними характеристиками</i>	Літ.	Лист	Листів
Перевірів	Мартинюк						3	59
Н. Контр.	Мартинюк					<i>ЛНТУ, ФТМІ, зр. М-41</i>		
Затверд.	Луць							

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ .....	3
ЗМІСТ .....	4
ВСТУП .....	5
1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА .....	9
1.1 Процес прання пральними машинами .....	9
1.2 Основні технічні характеристики пральних машин .....	11
1.3 Основні параметри пральних машин-автоматів .....	13
2 ПРОЕКТНО- КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	18
2.1 Обґрунтування запропонованої конструкції .....	18
2.2 Розрахунок барабана пральної машини .....	28
2.3 Розрахунок потужності електродвигуна та кінематичний розрахунок привода.....	30
2.4 Розрахунок клинопасової передачі .....	34
2.5 Вибір підшипника ковзання .....	39
2.6 Конструювання шківів і валів .....	41
2.7 Розрахунок підвіски .....	43
2.8 Вибір і перевірка підшипників кочення .....	46
2.9 Розрахунок гідросистеми .....	47
3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА.....	51
3.1 Захист від впливу виробничого шуму .....	51
3.2 Шкідливий вплив вібрації.....	53
3.3 Електробезпека під час складання пральних машин .....	54
ВИСНОВКИ .....	57
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	58
ДОДАТКИ .....	60

					<i>КРБ 0008.00.00.000 ПЗ</i>	Арк. 4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

У сучасному світі питання сталого розвитку та збереження ресурсів набуває все більшого значення, і це стосується й технологій побутового обладнання. Однією з таких технологій є пральні машини, які є неодмінним елементом багатьох домогосподарств. Однак, на сьогоднішній день, існуючі пральні машини не завжди відповідають сучасним вимогам енергоефективності та екологічної безпеки.

Гідродинамічні характеристики пральних машин визначаються складними взаємодіями води, миючих засобів та механічних рухів. Оптимізація цих параметрів дозволяє зменшити споживання води та електроенергії, підвищити якість прання і забезпечити більш дбайливе ставлення до тканин. Ці аспекти є критично важливими в умовах зростаючих вимог до енергоефективності та екологічної стійкості.

Гідродинамічні процеси в пральних машинах відіграють ключову роль у забезпеченні ефективного прання різних типів тканин. Основна мета цих процесів полягає в створенні оптимальних умов для видалення бруду та забруднень з тканин.

Основні гідродинамічні процеси, які відбуваються в пральних машинах, включають такі етапи:

Заповнення і відкачування води. Пральна машина спочатку заповнюється водою до необхідного рівня для змочення тканин. Після завершення прання вода відкачується з барабана.

Змішування води і миючого засобу. Під час прання вода з миючим засобом мішається у барабані, що допомагає розподілити миючий засіб рівномірно по всій партії тканин і забезпечити ефективне проникнення миючого розчину в волокна тканин.

Промивання. Після завершення основного циклу прання вода з миючим засобом відкачується, а барабан заповнюється свіжою чистою водою для промивання тканин від залишків миючого засобу та бруду.

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Етап віджимання включає відведення води з тканин. Барабан швидко обертається, щоб вивести максимальну кількість води з тканин.

Сушіння. Деякі пральні машини можуть мати опцію сушіння, де після віджимання барабан обертається зі швидкістю, яка сприяє швидшому висиханню тканин.

Гідродинамічні процеси в пральних машинах забезпечують ефективне змочення, промивання та віджимання тканин, що дозволяє досягти високої якості прання при мінімальному використанні води та енергії.

Тому актуальним є питання розробки пральних машин з покращеними гідродинамічними характеристиками. Оптимізація гідродинамічних процесів в пральних машинах може принести значні переваги як з екологічної, так і з економічної точки зору. Ефективніша система водозабору та відведення, оптимізована споживання води та електроенергії - це лише деякі з переваг, які може принести впровадження нових гідродинамічних рішень у пральних машинах.

Крім того, з урахуванням тенденцій до зростання екологічної свідомості серед споживачів, попит на енергоефективне та екологічно безпечне побутове обладнання постійно зростає. Тому розробка пральних машин з покращеними гідродинамічними характеристиками стає не лише важливим науковим завданням, але й практичною необхідністю для виробників, які прагнуть задовольнити потреби ринку та відповісти на вимоги сучасного споживача.

Розробка пральної машини з покращеними гідродинамічними характеристиками також має важливе економічне значення. Ефективне використання води та електроенергії дозволить знизити витрати на експлуатацію для користувачів, що стане додатковим стимулом для переходу до нових технологій. Більш економічне використання ресурсів також допоможе зменшити негативний вплив на навколишнє середовище, зменшуючи обсяги водних та енергетичних відходів.

У контексті розвитку технологій «інтернету речей» та «розумного будинку», впровадження пральних машин з покращеними гідродинамічними

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

характеристиками може стати частиною інтегрованих систем управління побутовими пристроями. Це відкриває можливості для автоматизації та оптимізації процесу прання, забезпечуючи користувачам зручність у використанні та максимальну ефективність ресурсів.

Крім того, розвиток нових технологій у сфері прального обладнання може сприяти підвищенню конкурентоспроможності виробників на світовому ринку. Інноваційні рішення, спрямовані на зменшення споживання ресурсів та підвищення функціональних можливостей пральних машин, можуть привернути увагу споживачів та сприяти збільшенню обсягів продажів.

Актуальність дослідження щодо розробки пральної машини з покращеними гідродинамічними характеристиками зумовлена кількома факторами. Зростання екологічної свідомості та підвищення енергоефективності є важливими завданнями в сучасному світі. Вдосконалення гідродинамічних характеристик пральних машин може сприяти зменшенню споживання води та електроенергії під час прання. Ефективні гідродинамічні процеси дозволяють досягти кращої якості прання, забезпечуючи краще змочення, розподіл миючих речовин і видалення бруду з тканин. Споживачі постійно шукають нові технології та інноваційні рішення у сфері побутової техніки, включаючи пральні машини. Розробка пристроїв з покращеними гідродинамічними характеристиками може стати конкурентною перевагою на ринку. Зростання свідомості про збереження води та інших ресурсів ставить завдання перед виробниками побутової техніки розробляти більш ефективні та ресурсозберігаючі пристрої. Вдосконалення гідродинамічних характеристик може сприяти цій меті.

Отже, розробка пральної машини з покращеними гідродинамічними характеристиками є актуальною завданням, що відповідає сучасним потребам споживачів і вимогам сталого розвитку, має не лише наукове та екологічне значення, але й великий практичний потенціал для підвищення якості життя, зменшення впливу на довкілля та розвитку економіки.

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Сьогодні виробники побутової техніки стикаються з необхідністю постійно впроваджувати інновації для збереження конкурентоспроможності на ринку. Споживачі, у свою чергу, очікують від нових моделей пральних машин більш високої продуктивності, надійності та екологічної безпеки. Таким чином, дослідження, спрямовані на покращення гідродинамічних характеристик, мають подвійне значення: вони не лише сприяють задоволенню споживчих потреб, але й підтримують глобальні зусилля з охорони довкілля.

Об'єкт дослідження: Пральна машина.

Предмет дослідження: Гідродинамічні характеристики пральної машини та їх покращення для підвищення ефективності прання, зменшення споживання води та енергії, а також поліпшення якості прання.

Метою цього дослідження є розробка пральної машини з покращеними гідродинамічними характеристиками. Для досягнення цієї мети необхідно провести аналіз існуючих технологій, виявити ключові фактори, що впливають на гідродинаміку прання, та розробити нові конструкційні рішення, які дозволять підвищити ефективність пральних машин.

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

# 1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

## 1.1 Процес прання пральними машинами

Пральні машини-автомати (ПМА) виконують функцію механізації та автоматизації трудомісткого процесу ручного прання білизни в домашньому господарстві. Процес прання базується на фізико-хімічному та механічному впливі миючого розчину на білизну, який складається з води та миючого засобу. Миючі засоби складаються з поверхнево-активних речовин, що утворюють адсорбційні шари на межі «забруднення - миючий розчин». Жирові мила та синтетичні засоби є основними групами миючих речовин, причому синтетичні засоби містять відбілюючі речовини та лужні добавки для пом'якшення води.

Процес прання складається з кількох етапів: адсорбція миючих речовин, змочування тканини, диспергування забруднень та створення захисних плівок. Механічний вплив на білизну активує миючий розчин, насичуючи його енергією, що сприяє змочуванню білизни, проникненню миючого розчину між волокнами тканини і забрудненням, рівномірному розподілу миючих речовин у воді, диспергуванню забруднень та зниженню поверхневого натягу.

Пральні машини автоматично виконують кілька послідовних процесів: замочування, основне прання, полоскання, додаткове полоскання, віджимання та в деяких випадках сушіння. У пральних машинах-автоматах процес прання реалізується у неперервному ланцюгу дій, включаючи фізико-хімічний та механічний впливи на білизну миючого розчину. Цей ланцюг складається з трьох основних етапів: адсорбції, змочування забрудненої тканини та створення захисної плівки. Вибір конкретної програми визначає послідовність і тривалість процесів замочування, основного прання, полоскання, додаткового полоскання, віджимання та сушіння (у прально-сушильних машинах).

Процес прання у пральних машинах автоматизується за допомогою програм, які користувач може обирати відповідно до типу тканини та рівня

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

забруднення. Ці програми визначають тривалість кожного етапу, кількість циклів полоскання, температуру води, швидкість віджимання та додаткові опції, такі як попереднє прання або інтенсивне полоскання. Сучасні пральні машини також можуть мати спеціальні режими для делікатних тканин, спортивного одягу, дитячих речей, а також еко-режими, які економлять воду та електроенергію.

Замочування – це початковий етап, під час якого білизна повністю насичується водою і миючим засобом. Це сприяє попередньому розм'якшенню забруднень, що полегшує їхнє видалення на наступних етапах. Основне прання включає інтенсивне механічне перемішування білизни в миючому розчині, що забезпечує ефективне видалення забруднень завдяки поєднанню хімічного впливу миючих засобів і механічного тертя.

Полоскання є важливим етапом для видалення залишків миючих засобів з тканини. Додаткове полоскання може бути використане для більш ретельного видалення миючих речовин, особливо при пранні дитячого одягу або речей людей з чутливою шкірою. Віджимання дозволяє видалити зайву вологу з білизни, знижуючи тривалість подальшого сушіння. Сучасні пральні машини мають можливість регулювати швидкість віджимання, що дозволяє зменшити зношування делікатних тканин.

Для прально-сушильних машин процес завершення включає сушіння, яке може відбуватися за допомогою гарячого повітря або конденсації вологи. Це забезпечує повний цикл обробки білизни – від прання до повного висушування в одному пристрої, що значно економить час та зусилля користувача.

Таким чином, пральні машини значно спрощують і полегшують процес догляду за білизною, забезпечуючи високу якість прання і зручність у використанні. Їх постійне вдосконалення, включаючи покращення гідродинамічних характеристик, спрямоване на підвищення ефективності прання, економію ресурсів і дбайливе ставлення до тканин.

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

## 1.2 Основні технічні характеристики пральних машин

Основними виробниками пральних машин-автоматів (ПМА) є фірми: Samsung, Beko, Bosch, LG, Siemens, Whirlpool, Ariston, "Ardo, Indesit, Gorenje, Electrolux, Whirlpool та ін.

Пральні машини відрізняються за способом завантаження білизни в барабан. Існують моделі з вертикальним і горизонтальним завантаженням. Раніше вважалося, що горизонтальне завантаження є більш естетичним і зручним, але сьогодні думки розділилися, і багато користувачів надають перевагу моделям з вертикальним завантаженням.

Переваги ПМА з вертикальним завантаженням: додавання білизни під час прання (можливість додати предмети одягу в барабан у будь-який момент циклу); барабан закріплений з двох боків на окремих підшипниках, що зменшує ризик поломки; вертикальні пральні машини займають мінімальну кількість простору. Недоліки пральних машин з вертикальним завантаженням: розташування люка та панелі управління, вони знаходяться зверху, що не дозволяє використовувати агрегат як додаткову полицю; вузький завантажувальний люк, це ускладнює завантаження великих предметів (ковдр, подушок, пледів тощо); неможливість вбудовування, пральні машини з вертикальним завантаженням не можна вбудувати в нішу в стіні або в меблі.

Переваги ПМА з горизонтальним завантаженням: компактні моделі, існують компактні варіанти, які можна вбудувати в меблі або інші місця; верхню частину машини можна використовувати як додаткову полицю; великий завантажувальний люк, що дозволяє легко поміщати в барабан великі речі. Недоліки пральних машин з горизонтальним завантаженням: для завантаження білизни потрібно нахилитися або присідати; перед машиною потрібно залишити місце для відкриття люка; кріплення барабана піддається значному навантаженню, що збільшує ризик поломки.

Кожна модель пральної машини може вмщати певну кількість білизни. Найбільш стійкими та практичними є моделі із середньою місткістю барабана

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

(5-7 кг). Проте регулярне перевантаження білизни може спричинити непередбачений ремонт пральної машини.

Кожна модель пральної машини має певну місткість барабана, яка визначає кількість білизни, що може бути завантажена за один цикл. Найбільш стійкими та практичними є моделі з середньою місткістю барабана (5-7 кг). Регулярне перевантаження машини може призвести до несподіваного ремонту.

Об'єм барабана впливає не лише на кількість білизни, яку можна прати за один раз, але й на економічність машини. Чим більший барабан, тим більше білизни можна завантажити, але також буде витратитися більше води та електроенергії для нагрівання.

Існують пральні машини різних розмірів. Вага машини також має значення: чим легша машина, тим вона менш стійка. Хоча встановлення та транспортування важчої машини може бути складнішим, зазвичай це робиться лише один раз.

Кількість програм прання в кожній пральній машині варіюється. Ось деякі основні режими:

- делікатне прання: для шовку, тюлі, еластичних речей, нижньої білизни та тонких тканин;
- швидке прання: цикл тривалістю від 15 до 45 хвилин, використовується для легкозабрудненого одягу;
- синтетика: для синтетичних тканин, прання при низькій температурі води;
- ручне прання: імітує ручне прання, підходить для вовняних речей;
- бавовна: для дитячого одягу та бавовняної постільної білизни;
- інтенсивне прання: для сильно забруднених речей;
- кип'ятіння: для одягу з сильними забрудненнями та дезінфекції.

Деякі моделі мають додаткові функції, такі як "замочування", "додаткове полоскання", "відстрочення прання", "сушіння", "прасування", "еко очищення барабана" тощо.

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Класи енергоспоживання пральних машин позначаються буквами: A+++, A++, A+, A, B, C, D, де “A+++” означає мінімальне енергоспоживання, а “D” – максимальне. Машини, які мають функції сушіння і прасування, можуть мати вищий клас енергоспоживання.

Ефективність прання та віджиму, як і енергоспоживання, класифікуються літерами від A до G, де “A” - найвищий клас ефективності, а “G” - найнижчий. Чим нижче клас, тим гірше машина пратиме або виконуватиме віджимання, і тим нижчою буде її ціна.

Інформативний дисплей не впливає на технічні характеристики, але значно підвищує вартість. Дисплей зручний, оскільки відображає вибрані програми, тривалість циклу та коди помилок, що допомагає в діагностиці проблем.

Більшість пральних машин оснащені захисними функціями, що допомагають уникнути проблем та захищають від поломок. До них належать: захист від протікання: у разі витoku вода потрапляє на спеціальний датчик, і подача води блокується; захист від короткого замикання: машина припиняє роботу у разі короткого замикання; захист від перепадів напруги: машина припиняє роботу при перевантаженні електромережі, захищаючи електроніку.

### 1.3 Основні параметри пральних машин-автоматів

Класифікація пральних машин:

- по кількості баків (однобакові й двохбакові);
- по номінальному завантаженню;
- по способу завантаження (з верхнім завантаженням, із фронтальним завантаженням);
- по способі керування (електромеханічне й електронне);
- по способі активації (активаторні й барабанні).

ПМА працюють від електричної мережі однофазного струму напругою 220 В.

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Основні параметри пральних машин:

- завантаження білизни, кг (максимальна кількість сухої білизни, що може бути завантажена за один цикл);
- маса, кг;
- споживана потужність електропривода під час прання, Вт;
- споживана потужність електропривода під час віджимання, Вт;
- споживана потужність електронагрівального пристрою, Вт.

Пральні машини мають забезпечувати прання, полоскання та віджимання білизни без механічних пошкоджень тканин.

В ПМА можуть бути допоміжні елементи, які забезпечують роботу виконавчих приладів: мережний вимикач, вимикач блокування кришки, сигнальна лампа, резистори, конденсатори.

Основні вузли пральної машини зображені на рис. 1.1.

Рисунок 1.1 Конструкція пральної машини

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

ПМА забезпечує вибір режиму прання завдяки набору програм, які використовують синтетичні мийні засоби. Програми задаються за допомогою командоапарата та спеціальних вимикачів, розташованих на передній панелі корпусу машини. Прання відбувається в перфорованому барабані за попередньо заданою програмою, залежно від типу тканин і ступеня забруднення. Усі процеси, включаючи прання, полоскання, віджимання та регулювання кількості програм і температур мийних засобів, виконуються автоматично.

Користувачі вручну завантажують вироби та м'якухі засоби, вибирають необхідну програму, запускають машину та вивантажують чисту білизну після завершення циклу.

Корпус машини виготовлений з листової сталі та складається зі штампованих деталей, з'єднаних між собою зварюванням. Верхню частину корпусу закриває кришка, закріплена самонарізними гвинтами. Корпус пофарбований у білий колір. Усередині корпусу розташований бак із двошвидкісним електродвигуном, який приводить у рух пральний барабан. Бак підвішений на двох циліндричних пружинах, прикріплених до упорів корпусу. На нижній частині бака з обох сторін приварені металеві пластини, що контактують з фрикційними башмаками ресор, закріплених на корпусі. Ця система разом із противагами, встановленими в баці, зменшує вібрацію машини.

Нагрівання та контроль температури розчину здійснюються електронагрівачем і температурним реле, встановленим усередині бака. Пар виходить з бака через патрубок. Білизна завантажується в перфорований барабан через люк. Прання здійснюється відповідно до заданої програми, яка обирається ручкою командоапарата. Барабан, розташований усередині бака, обертається в підшипниковому вузлі, що знаходиться в хрестовині. Обертання барабана передається від електродвигуна через шків та клиноподібний пас. Барабан містить ребра для кращого перемішування білизни під час прання.

У задній верхній частині корпусу розташований блок підключення до водогінної мережі, що складається з двох електромагнітних клапанів, з'єднаних

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

шлангами з дозатором. Реле датчика рівня рідини з'єднане з нижньою частиною бака шнуром і штепсельною вилкою для підключення машини до електромережі. Дозатор служить для подачі мийних засобів і засобів для спеціальної обробки білизни під час заповнення бака водою через електромагнітні клапани.

У верхній частині корпусу знаходиться пластикова панель, на якій розташовані ручка командоапарата, кнопковий перемикач для включення економічного режиму прання, сигнальна лампа, що сигналізує про роботу машини, та ручка бункера дозатора. На панелі нанесені найменування програм. У нижній частині машини встановлені електронасос для відкачування відпрацьованого миючого розчину, знімний фільтр із кришкою на передній стінці корпусу та конденсатор. Машина комплектується шлангами для підведення води та зливальним шлангом.

Пральна машина використовує наступні елементи: командоапарат для двох повних циклів, датчик-реле рівня для контролю заданого рівня подачі води в бак, датчик-реле температури, одинарні та потрійні електромагнітні клапани, реле часу циклічне РВЦ-6-50, реверсуюче реле часу типу РВР-6 та двошвидкісний електродвигун приводу барабана типу 4АУТ.

Проведений огляд конструкції пральної машини та її основних вузлів показав, що для зниження споживання води та електроенергії, підвищення якості прання та зменшення впливу на навколишнє середовище є важливим завданням, що відповідає на сучасні вимоги до ефективності, економічності та екологічності побутових приладів. Розробка пральної машини з покращеними гідродинамічними характеристиками сприяє оптимізації процесу прання.

Для цього пропонується, на прикладі пральної машини з фронтальним завантаженням, ввести додаткову опору барабана для зменшення вібрації. Завдяки удосконаленій системі підвіски та противаг, вібрації та шум під час роботи машини значно знижуються. Це підвищить комфорт користування та подовжить термін експлуатації пральної машини. Застосувати додаткову систему зрошення та поліпшити якість прання шляхом застосування системи

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

гідродинамічного прання білизни, що дозволить досягти вищої якості прання за рахунок ефективного видалення забруднень та захисту тканин від пошкоджень, буде сприяти створенню адсорбційних шарів на межі "забруднення-миючий розчин", що забезпечує глибоке очищення тканин.

Таким чином, розробка пральної машини з покращеними гідродинамічними характеристиками є важливим кроком у напрямку підвищення ефективності та екологічності побутових приладів, забезпечить при цьому високий рівень комфорту та зручності для користувачів.

					<i>КРБ 0008.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		17

## 2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 2.1 Обґрунтування запропонованої конструкції

Розробка та інтеграція різноманітних систем у технологічний процес обробки білизни демонструють, що виробники, незважаючи на ускладнення конструкції машин, прагнуть створювати пристрої, які за допомогою різних механізмів посилюють гідромеханічний вплив на текстильні матеріали. Ці заходи покращують споживчі властивості пральних машин завдяки підвищенню експлуатаційних показників, що дозволяє підтримувати високу конкурентоспроможність продукції.

У цьому проекті проводиться модернізація пральної машини за наступними напрямками:

- для зменшення вібрації додати додаткову опору барабана.
- встановити додаткову систему зрошення.
- покращити показники ступеня прання та економічності шляхом використання системи гідродинамічного впливу на білизну.

Технічна характеристика пральної машини наведена в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

#### Технічна характеристика пральної машини

№ з/п	Технічна характеристика	Величина
1	2	3
1	Споживана номінальна потужність, кВт	2, 286
2	Потужність привода, Вт	120 / 270
3	Потужність нагрівального елемента, Вт	2000
4	Потужність рециркуляційного насоса, Вт	16
5	Номінальна напруга, В	220
6	Частота струму, Гц	50
7	Номінальний струм, А	10±1

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Продовження табл. 2.1.

1	2	3
8	Максимальне завантаження сухої білизни, кг	5
9	Найдовший циклу прання, хв	110
10	Максимальна витрата води на повний цикл прання, л	64
11	Кількість режимів прання білизни	12
12	Маса, кг	75
13	Габарити, мм: довжина ширина висота	600 580 850
14	Частота обертання барабана, с <sup>-1</sup> : при пранні, при віджиманні	6,28 50,27
15	Клас захисту від поразки електрострумом	2

Розробка та впровадження різноманітних систем у технологічний процес обробки білизни свідчать про те, що, попри ускладнення конструкції машин, виробники прагнуть створювати вироби, які завдяки різним пристроям посилюють гідромеханічний вплив на текстильні матеріали. Ці заходи покращують споживчі властивості пральних машин, підвищуючи рівень їх експлуатаційних показників, що дозволяє зберігати високу конкурентоспроможність продукції.

Пропонується модернізацію пральної машини наступним чином: ввести додаткову опору барабана для зменшення вібрації; покращити якість прання застосувавши додаткову систему зрошення та систему гідродинамічного прання.

Введення додаткової опори пов'язане з тим, що збільшення маси завантаження веде до необхідності збільшення діаметра прального барабана, що, у свою чергу, призводить до збільшення габаритів пральної машини та підвищеної вібрації під час обертання барабана. Пропонується зменшити

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

діаметр барабана, але збільшити його довжину. Це, однак, призводить до підвищеного навантаження на вал, що впливає на зношування підшипникового вузла. Тому пропонується встановити вал за принципом балки, а не консолі, як зазвичай. Для цього на шийку завантажувального отвору встановлюється металофторопластовий підшипник ковзання. Це суттєво знижує навантаження на підшипники кочення й практично виключає вібрацію барабана.

Недоліком цієї конструкції є складність монтажу підшипникового вузла та підвищені вимоги до виготовлення й установки підшипника ковзання. Неточність у виготовленні й установці підшипника ковзання може різко зменшити надійність конструкції й пральної машини в цілому.

Використання в пральній машині системи активного зрошення білизни, відомої як "дощик", свідчить про те, що подібна технологія вже тривалий час застосовується в пральних машинах. Аналогічною системою оснащені пральні машини, що включають бак, перфорований барабан, насос для миючого розчину, лінії підведення свіжої води та відводу миючого розчину. Під баком розташована ємність для води з нагрівальним елементом, яка з'єднана з баком та має лінії підведення свіжої води і відводу води, що підключені до насоса. Лінія насоса розділена на лінії відводу миючого розчину та змочування, яка закінчується в камері для розприскування миючого розчину та примикає до перфорованої поверхні барабана.

Ця модель реалізована в пральних машинах Indesit з системою "Зрошення". Однак, недоліком такої конструкції є наявність додаткових ліній змочування і камер для розприскування, що знижує ефективність рециркуляції через утруднене проходження розчину через перфорацію барабана на білизну. Інші аналоги, такі як пральні машини Candy, застосовують метод, коли спеціальні поглиблення на барабані зачерпують миючий розчин і подають його у верхню частину бака, де він виливається через перфорацію барабана на білизну. Проте, тиск миючого розчину недостатній для ефективного відпирання.

Найбільш близьким аналогом є система JETSYSTEM, реалізована в пральних машинах FLS 1184 C від ZANUSSI, де зливальний насос безперервно

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

подає миючий розчин через штуцер у завантажувальному вікні, поливаючи білизну. Переваги цієї системи включають скорочення витрат миючих засобів завдяки майже повному розчиненню, постійну температуру розчину у всіх частинах барабана та екологічність через менше споживання миючих засобів. Основним недоліком є нерівномірність розподілу струменя води, оскільки штуцер розташований у верхній частині завантажувального люка.

У даному проекті пропонується усунути цей недолік, подаючи миючий розчин через порожній вал барабана безпосередньо в перфоровані гребені барабана, створюючи інтенсивний перехресний дощик з трьох гребенів. Це забезпечить рівномірне зволоження білизни та покращить якість прання завдяки глибокому проникненню розчину. Зросте механічний вплив на білизну, але рівень зношування залишиться сталим.

Пральна машина працює наступним чином. Білизну завантажують у барабан і задають програму прання. Холодна вода надходить з водогінної мережі через електромагнітний клапан і дозатор миючих засобів. Потрібна кількість синтетичних миючих засобів потрапляє у пральний бак. Після досягнення заданого рівня подача миючого розчину припиняється і починається процес прання, що включає два етапи: попереднє та основне прання.

Попереднє прання насичує тканину миючими засобами, зменшує адгезію забруднень і видаляє макрочастки. Температура не повинна перевищувати 40°C, щоб уникнути коагуляції білкових забруднень. Основне прання проводиться при максимально допустимій температурі для даного виду тканини (до 90-95°C для бавовни) і спрямоване на видалення жирових та пігментних плям. Після прання білизну центрифугують, відкачують розчин і полощуть для видалення залишків миючих засобів та забруднень.

Метод активного зрошення застосовується при основному пранні та полоскання. Він покращує ефективність видалення забруднень і забезпечує рівномірний розподіл миючого розчину, зменшуючи зношування тканини.

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Основою пропонованої експериментальної пральної машини з системою гідродинамічного прання є принцип передачі кінетичної енергії обертання барабана миючому розчину. Ключовим елементом у цьому типі пральної машини є барабан, тому важливо досліджувати кінетику процесу прання та аналізувати фактори, що визначають його якість.

Пропонується змінити конструкцію барабана таким чином, щоб перфоровані отвори на його стінках мали форму забірників у вигляді напівконуса або іншої фігури, вписаної в цей напівконус. Забірники кожного ряду повинні бути розміщені у протилежному напрямку відносно забірників іншого ряду.

Новий дизайн барабана проілюстрований на рис. 2.1 (фрагмент), а загальний вигляд забірника миючого розчину представлений на рис. 2.2.



Рисунок 2.1 Бокова поверхня барабана

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

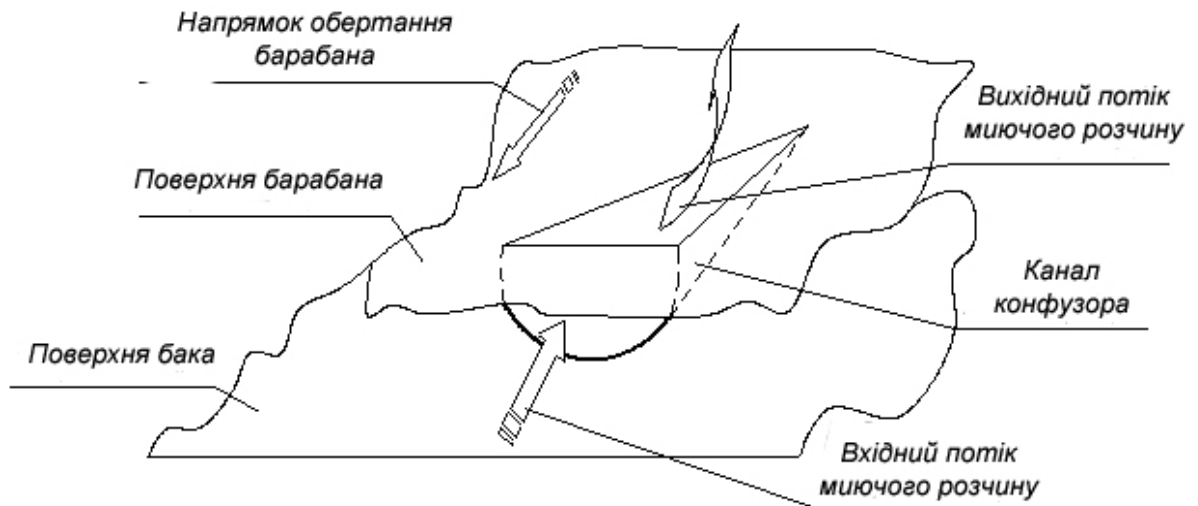


Рисунок 2.2 Забірник миючого розчину на поверхні барабану

З досліджень, присвячених проблемі кавітації, відомо, що занурення будь-якого об'єкта у воду супроводжується появою порожнечі (каверни). У момент занурення тіла в рідину виникає гідравлічний удар, що призводить до подальшого руху рідини. Таке ж явище спостерігається під час входу передньої кромки забірника барабана пральної машини у воду, створюючи умови для виникнення кавітаційного ефекту. Вивчення процесу занурення тіла у воду, з огляду на нестационарність руху тіла і рідини, а також визначення місцевих тисків і швидкостей, є складним завданням, тому обмежимося загальною характеристикою основних процесів, які відбуваються під час прання білизни в барабані машини із системою підвищеного гідродинамічного впливу.

Обертаний рух барабана розділимо на три періоди: занурення барабана в розчин (ударна дія), рух у зануреному стані, та рух на межі розподілу фаз розчин-повітря. Кожна з цих фаз має специфічні умови, що впливають на ефективність гідромеханічного впливу на текстильний матеріал.

Найбільш значимою фазою, з погляду активізації миючого розчину та його впливу на текстильний матеріал, є період проходження забірника крізь потік миючого розчину, що визначає умови прання.

Під час обертання барабана на певній ділянці його поверхні, що занурена в розчин й обмежена перетинами 1-1 й 2-2, виникає місцевий гідравлічний

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23



Оптимальний перетин конфузора має визначатися з урахуванням технологічних можливостей виробництва. Водночас важливо враховувати, що втрати тиску потоку рідини в основному пов'язані зі зміною прямопотоку у двох місцях: безпосередньо за вхідним отвором та у каналі конфузора. У першому випадку втрати тиску зростають, якщо кут зменшується (тобто, коли він порівняно малий) (рис.2.4). У другому випадку втрати тиску збільшуються з ростом цього кута. На схемі позначено:  $d, D$  – діаметр забірника;  $v$  – швидкість потоку відносно барабану,  $\alpha$  – кут звуження.

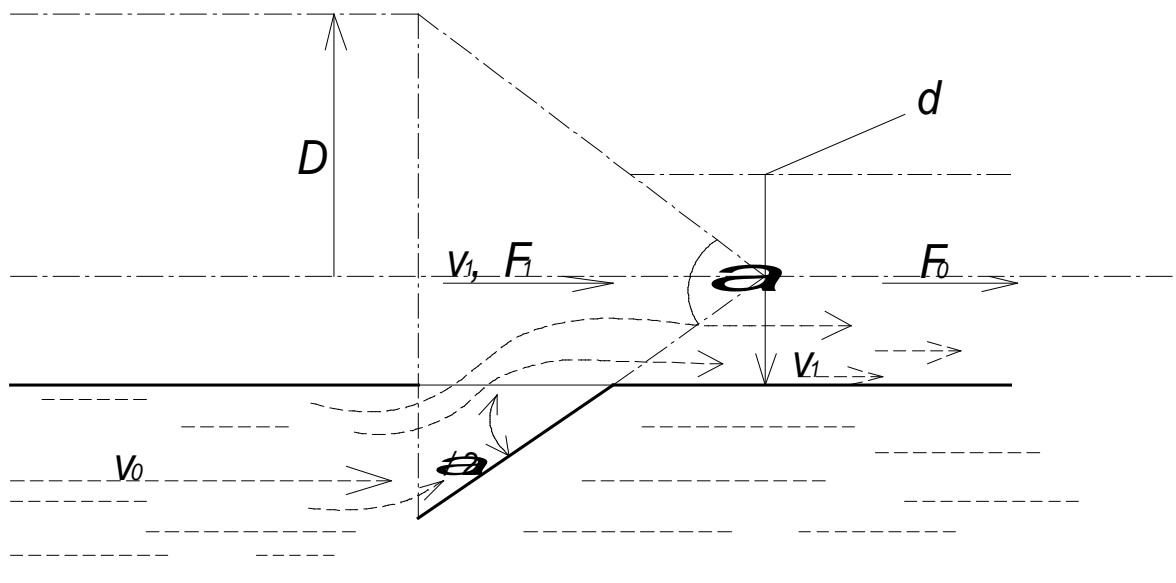


Рисунок 2.4. Схема забірника барабана пральної машини

Значні втрати тиску, у загальному випадку, складаються з витрат на турбулентне змішування двох потоків, які мають різні швидкості, витрат, що пов'язані зі зміною прямого потоку, та витрат на розширення в конфузори. Структура потоку, що проходить через канал, розміри й інтенсивність утворених вихорів залежатимуть від геометричних параметрів каналу та режиму течії, зокрема, від числа Рейнольдса. Ефективність ступеня прання через гідродинамічний вплив і активацію миючого розчину визначатиметься конструктивними особливостями барабана.

Для первинного визначення характеристик гідравлічного удару окремого потоку рідини, що проходить через конфузори, застосуємо відомі емпіричні

										КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							25

формули з гідродинаміки. Зазначимо, що при розрахунках втрат гідравлічних потоків, пов'язаних із встановленням коефіцієнта шорсткості внутрішніх поверхонь каналів, зазвичай визначають так званий гідравлічний діаметр  $D_g$  (еквівалентний або ефективний розмір отворів). Значення цього параметра для січень відмінних від круглої форми отримують за допомогою відповідних формул.

Через нестационарність процесу прання, у нашому випадку, незначні розміри конфузора (заборника  $R=4\text{мм}$ ;  $L=18\text{мм}$ ) і обмежений час проходження рідини через нього, значенням параметра  $D_g$  можна знехтувати.

Витрата миючого розчину  $Q$ , через одиничний конфузур:

$$Q = \mu \cdot F \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot P}{t}} \quad (2.1)$$

Динамічний тиск потоку, що проходить крізь канал конфузора, залежно від колової швидкості  $\omega$  барабана:

$$P = \frac{\gamma \cdot \omega^2}{g} \quad (2.2)$$

В нашому випадку  $P = 0,21 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Залежно від геометричних розмірів отвору конфузора коефіцієнт витікання рідини  $\mu$  може коливатися в діапазоні  $0,1 \dots 0,9$ . Приймаємо середнє значення  $\mu = 0,5$ . В цьому випадку витрата потоку розчину крізь конфузур, за умов постійних параметрів  $P$ , площі отвору перфорації  $F = 0,00039 \text{ м}^2$ , тривалості  $t = 0,3 \text{ с}$ ,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$   $Q = 5,7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ . Реальне значення витрати  $Q$  буде залежати від щільності розчину  $\lambda$ , яке за умови насичення розчину повітряними бульбашками розрахувати складно. Проте, незважаючи на припущення можна зробити висновок, що характеристика гідравлічного потоку, буде визначатися геометричними параметрами конфузора.

Для розрахунку повних витрат напору застосовують принцип додавання, відповідно якому сума рівняється доданку витрат на окремих ділянках руху рідини та всіх місцевих опорів. При рівнозначності інших умов, збереження геометричної подібності забірників, забезпечить подібність гідродинамічних

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

характеристик. Це значить, що потоки миючого розчину під час проходження кожного каналу забірника з деякою швидкістю та тиску будуть мати однакову ефективність впливу на перешкоду, яка перебуває на його.

З наведеного вище розрахунку гідродинамічних характеристик потоку рідини випливає, що витрата потоку  $Q$ , залежить від колової швидкості барабана  $\omega$ , яка визначає динамічний тиск рідини  $P$  на текстильний матеріал. Цей параметр, стосовно ефективності очищення текстильних матеріалів, буде визначати умови відривання частинок бруду від поверхні текстильних волокон в процесі прання. Таким чином створюються умови для більш ефективного прання текстильних виробів.

Для визначення відповідного режиму прання, зокрема, частоти обертання барабана скористаємося теоретичними розрахунковими даними.

У таблиці 2.2 наведено розрахункові значення тиску миючого потоку  $P$  залежно від колової швидкості  $\omega$ . На рис.2.5 наведено графічні залежності параметрів.

Таблиця 2.2

Залежність динамічного тиску миючого розчину від частоти обертання барабана

Параметр	Значення									
	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
$n$ , об/хв	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
$v$ , м/с	0,7	0,94	1,17	1,41	1,648	1,88	2,13	2,35	2,591	2,827
$P$ , Н/м <sup>2</sup>	0,598	1,068	1,66	2,395	3,258	4,27	5,39	6,65	8,052	9,582
$Q$ , м <sup>3</sup> /с	0,0008	0,001	0,0017	0,0018	0,0023	0,002	0,0032	0,0037	0,0035	0,003

На рис.2.5 наведено графічні залежності параметрів.

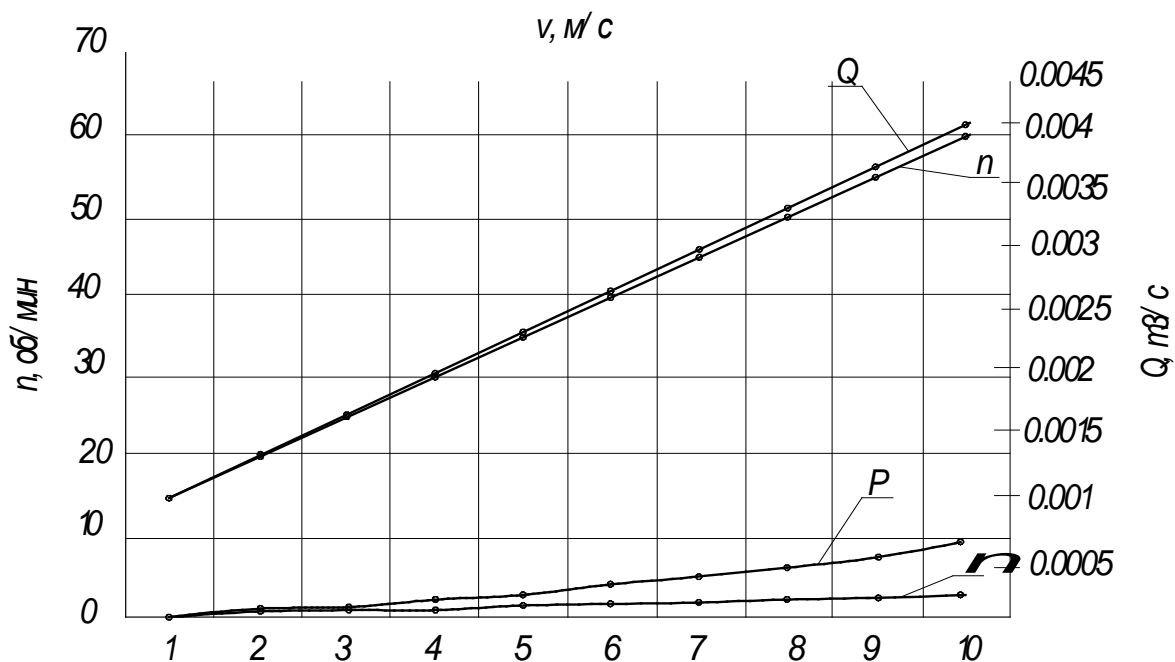


Рисунок 2.5 Залежність зміни динамічного тиску  $P$  від частоти обертання барабана  $n$

Витрата потоку  $Q$ , як видно з рисунку, залежить від частоти обертання барабана. Прання трикотажних виробів з натурального шовку потребує зменшення механічного впливу, тобто зменшення частоти обертання барабана. Зменшення частоти обертання барабана у 5 разів обумовить значне зменшення витрати  $Q$ , що достатньо для ефективного прання таких виробів.

## 2.2 Розрахунок барабана пральної машини

Об'єм, який займають вироби в барабані, визначаємо залежно від завантаження через питому вагу й масу:

$$\text{питомий об'єм змочених виробів } j = 0,01 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}};$$

маса завантаження  $m_z = 5 \text{ кг}$ .

Об'єм виробів:

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$V = m_3 j \quad (2.3)$$

$$V = 5 \cdot 0,01 = 0,05 \text{ м}^3.$$

Діаметр барабана визначаємо відповідно до рекомендацій для коефіцієнта завантаження  $K_3=0,65$  та коефіцієнта відносної довжини барабана  $K_L=0,85$ :

$$D = 1,084 \cdot \sqrt[3]{\frac{V}{K_3 \cdot K_L}} \quad (2.4)$$

$$D = 1,084 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,05}{0,65 \cdot 0,85}} = 0,447 \text{ м}.$$

Приймаємо:  $D=0,4$  м.

Довжина барабана:

$$L = D K_L \quad (2.5)$$

$$L = 0,447 \cdot 0,85 = 0,41 \text{ м}.$$

Довжину приймаємо:  $L=0,4$  м.

Розміри й розташування перфорації: приймаємо діаметр отвору перфорації  $d=8$  мм; крок отворів перпендикулярно осі  $b=25$  мм; крок отворів вздовж осі барабана  $a=30$  мм; отвори розташовуємо у шаховому порядку.

Коефіцієнт зниження маси барабана:

$$K_{с.м.} = \frac{0,785 \cdot d^2}{0,5 \cdot a \cdot b} \quad (2.6)$$

$$K_{с.м.} = \frac{0,785 \cdot 8^2}{0,5 \cdot 30 \cdot 25} = 0,134$$

Висота гребенів (лопатеї):

$$h = 0,15D \quad (2.7)$$

$$h = 0,15 \cdot 0,4 = 0,072 \text{ м}.$$

Приймаємо  $h=0,07$  м, кут при вершині лопатеї  $\alpha=30^\circ$ , густина сталі  $r=7800 \text{ кг/м}^3$ , товщина обичайки  $\delta=0,6$  мм; кількості гребенів  $Z=3$ .

Маса обичайки:

$$m_{об} = L \cdot \delta \cdot 10^{-3} \cdot \rho \cdot \left( \pi \cdot D - Z \cdot h \cdot \tan\left(\frac{\alpha \cdot \pi}{180}\right) + 2 \cdot Z \cdot \frac{h}{\cos\left(\frac{\alpha \cdot \pi}{180}\right)} \right) \cdot (1 - K_{с.м.}) \quad (2.8)$$

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

$$m_{об}=3,034 \text{ кг.}$$

Діаметр отвору в передній стінці:  $D^{nc}=0,26 \text{ м.}$

Маса передньої стінки барабана:

$$m_{nc} = \frac{\pi}{4} \cdot \rho \cdot \delta \cdot 10^{-3} \cdot (D^2 - D_{nc}^2). \quad (2.9)$$

$$m_{nc}=0,598 \text{ кг.}$$

Маса задньої стінки барабана:

$$m_{зс} = \frac{\pi}{4} \cdot \rho \cdot \delta \cdot 10^{-3} \cdot D^2. \quad (2.10)$$

$$m_{зс}=0,847 \text{ м.}$$

Маса барабана:

$$m_{б} = m_{об} + m_{nc} + m_{зс}. \quad (2.11)$$

$$m_{б} = 4,48 \text{ кг.}$$

2.3 Розрахунок потужності електродвигуна та кінематичний розрахунок привода

Швидкість обертання барабана у режимі прання, якщо:  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ ,  
 $D = 0,48 \text{ м.}$

$$\omega_c = \sqrt{\frac{2 \cdot g}{D}}. \quad (2.12)$$

$$\omega_c = 6,393 \text{ с}^{-1}.$$

Частота обертання барабана:

$$n_c = \frac{30 \cdot \omega_c}{\pi}. \quad (2.13)$$

$$n_c = 61,052 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо частоту обертання при пранні  $n_c = 60 \text{ об/хв}$ , кутова швидкість обертання  $\omega_c = 6,283 \text{ с}^{-1}$ .

Для привода барабана приймаємо двохшвидкісний електродвигун ДАСМ-4 з частотою обертання: у режимі прання  $n_{дв.п} = 375 \text{ об/хв}$ ; у режимі віджимання  $n_{дв.від} = 3000 \text{ об/хв}$ .

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Передаточне відношення клинопасової передачі:

$$u = n_{\text{дв.п}} / n_c = 6,25. \quad (2.14)$$

Частота обертання барабана в режимі віджимання буде дорівнювати:

$$n^o = n_{\text{дв.від}} / u = 480 \text{ об/хв}. \quad (2.15)$$

Рідинний модуль  $V_{\text{ж}} = 5 \text{ дм}^3/\text{кг}$ ; густина розчину  $\rho_{\text{ж}} = 1,1 \text{ кг/дм}^3$ . Середня об'ємна кількість рідини, що приходить на 1 кг білизни  $K_{\text{об}} = 2,25 \text{ дм}^3 / \text{кг}$ ,  $m_3 = 5 \text{ кг}$  – маса завантаження.

Кількість вільної рідини в барабані:

$$m_{\text{сж}} = V_{\text{ж}} \cdot m_3 \cdot \rho_{\text{ж}} - K_{\text{об}} \cdot m_3 \cdot \rho_{\text{ж}} = 13,75 \text{ кг}. \quad (2.16)$$

Маса мокрої білизни:

$$m_{\text{мб}} = m_3 + K_{\text{об}} \cdot m_3 \cdot \rho_{\text{ж}} = 16,25 \text{ кг}. \quad (2.17)$$

Маса робочої рідини, що піднімається лопатею:

$$m_{\text{ж}} = 0,15 \cdot m_{\text{сж}} = 2,063 \text{ кг}. \quad (2.18)$$

Сумарна маса білизни й розчину, що піднімається лопатею:

$$m = m_{\text{мб}} + m_{\text{ж}} = 18,313 \text{ кг}. \quad (2.19)$$

Об'єм порожнини барабана, що зайнята розчином і білизною за густини матеріалу  $\rho_u = 1,5 \text{ кг/дм}^3$ ;

$$V = \left( \frac{m_3}{\rho_u} + m_3 \cdot V_{\text{ж}} \right) \cdot 10^{-3} \\ V = 0,028 \text{ м}^3. \quad (2.20)$$

Площа перерізу півкільця завантаження, за довжини барабану  $L = 0,4 \text{ м}$ :

$$S = V / L = 0,071 \text{ м}^2. \quad (2.21)$$

Площа півкільця завантаження:

$$S = \frac{D^2}{8} \cdot \left( \frac{\pi}{180} \cdot \alpha - \sin(\alpha) \right) = 0,07 \text{ м}^2. \quad (2.22)$$

Визначаємо кут  $\alpha$  (див.рис.2.6), методом інтерполяції, що відповідає площі  $S$  півкільця завантаження  $\alpha = 129^\circ$ .

Довжина та ширина хорди сегмента:

$$l_{\text{х}} = D \cdot \sin\left(\frac{\alpha \cdot \pi}{360}\right) = 0,433 \text{ м}. \quad (2.23)$$

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

$$b = \frac{l^3}{12 \cdot S} = 0,096 \text{ м.} \quad (2.24)$$

Сила ваги змінного складу барабана:

$$P_T = m \cdot g = 179,646 \text{ Н.} \quad (2.25)$$

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2$$

Динамічний коефіцієнт, що враховує удар білизни об поверхню розчину під час падіння й кут зсуву центра ваги:  $k_g = 1,2$  і  $\alpha_0 = 60^\circ$ :

$$M_k = k_g \cdot P_T \cdot \sin\left(\alpha_0 \cdot \frac{\pi}{180}\right) \cdot b = 17,967 \text{ Н м.} \quad (2.26)$$

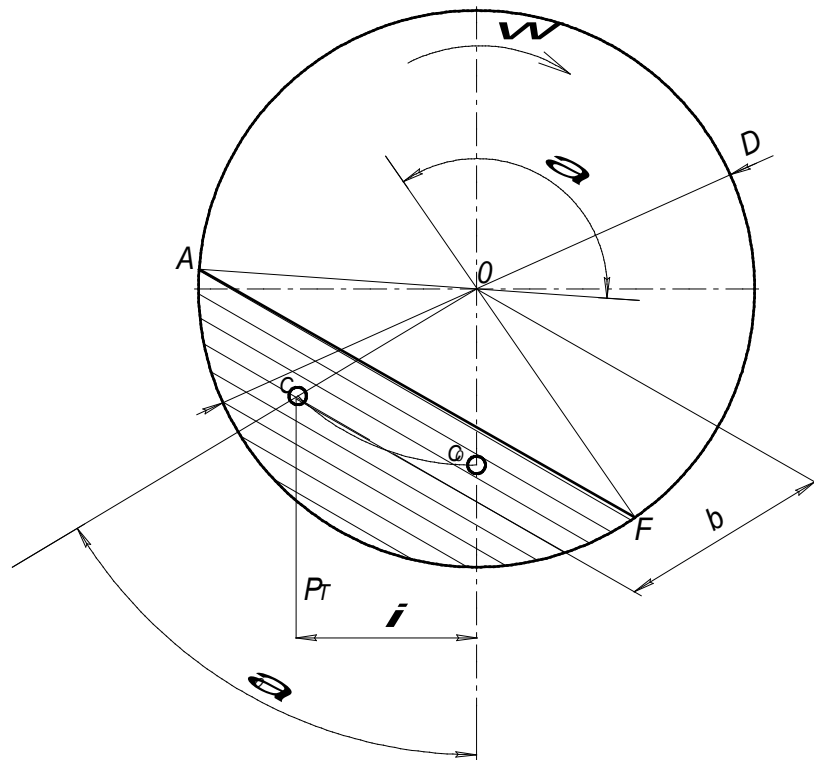


Рисунок 2.6. Схема визначення корисної потужності барабана

Потужність, необхідна для привода барабана під час прання.

$$N_c = M_k \cdot (\omega_c / \eta), \quad (2.27)$$

де  $\eta_{к.р.п.} = 0,97$  - ККД клинопасової передачі;

$\eta_{під} = 0,99$  - ККД підшипників кочення.

Загальний ККД привода буде дорівнювати :

$$\eta = \eta_{під} \cdot \eta_{к.р.п.} = 0,96. \quad (2.28)$$

$$N_c = 117,556 \text{ Вт.}$$

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Оскільки момент шкідливого опору порівняно малий, то ми ним нехтуємо.

Потужність при віджиманні:

$$N_{уст} = M_{уст} \cdot \omega_0 = 270,935 \text{ Вт}, \quad (2.29)$$

де  $M_{уст} = M_k \cdot 0,3 = 5,39 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ,

Знаходимо потужності, частоти обертання, кутові швидкості та обертальні моменти на валах (рис.2.7).

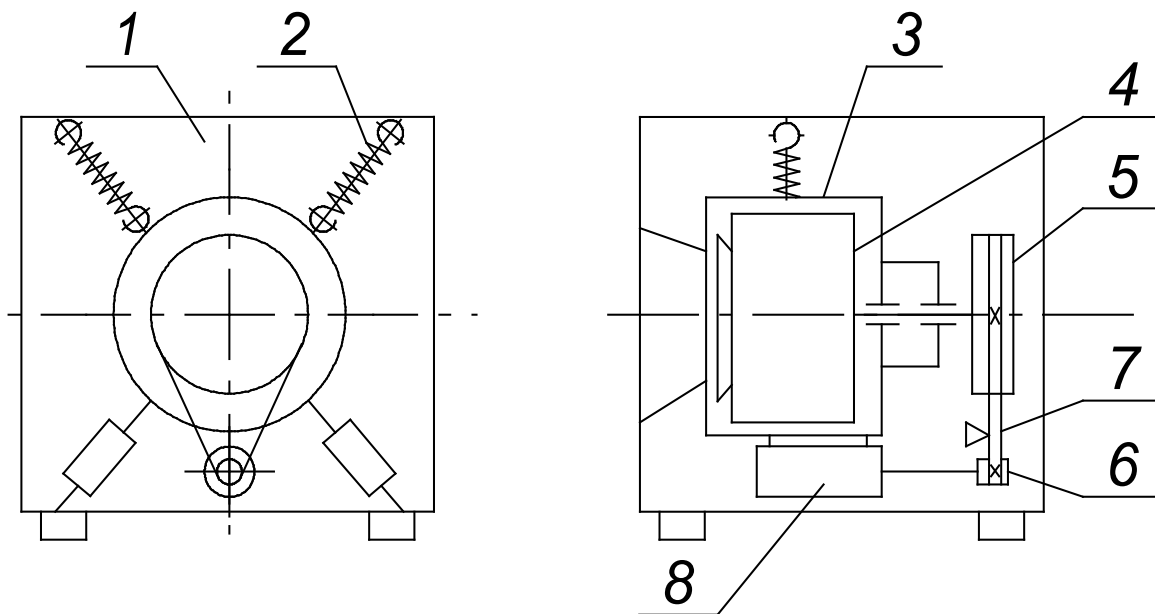


Рисунок 2.7. Кінематична схема машини

Під час прання на валу електродвигуна:  $N_c = 117,556 \text{ Вт}$ ,  $n_{дв.с} = 375 \text{ хв}^{-1}$ ,  
 $\omega_{дв.с} = (\pi \cdot n_{дв.с}) / 30$ ,  $\omega_{дв.с} = 39,27 \text{ с}^{-1}$ ,  $T_{дв.с} = N_c / \omega_{дв.с}$ , відповідно  $T_{дв.с} = 2,994 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

На валу барабана:  $N_c = N_c \cdot \eta$ ,  $N_c = 112,889 \text{ Вт}$ ,  $n_c = 60 \text{ хв}^{-1}$ ,  $\omega_c = (\pi \cdot n_c) / 30$ ,  
 відповідно  $\omega_c = 6,283 \text{ с}^{-1}$ ,  $T_c = N_c / \omega_c$ , відповідно  $T_c = 17,967 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

Під час віджимання на валу електродвигуна:  $N_{уст} = 270,935 \text{ Вт}$ ,  
 $n_{дв.від} = 3 \cdot 10^3 \text{ хв}^{-1}$ ,  $\omega_{дв.від} = (\pi \cdot n_{дв.від}) / 30$ ,  $\omega_{дв.від} = 314,159 \text{ с}^{-1}$ ,  $T_{дв.від} = N_{уст} / \omega_{дв.від}$   
 відповідно  $T_{дв.від} = 0,862 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ;

На вал барабана:  $N_0 = N_{уст} \cdot \eta$ , відповідно  $N_0 = 260,179 \text{ Вт}$ ,  $n_0 = 480 \text{ хв}^{-1}$ ,  
 $\omega_0 = 50,265 \text{ с}^{-1}$ ,  $T_0 = N_0 / \omega_0$ , відповідно  $T_0 = 5,176 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

## 2.4 Розрахунок клинопасової передачі

Вихідні дані для розрахунку:

Передавана потужність  $N_{уст} = 270$  Вт,

частота обертання ведучого шківів  $n_{дв.от} = 3000$  хв<sup>-1</sup>,

обертальний момент  $T_0 = 5,176$  Н м,

передаточне відношення  $u = 6,25$ ,

ковзання пасу  $\varepsilon = 0,015$ .

Приймаємо перетин клинового пасу  $T_0$ .

Діаметр ведучого шківів:

$$d_{1min} = 3 \cdot \sqrt[3]{T_0 \cdot 10^3} = 51,8 \text{ мм.} \quad (2.30)$$

$$d_{1max} = 4 \cdot \sqrt[3]{T_0 \cdot 10^3} = 69,2 \text{ мм.} \quad (2.31)$$

Враховуючи, що діаметр шківів не повинен бути менш 63 мм приймаємо  $d_1 = 65$  мм.

Діаметр веденого шківів:

$$d_2 = u \cdot d_1 \cdot (1 - \varepsilon) = 400,156 \text{ мм.} \quad (2.32)$$

Приймаємо  $d_2 = 400$  мм.

Міжосьову відстань приймаємо в інтервалі (висота перетину пасу  $T_0 = 6$  мм):

$$a_{min} = 0,55 \cdot (d_1 + d_2) + N_0 = 261,75 \text{ мм,} \quad (2.33)$$

$$a_{max} = d_1 + d_2 = 465 \text{ мм,} \quad (2.34)$$

Враховуючи розміри бака машини, приймаємо  $a_p = 400$  мм.

Розрахункова довжина пасу:

$$L = 2 \cdot a_p + 0,5 \cdot \pi \cdot (d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)}{4 \cdot a_p} \quad (2.35)$$

$$L = 1,601 \cdot 10^3 \text{ мм.}$$

Найближче значення згідно стандарту  $L = 1600$  мм.

Уточнене значення міжосьової відстані з урахуванням стандартної довжини пасу:

$$a_w = 0,5\pi \cdot (d_1 + d_2) = 730,42 \text{ мм.} \quad (2.36)$$

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$y = (d_2 - d_1)^2 \cdot 1,122 \cdot 10^5 \text{ мм}^2, \quad (2.37)$$

Тоді:

$$a_p = 0,25 \cdot \left[ (L - w) + \sqrt{(L - w)^2 - 2 \cdot y} \right] \quad (2.38)$$

$$a_p = 400 \text{ мм.}$$

Кут обхвату меншого шківa визначаємо за формулою:

$$\alpha_1 = 180 - 57 \cdot \frac{d_2 - d_1}{a_p}, \quad (2.39)$$

$$\alpha_1 = 132^\circ.$$

Коефіцієнт режиму роботи, що враховує умови роботи передачі  $C_p = 1$ ; Коефіцієнт, що враховує вплив довжини пасу  $C_L = 1,01$ . Коефіцієнт, що враховує вплив кута обхвату  $C_\alpha = 0,92$  за значення кута обхвату  $138$  градусів. Коефіцієнт, що враховує число пасів у передачі приймаємо допускаючи що число пасів у передачі буде не більше двох  $C_Z = 0,95$ .

Потужність, що передається одним клиновим пасом. Для пасу перетину  $O$  за довжини  $L = 1320$  мм, роботі на шківі діаметром  $65$  мм і  $u > 3$  потужність буде  $P_0 = 820$  Вт. В нашому випадку, пас має іншу довжину  $L = 1400$  мм, враховуємо коефіцієнтом довжини пасу.

Число пасів у передачі:

$$Z = \frac{N_{\text{уст}} \cdot C_p}{P_0 \cdot C_L \cdot C_\alpha \cdot C_Z}, \quad (2.40)$$

відповідно  $Z = 0,373$ . Приймаємо  $Z = 1$

Швидкість паса:

$$v = 0,5 \cdot \frac{\pi \cdot n_{\text{дв.от}} \cdot d_1 \cdot 10^{-3}}{30} = 10,21 \text{ м/с.} \quad (2.41)$$

Коефіцієнт, що враховує вплив відцентрових сил.

Для пасу перетину  $O$   $\Theta = 0,06 \text{ Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^2$ .

Натяг вітки клинового паса дорівнює:

$$F_0 = \frac{850 \cdot N_{\text{уст}} \cdot 10^{-3} \cdot C_p \cdot C_L}{Z \cdot v \cdot C_\alpha}, \quad (2.42)$$

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$F_0 = 24,676 \text{ Н.}$$

Зусилля на вали:

$$F_B = 2 \cdot F_0 \cdot Z \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot \alpha_1}{360}\right) = 45,126 \text{ Н.} \quad (2.43)$$

Ширина шківів:

$$B_{\text{шк}} = (Z - 1) \cdot e + 2 \cdot f, \quad (2.44)$$

де  $f$  - відстань від краю шківів до середини канавки; для пасу перетину  $O$   
 $f = 8 \text{ мм};$

$e$  - відстань між сусідніми канавками  $e = 12 \text{ мм.}$

Тоді  $B_{\text{шк}} = 16 \text{ мм.}$

Розрахунок реакцій в опорах. Сила від натягу клинопасової передачі:  
 $F_B = 45,126 \text{ Н.}$  Сила ваги барабана:  $m_b = 4,48 \text{ кг}$  - вага барабана (визначена раніше);  $g = 9,81 \text{ м/с.}$

Сили, які діють на вали:

$$P_6 = g \cdot m_6 = 43,49 \text{ Н.} \quad (2.45)$$

Сила ваги білизни:

$$P_{\text{вир}} = g \cdot m_3 \cdot \left(1 + \frac{W}{100}\right), \quad (2.46)$$

де  $W = 205$  - вологість виробів,  $m_3 = 5 \text{ кг}$  - маса завантаження.

$$P_{\text{вир}} = 149,602 \text{ Н.}$$

Незрівноважена відцентрова сила, об'єм виробів (за зустини сухих виробів  
 $\rho_i = 1500 \text{ кг/м}^3$  і густини миючого розчину  $\rho_p = 1000 \text{ кг/м}^3$ ):

$$V = \frac{m_3}{\rho_i} + \frac{\frac{W}{100} \cdot m_3}{\rho_p}, \quad (2.47)$$

$$V = 0,014 \text{ м}^3;$$

Внутрішній радіус кільця:

$$r_B = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot L}}, \quad (2.48)$$

де  $D = 0,4 \text{ м}$  - діаметр барабана,  $L = 0,4 \text{ м}$  - довжина барабана.

$$r = 0,216 \text{ м.}$$

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

радіус центра ваги півкільця:

$$r_{цв} = \frac{4}{3\pi} \cdot \frac{\left(\frac{D}{2}\right)^3 - r_B^3}{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - r_B^2}, \quad r_{цв} = 0,145 \text{ м.} \quad (2.49)$$

Незрівноважена відцентрова сила:

$$P_{ц} = m_3 \cdot \left(1 + \frac{W}{100}\right) \cdot \omega_0^2 \cdot 0,08 \cdot r_{цв}, \quad (2.50)$$

$$\omega_0 = 50,265 \text{ с}^{-1}$$

$$P_{ц} = 446 \text{ Н.}$$

Оскільки незрівноважена відцентрова сила під час обертання барабана змінює свій напрямок, для розрахунку підшипників приймаємо її напрямок за якого зусилля на підшипники буде максимальним.

Сумарна сила, яка діє на барабан:

$$P = P_{ц} + P_{вир} + P_{б} = 641,67 \text{ Н} \quad (2.51)$$

Приймаємо відстань між підшипниками кочення  $l_2 = 0,02$  м, відстань від підшипника до середини маточини веденого шківa  $l_1 = 0,03$ , відстань від підшипника до барабана  $l_0 = 0,06$  м.

Вважаємо, що сила  $P$  прикладена до центру барабана. У цьому випадку відстань від правого підшипника до лінії дії сили:

$$l_3 = l_0 + (L/2) = 0,26 \text{ м.} \quad (2.52)$$

Відстань від лінії дії сили  $P$  до підшипника ковзання:

$$l_4 = L/2 = 0,2 \text{ м.} \quad (2.53)$$

Реакції в опорах. Записуємо рівняння суми моментів відносно точок А, С, D:

$$\sum M_A = 0:$$

$$F_D \cdot (l_2 + l_3 + l_4) + F_C \cdot l_2 + F_A \cdot 0 = P \cdot (l_2 + l_3) - F_B \cdot l_1 \quad (2.54)$$

$$\sum M_C = 0:$$

$$F_D \cdot (l_3 + l_4) + F_C \cdot 0 - F_A \cdot l_2 = P \cdot l_3 - F_B \cdot (l_1 + l_2) \quad (2.55)$$

$$\sum M_D = 0$$

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_D \cdot 0 - F_C \cdot (l_3+l_4) - F_A \cdot (l_2+l_3+l_4) = -F_B \cdot (l_1+l_2) - P \cdot l_4 \quad (2.56)$$

$$\sum Y = 0$$

$$F_D + F_C + F_A - F_B - P = 0 \quad (2.57)$$

Реакції в опорах:  $F_D = 392,27 \text{ Н}$ ,  $F_C = 3,507 \cdot 10^{-13} \text{ Н}$ ,  $F_A = 294,525 \text{ Н}$ .

Перевіряємо:

$$F_D + F_C + F_A - (F_B - P) = 0.$$

Будуємо епюри згинальних та обертальних моментів:

$M_{11} = 0$ ;  $M_{11} = 0$ ;  $M_{21} = -l_1 \cdot F_B$ ,  $M_{21} = -1,354 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ;  $M_{21} = M_{21}$ ,  $M_{21} = -1,354 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ;  
 $M_{22} = -F_B \cdot (l_1 + l_2) + F_A \cdot l_2$ ,  $M_{22} = 13,61 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ;  $M_{31} = 0$ ;  $M_{31} = 0$ ;  $M_{32} = F_D \cdot l_4$ ,  
 $M_{32} = 78,454 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ;  $M_{41} = M_{32}$ ,  $M_{41} = 78,454 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ;  $M_{42} = F_D \cdot (l_3 + l_4) - P \cdot l_3$ ,  
 $M_{42} = 13,61 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

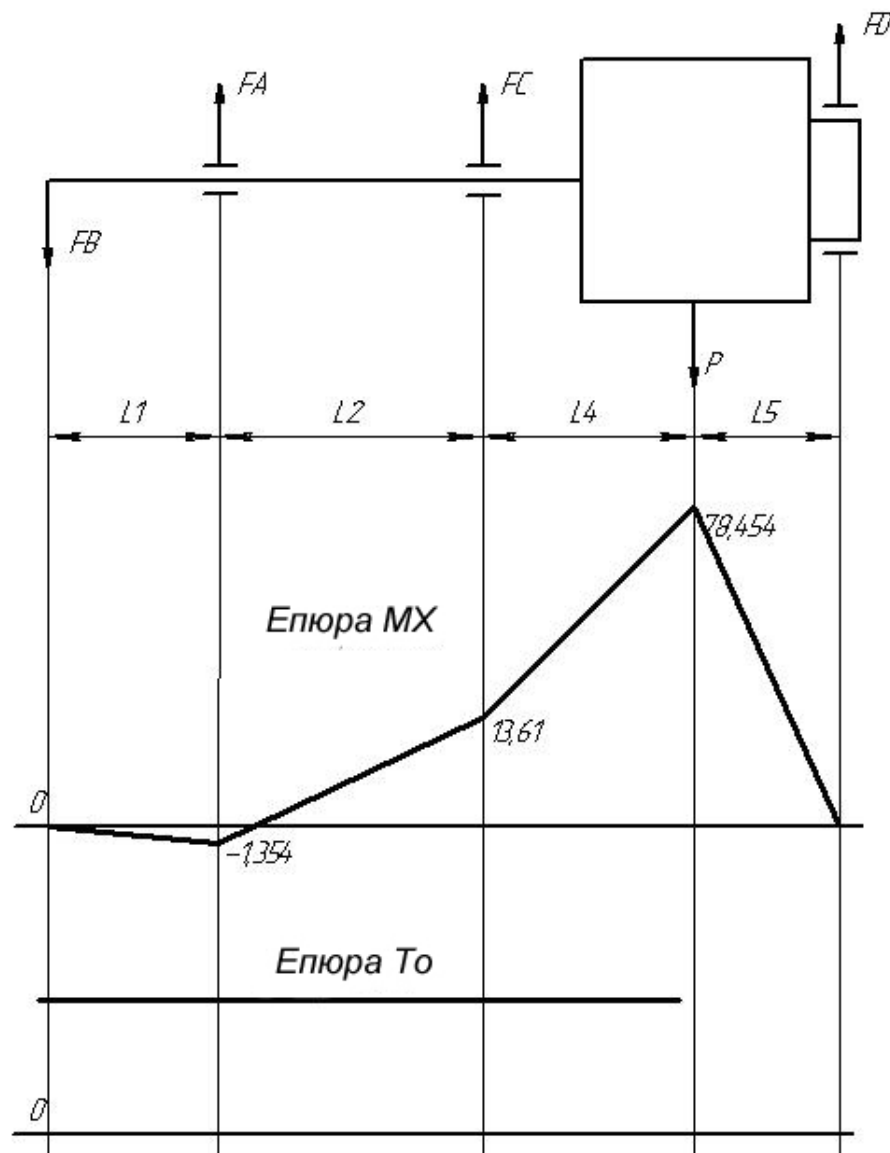


Рисунок 2.8. Розрахункова схема вала

										Арк.
										38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 0008.00.00.000 ПЗ					

## 2.5 Вибір підшипника ковзання

Для зменшення вібрацій барабана, шуму під час роботи машини, розбалансуванню підшипникового вузла та підвищеному зносу деталей і механізмів встановлюємо додаткову опору з підшипником ковзання, розміщеного на завантажувальному отворі барабана. При цьому барабан пральної машини буде встановлений на балках, а не консольно як це зазвичай виконується у пральних машинах із фронтальним завантаженням. Це дасть змогу знизити навантаження на підшипники кочення та зменшити вібрацію.

Для підшипника ковзання у нашій конструкції вибираємо металофторопластовий підшипник. Основне його застосування – у вузлах сухого тертя. Металофторопластовий матеріал без змащення при малих швидкостях допускає дуже великі питомі навантаження — до 340 МПа. Він зберігає роботоздатність у широкому діапазоні температур від -200 до +280 °С. При низьких швидкостях ковзання (0,05 - 0,1 м/с) і високих питомих навантаженнях коефіцієнт тертя матеріалу мінімальний. При питомих навантаженнях у межах 98,1 кПа - 9,81 МПа та швидкостях ковзання 0,2 - 5 м/с коефіцієнт тертя може змінюватися від 0,1 до 0,2.

Збільшення швидкості ковзання за незмінної температури підвищує коефіцієнт тертя. Залежно від режимів роботи, у період нормальної роботи без змащення він може бути в межах 0,04 - 0,23.

Найбільш раціональними й ефективними є стрічкові матеріали. Їх основою є сталева стрічка, на яку нанесений тонкий пористий шар антифрикційного сплаву, пори якого заповнюються фторопластом.

У нашому випадку буде використано гладкий вкладиш із металофторопласту, виготовлений методом згортання металофторопластової стрічки. Вкладиш буде встановлено в отвір прального бака на клей КЛЛ-1.

Технічні характеристики:

Матеріал: фторопластова стрічка з основою зі сталі 08Х18Н10Т за ГОСТ 4986-70.

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Покриття для втулок зі сталі.

Величина зазора у стику в вільному стані втулки не більше 0,2 мм.

Різностінність втулки - не більше 0,03 мм.

Технічні умови - по ОСТ 1 00536-71.

Покриття шийки завантажувального люка - гладке хромування із шорсткістю  $R_a = 0,63$  мкм.

Перед монтажем втулки деталі ретельно промити й насухо витерти. На робочі поверхні рівним шаром нанести консистентне змащення типу ЦИАТИМ-201 за ГОСТ 6261-ТА.

Розрахунковий діаметральний зазор - 0,09 мм.

Колова швидкість ковзання на шийці вала:

$$v = 0,5 \cdot \omega_0 \cdot D_{\text{п.с.}} \cdot 10^{-3}, \quad (2.58)$$

де  $D_{\text{п.с.}} = 260$  мм - діаметр завантажувального отвору (діаметр підшипника);

$\omega_0 = 50,265 \text{ c}^{-1}$  - кутова швидкість обертання барабана під час віджимання.

$$v = 6,534 \text{ м/с.}$$

Ширина підшипника.

Приймаємо  $l_{\text{під}} = 15$  мм.

Робоча ширина підшипника буде дорівнювати:

$$l_{\text{роб}} = l_{\text{під}} - 2 = 13 \text{ мм.} \quad (2.59)$$

Середній тиск на робочу поверхню вкладиша при зусиллі, що виникає в підшипнику  $F_D = 391,28$  Н:

$$P = \frac{F_D}{l_{\text{роб}} \cdot D_{\text{п.с.}}} = 0,116 \text{ МПа.} \quad (2.60)$$

$$P \cdot v = 0,758 \text{ МПа} \cdot \text{м/с.}$$

Відповідно [2] допустиме значення  $P_0$  для зворотно-обертальних валів і змінного за величиною навантаження:

$$P \cdot v_{\text{доп}} = 12,5 \text{ МПа} \cdot \text{м/с.}$$

$$P_{\text{доп}} = (P \cdot v_{\text{доп}}) / v = 1,913 \text{ МПа.} \quad (2.61)$$

Отже, умови  $P_{\text{доп}} > P$  і  $P \cdot v_{\text{доп}} > P \cdot v$  виконуються.

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

## 2.6 Конструювання шківів і валів

Вихідні дані для проектування: обертальний момент на валу барабана  $T_C = 17,967$  Н. М; діаметр вихідного кінця вала електродвигуна  $d = 15$  мм; довжина вихідного кінця вала електродвигуна  $l = 24$  мм.

Діаметр вихідного кінця по розрахунку на кручення при допустимому напруженні кручення  $\tau_{до} = 25$  МПа:

$$d_{B2} = \sqrt[3]{\frac{T_C \cdot 10^3}{0,2 \cdot \tau_k}}, \quad (2.62)$$

Приймаємо  $d_2 = 20$  мм.

Діаметр вала під підшипником А прийmemo  $d_A = 20$  мм, під підшипником С  $d_C = 35$  мм.

Варто врахувати, що вал під підшипником С (див. рис.2.8) пустотілий, для циркуляції миючого розчину. Діаметр проходу приймаємо рівним 20 мм.

Прийmemo матеріал вала - сталь коррозійно-стійка марки 40Х13.

Прийmemo для шківів матеріал - сплав алюмінієвий ливарний марки Ал 32.

Визначимо основні геометричні розміри шківів:

Ведучий шків:

довжина маточини  $l_{ст} = 24$  мм;

діаметр маточини

$$d_{ст} = 1,6 \cdot d_B = 24 \text{ мм.} \quad (2.63)$$

Число спиць веденого шківа  $Z = 4$ .

Спиці еліптичного перетину; співвідношення осей еліпса  $a: h = 0,4$ .

Тоді перетин спиці при допустимому напруженні згину  $\sigma_{зг} = 25$  МПа, діаметрі веденого шківа  $d_2 = 295$  мм й окружній силі  $F_0 = 24,678$  дорівнює:

$$h = \sqrt[3]{\frac{38 \cdot F_0 \cdot d_2}{z \cdot \sigma_{зг}}} = 14,038 \text{ мм.}, \quad (2.64)$$

Прийmemo  $h = 15$  мм.

Довжина маточини:

$$l_{ст} = 1,5 d_2 = 30 \text{ мм.} \quad (2.65)$$

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діаметр маточини:

$$d_{ст} = 2 \cdot d_2 = 40 \text{ мм.} \quad (2.66)$$

Перевірковий розрахунок вала.

Розрахунок на міцність.

Приймемо, що нормальні напруження згину змінюються по симетричному циклі, а дотичні від кручення - по віднульовому (пульсуючому).

Для перевірки на міцність визначаємо коефіцієнти запасу міцності  $S$  для небезпечних перерізів і порівнюємо їх з допустимими значеннями. Міцність забезпечена за  $S > [S]$ .

Розрахунок будемо проводити в небезпечному перерізі С.

Початкові дані для розрахунку: матеріал вала - сталь 40Х13;

$$\sigma_B = 930 \text{ МПа,}$$

$$\sigma = 0,43 \cdot \sigma_B = 399,9 \text{ МПа,}$$

$$\tau = 0,58 \cdot \sigma = 231,942 \text{ МПа}$$

діаметр вала під підшипником  $d = 35 \text{ мм}$ ;

обертальний момент на валу  $T_C = 17958 \text{ Н мм}$ ;

згинальні моменти у двох взаємно перпендикулярних площинах (рис.2.8):

$$M_X = 13,61 \text{ Н м, } M_Y = 0 \text{ Н м.}$$

Сумарний згинаючий момент:

$$M = \sqrt{M_X^2 + M_Y^2} = 13,61 \text{ Н м.} \quad (2.67)$$

Момент опору перерізу:

$$W = \frac{\pi \cdot d_C^3}{32} \quad (2.68)$$

$$W = 4,209 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$$

Оскільки вал пустотілий, то необхідно враховувати поправковий коефіцієнт зниження моменту опору перетину. Згідно [5] маємо діаметр отвору  $d_0 = 20 \text{ мм}$ .

Тоді відношення  $d_0 / d = 0,571$  і коефіцієнт зниження опору  $K = 0,9$

$$W = W \cdot K = 3,788 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$$

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Амплітуда нормальних напружень:

$$\sigma_v = \frac{M \cdot 10^3}{W} ,$$

$$\sigma_v = 3,593 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт запасу міцності за нормальними напруженнями:

$$s_\sigma = \frac{\sigma}{\Delta_\sigma \cdot \sigma_v} .$$

$$s_\sigma = 41,226.$$

Полярний момент опору:

$$W_P = 2 \cdot W = 7,577 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$$

Амплітуда й середнє напруження циклу дотичних напружень:

$$\tau_v = \frac{T_C}{2 \cdot W_P} , \quad \tau_v = 1,186 \text{ МПа.}$$

відповідно

$$\tau_m = \tau_v , \quad \tau_m = 1,186 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт запасу міцності за дотичними напруженнями.

$$s_\tau = \frac{\tau}{\Delta_\tau + \tau_m + \psi_\tau \cdot \tau_m} , \quad s_\tau = 92,273.$$

Сумарний коефіцієнт запасу міцності:

$$s = \frac{s_\tau \cdot s_\sigma}{\sqrt{s_\tau^2 + s_\sigma^2}} , \quad s = 37,64.$$

Для забезпечення міцності, коефіцієнт запасу повинен бути не менше [s]=1,5...1,7. З огляду на вимоги твердості , рекомендують [s]= 2,5...3,0.

Отримане значення задовольняє даним вимогам.

## 2.7 Розрахунок підвіски

Вихідні дані:

кутова швидкість барабана при віджиманні  $\omega_0 = 50,3 \text{ с}^{-1}$ ,

вага підвісної частини визначена у п.6.8.6 і складає  $P_n = 231,9 \text{ Н}$

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

вага виробів до моменту завершення розгону барабана при віджиманні визначена складає  $P_B = 149,6$  Н,

незрівноважена відцентрова сила визначена складає  $P_{\text{від}} = 448,1$  Н,

кут нахилу пружини щодо вертикальної осі  $\gamma = 40$  град., або

$$\gamma = \frac{\pi \cdot \gamma}{180} = 0,698 \text{ рад.},$$

коефіцієнт демпфірування:  $c = 0,1$ ,

прискорення вільного падіння  $g = 9,81$  м/с.

Максимальне зусилля на пружини в напрямку вертикальної осі (рис.2.8):

$$P_r = P_{\text{від}} + P_B + P_{\Pi} = 829,587 \text{ Н}, \quad (2.69)$$

Частота вільних коливань:

$$\omega_0 = \omega_0/4 = 12,566 \text{ с}^{-1}. \quad (2.70)$$

Жорсткість підвіски по вертикальній осі:

$$k_y = \omega_0^2 \cdot \frac{P_n + P_{\epsilon}}{g}, \quad (2.71)$$

$$k_y = 6,14 \cdot 10^3 \text{ Н/м.}$$

Максимальна розрахункове навантаження на одну пружину:

$$P_{\text{п1}} = P_r / (2 \cdot \cos(\gamma)), \quad (2.72)$$

$$P_{\text{п1}} = 541,5 \text{ Н.}$$

Жорсткість пружини:

$$k_{\text{п1}} = \frac{k_y}{2 \cdot (\cos(\gamma))^2}, \quad (2.73)$$

$$k_{\text{п1}} = 5,232 \cdot 10^3 \text{ Н/м.}$$

Початкова деформація пружин, викликана власною вагою підвішеної маси й вагою мокрих виробів:

$$f = \frac{P_n + P_{\epsilon}}{k_{\text{п1}} \cdot 3 \cdot \cos(\gamma)} \quad (2.74)$$

$$f = 0,03 \text{ Н.}$$

Для виготовлення пружини вибираємо дріт сталевий вуглецевий пружинний 1-го класу за ГОСТ 9389-75. З огляду на відповідальність пружин й

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

їхню роботу з більшим циклом зміни навантаження, прийmemo допустиме напруження кручення  $\tau_{кр} = 550$  МПа.

Прийmemo iндекс пружини (вiдношення середнього дiаметра пружини до дiаметра дроту ) рiвним  $\varepsilon = 10$ .

Коефiцiєнт , що враховує кривизну витка:

$$K_0 = \frac{4 \cdot \varepsilon - 1}{4 \cdot \varepsilon - 4}, \quad (2.75)$$

Дiаметр дроту:

$$d_p = 1,6 \cdot \sqrt{\frac{K_0 \cdot \varepsilon \cdot P_{н1}}{\tau_{кр} \cdot 10^6}}. \quad (2.76)$$

$$d_p = 5,2 \text{ мм.}$$

Вибираємо дрiт класу 1 , дiаметром за ГОСТ 9389-60  $d = 5$  мм.

Число робочих виткiв пружини при  $G = 80000 \cdot 10^6$ :

$$i_{роб} = \frac{G \cdot d \cdot 10^{-3}}{8 \cdot k_{н1} \cdot \varepsilon^3}, \quad (2.77)$$

$$i_{роб} = 9,557.$$

Прийmemo  $i = 10$ .

Основнi параметри пружин.

Середнiй дiаметр:  $D_{сер} = 8 \cdot d$  ,  $D_{сер} = 40$  мм.

Зовнiшнiй дiаметр:  $D_3 = D_{сер} + d$   $D_3 = 45$  мм.

Найбiльше робоче навантаження прийmemo рiвним  $P_{н1} = 541,5$  Н.

Початкове навантаження:

$$P_1 = \frac{P_n + P_u}{2 \cdot \cos(\gamma)}, \quad (2.78)$$

$$P_1 = 248,9 \text{ Н.}$$

Крок пружини:  $t = d$   $t = 5$  мм.

Висота пружини у вiльному станi:

$$H = t \cdot i = 50 \text{ мм.} \quad (2.79)$$

Висота пружини пiд навантаженням  $P_1$ :

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пiдпис	Дата		45

$$H_1 = H + \frac{P_1 \cdot 10^3}{k_{n1}}, \quad (2.80)$$

$$H_1 = 97,6 \text{ мм.}$$

Висота пружини під навантаженням  $P_{n1}$ :

$$H_2 = H + \frac{P_{n1} \cdot 10^3}{k_{n1}} \quad (2.82)$$

$$H_2 = 153,494 \text{ мм.}$$

## 2.8 Вибір і перевірка підшипників кочення

Для опор вала барабана пральної машини вибираємо закриті радіальні кулькові підшипники легкої серії по ГОСТ 7242-81, марки 80204 (підшипник А) і 80207 (підшипник С).

Основні параметри підшипників наведені в табл.2.3.

Таблиця 2.3 Основні параметри підшипників

Параметри	Марка підшипника	
	80204	80207
ширина	$B_A = 14 \text{ мм}$	$B_C = 17 \text{ мм}$
зовнішній діаметр	$D_A = 47 \text{ мм}$	$D_C = 72 \text{ мм}$
динамічна вантажопідйомність	$C_A = 12,7 \text{ кН}$	$C_C = 25,5 \text{ кН}$
статична вантажопідйомність	$C_{A0} = 6,2 \text{ кН}$	$C_{C0} = 13,7 \text{ кН}$

Перевіряємо підшипники по більш навантаженій опорі А. Еквівалентне навантаження по формулі [3], де осьове навантаження  $P_a=0\text{Н}$ .

$F_A = 294,6 \text{ Н}$  -радіальне навантаження ;

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

коефіцієнт  $V = 1$  (обертається внутрішнє кільце);

коефіцієнт безпеки приймемо  $K_{\sigma} = 1$ ;

температурний коефіцієнт  $K_T = 1$ ;

$X = 1, Y = 0$ .

Тоді еквівалентне навантаження:

$$P_E = (X \cdot V \cdot F_A + Y \cdot P_A) \cdot K_{\sigma} \cdot K_T, \quad (2.83)$$

$$P_E = 294,525 \text{ Н.}$$

Розрахункова довговічність, млн.об:

$$L = \left( \frac{C_A \cdot 10^3}{P_E} \right)^3, \quad (2.84)$$

$$L = 8,02 \cdot 10^4 \text{ млн. об.}$$

Прийнявши термін служби пральної машини 10 років, із середнім наробітком 3000 годин, можна зробити висновок, що вибрані підшипники підходять.

## 2.9 Розрахунок гідросистеми

Завантаження машини становить 5 кг сухої білизни, вологість білизни не може перевищувати 300%, тобто білизна в барабані машини не може містити більше 15 літрів миючого розчину (рис.2.9).

Встановлено, що 14 л миючого розчину перебувають зв'язаними білизною, тоді 1л забезпечує надлишкову вологість білизни стікаючи з барабана в бак. У такий спосіб пральна машина на 5 кг сухої білизни, у кожен момент повинна мати в баці 4 -5 літрів надлишку миючого розчину, крім зв'язаного білизною.

Розподіл води в машині наступний:

15 літрів зв'язані в білизні;

5-7 літрів перебувають у русі (у насосі й магістралі);

3-5 літрів перебувають у приймачі.

При цьому потужність насоса визначається необхідністю перекачування не менш 5-7 літрів в хвилину.

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

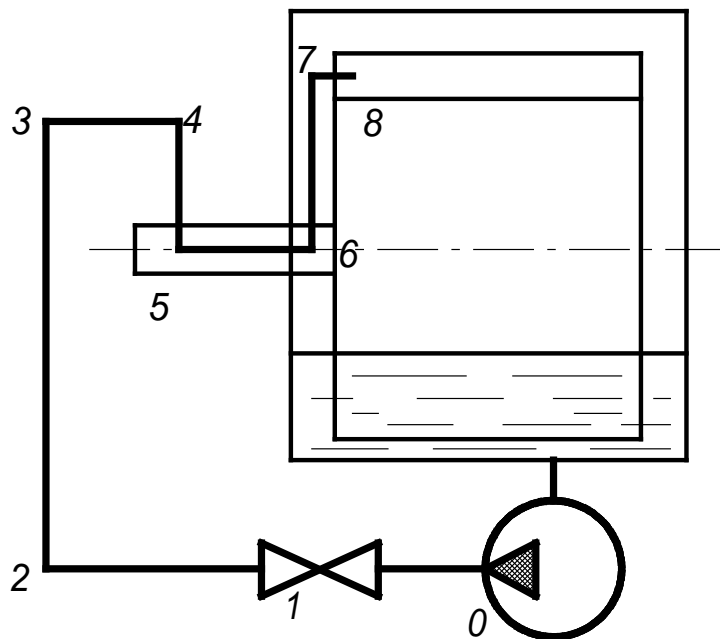


Рисунок 2.9. Гідравлічна схема пральної машини

Вихідні дані для розрахунку:

Насос лопатевий відцентровий;

Продуктивність  $Q_1 = 7$  л/хв.;

Щільність миючого розчину  $\gamma = 1000$  кг/м<sup>3</sup>;

В'язкість розчину при 80 градусах  $\nu = 0,003$  м<sup>2</sup>/с;

Довжини й діаметри ділянок (див.рис.2.9) від насоса до клапана:  $l_{01} = 0,2$  м,  $d_{01} = 0,02$  м;  $l_{12} = 0,07$  м,  $d_{12} = 0,02$  м;  $l_{45} = 0,16$  м,  $d_{45} = 0,02$  м;  $l_{23} = 0,4$  м,  $d_{23} = 0,02$  м;  $l_{56} = 0,07$  м,  $d_{56} = 0,02$  м;  $l_{34} = 0,05$  м,  $d_{34} = 0,02$  м;  $l_{67} = 0,02$  м,  $d_{67} = 0,008$  м.

Режим руху рідини в трубопроводі, для чого знаходимо число Рейнольда:

$$R_e = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_{12} \cdot \nu} \quad (2.85)$$

$$Q = Q_1 \cdot \frac{1000}{60}, Q = 116,667 \text{ см}^3/\text{с.}$$

$$d_{12} = d_{12} \cdot 100, d_{12} = 2 \text{ см.}$$

$$R_e = 2,476 \cdot 10^4.$$

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Число  $Re > 2300$  тобто в трубопроводі має місце турбулентний режим руху рідини.

Коефіцієнт гідравлічного тертя:

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}}, \quad (2.86)$$

$$\lambda = 0,026.$$

Швидкість руху миючого розчину на різних ділянках трубопроводу.

Оскільки діаметр трубопроводу від насоса до розгалуження (ділянка 0-6) однаковий, то й швидкість руху рідини на цій ділянці буде однаковою:

$$v = \frac{4 \cdot Q \cdot 10^{-6}}{\pi \cdot d_{23}^2} \quad (2.87)$$

$$v = 0,371 \text{ м/с.}$$

Трубопровід у точці 6 розгалужується на три канали однакового перетину. Оскільки різниця висот між ними не значна, то прийmemo що витрати в кожному з них будуть однаковими і дорівнюватимуть:

$$Q_{67} = Q/3 = 38,889 \text{ см}^3/\text{с.} \quad (2.88)$$

Тоді швидкість руху на цій ділянці:

$$v_{67} = \frac{4 \cdot Q_{67} \cdot 10^{-6}}{\pi \cdot d_{67}^2} \quad (2.89)$$

$$v_{67} = 0,774 \text{ м/с.}$$

Гідравлічні втрати в трубопроводі:

$$h_{\text{заг}} = h_m + h_1, \quad (2.90)$$

де  $h_m$  - місцеві втрати;

$h_1$  - лінійні втрати.

$$h_{\text{заг}} = 0,296 \text{ м.}$$

Напір насоса:

$h = 0,6$  м - висота максимального підйому рідини,

$$H_n = h + h_{\text{заг}} = 0,896 \text{ м.} \quad (2.91)$$

Потужність насоса.

З огляду на умови роботи й забруднення приймаємо ККД насоса  $\eta = 0,69$ .

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді:

$$N = \frac{Q \cdot 10^{-6} \cdot \gamma \cdot H_{\text{н}}}{\eta} \cdot 98,4, N = 15,122 \text{ Вт.}$$

Вибираємо зливальний насос, що використовується у потужністю 16 Вт і продуктивністю 12 л/хв. При цьому весь об'єм миючого розчину (24-28 л) буде проходити через насос на протязі 1,95-2,25 хв.

					<i>КРБ 0008.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		50

## 3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

### 3.1. Захист від впливу виробничого шуму

Широке застосування електродвигунів, нагрівальних електричних приладів, систем керування, обертових та рухомих елементів вимагає забезпечення безпеки під час роботи та обслуговування різної побутової техніки. Однією з ключових проблем є шум, який, навіть при рівні 50-60 дБ, може мати значний вплив на нервову систему людини, особливо для тих, хто займається розумовою діяльністю. Шум може викликати психологічний дискомфорт, стомлення, а у довгостроковій перспективі – серйозні захворювання.

Вплив шуму на здоров'я

Шум може негативно впливати на різні аспекти здоров'я людини:

Психологічний вплив: Навіть слабкий шум може викликати стрес та дратівливість.

Фізіологічні зміни: Тривалий вплив шуму підвищує кров'яний тиск, порушує травлення, змінює об'єм внутрішніх органів.

Порушення сну: Шум в 30-40 дБ у нічний час може порушити сон, що призводить до передчасної втоми та різних захворювань.

Зниження слуху: Постійний вплив сильного шуму може призвести до втрати слуху.

Методи боротьби з шумом

Існує кілька підходів до зменшення шуму, які можуть бути застосовані як у побутовій техніці, так і в промислових умовах:

Зменшення шуму в джерелі:

Конструктивні зміни в обладнанні для зниження вібрацій та шуму.

Використання демпфуючих матеріалів.

Зміна спрямованості випромінювання:

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Ортопедичне розташування обладнання відносно робочих місць, щоб направляти шум у протилежну сторону.

Встановлення шумозахисних екранів та бар'єрів.

Раціональне планування підприємств та акустична обробка приміщень:

Збільшення відстані між джерелом шуму та робочими місцями.

Сконцентрування гучних цехів в одному місці, віддаленому від тихих приміщень.

Використання звукопоглинаючих матеріалів у стінах та стелях приміщень.

Зменшення шуму на шляху його поширення:

Встановлення звукопоглинаючих бар'єрів та панелей.

Використання шумоізоляційних матеріалів.

Приклади застосування в електричних машинах

Електромагнітні шуми: Виникають в електричних машинах через взаємодію магнітних полів. Їх можна зменшити шляхом конструктивних змін, таких як виготовлення скошених пазів якоря ротора або щільне пресування пакетів у трансформаторах.

Аеродинамічні шуми: Виникають внаслідок обертання ротора в газовому середовищі та руху повітряних потоків. Зменшення шуму досягається оптимізацією форми ротора та каналів для повітряного потоку.

Механічні шуми: Виникають через вібрації машини. Їх можна зменшити шляхом збалансування ротора та використання антифрикційних матеріалів у підшипниках.

Шум є серйозною проблемою як у побутовій техніці, так і на промислових підприємствах. Впровадження комплексних заходів щодо зменшення шуму дозволяє зберегти здоров'я працівників, підвищити їхню працездатність та забезпечити комфортні умови роботи.

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

### 3.2 Шкідливий вплив вібрації

Виробничі механізми, апарати та інструменти часто є динамічно невірноваженими агрегатами. Вібрації, що виникають при їхній роботі, негативно впливають на продуктивність праці, якість продукції, ефективність роботи машин, а також на здоров'я працівників. Вібрація призводить до передчасного зношування деталей, частого ремонту, аварій та катастроф.

Шкідливий вплив вібрацій:

Зниження ефективності роботи машин:

Вібрації знижують коефіцієнт корисної дії машин.

Призводять до передчасного зношування деталей.

Викликають часті ремонти та налаштування.

Негативний вплив на оточення:

Вібрації поширюються у навколишньому середовищі, руйнуючи інші машини та споруди.

Порушують технологічний процес та показання контрольно-вимірювальної апаратури.

Вплив на здоров'я людей:

Зміни в нервовій та кістково-суглобній системах.

Підвищення енергетичних витрат організму, падіння м'язової сили та ваги.

Підвищення артеріального тиску, порушення зору та пам'яті.

Спазми судин серця, гангрена кінцівок.

Методи боротьби з вібраціями:

Конструктивні та технологічні заходи:

Вдосконалення кінематичних схем.

Знаходження найкращих конструктивних форм для безударної взаємодії деталей.

Зміна твердості або маси для зменшення амплітуд коливань та усунення резонансних явищ.

Використання матеріалів, що поглинають коливальну енергію.

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Застосування прокладок, що ускладнюють передачу коливань між деталями.

Балансування та центрування:

Динамічне балансування роторів, муфт, маховиків та шківів.

Якісне виготовлення деталей для мінімізації неврівноваженості.

Амортизація та ізоляція:

Використання амортизаторів, що кріпляться до стійок і контактують з підлогою.

Встановлення пружинних амортизаторів, пружних прокладок та гнучких вставок.

Застосування віброгасячого взуття для зниження вібрації, що впливає на ноги та корпус працюючого.

Використання вібропоглинаючих плит з асбоцементу або деревоволокна, килимків з пористої гуми, повісті.

Монтажно-планувальні заходи:

Рациональне розміщення гучних цехів на відстані від тихих приміщень.

Використання звукопоглинаючих матеріалів у стінах та стелях приміщень.

Зниження або усунення вібрацій є важливою умовою для оздоровлення умов праці та підвищення технічної культури виробничих процесів. Впровадження комплексних заходів для боротьби з вібраціями дозволяє підвищити продуктивність, якість продукції та зберегти здоров'я працівників.

### 3.3 Електробезпека під час складання пральних машин

Електробезпека є ключовим аспектом надійності та безпеки пральних машин. Розуміння та впровадження заходів електробезпеки важливі як для захисту працівників під час складання, так і для забезпечення безпечної експлуатації пральних машин споживачами.

Види дії електричного струму на організм

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Термічна дія: Викликає опіки окремих ділянок тіла, нагрівання кровоносних судин та нервів.

Електролітична дія: Призводить до розкладання крові та інших органічних рідин, що викликає порушення їх фізико-хімічних властивостей.

Біологічна дія: Виражається в подразненні та порушенні живих тканин, що супроводжується судомними скороченнями м'язів, включаючи серцеві м'язи та легені.

Види ураження електричним струмом.

Електричні травми: Чітко виражені місцеві пошкодження тканин.

Електричні опіки: Можуть бути викликані протіканням струму через тіло або впливом електричної дуги.

Електричні знаки: Плями на шкірі, безболісні.

Металізація шкіри: Проникнення металевих часток у верхні шари шкіри.

Механічні ушкодження: Розриви шкіри, вивихи суглобів, переломи кісток.

Електричний удар: Судомні скорочення м'язів різного ступеня важкості, від скорочення м'язів до клінічної смерті.

Основні причини нещасних випадків.

Випадковий дотик до струмоведучих частин.

Поява напруги на металевих частинах обладнання.

Поява напруги на відключених струмоведучих частинах через помилкове включення.

Виникнення крокової напруги на землі.

Заходи захисту від ураження електричним струмом

Захисне заземлення: З'єднання із землею металевих частин, що можуть виявитися під напругою.

Зниження до безпечних значень напруг дотику і кроку.

Обов'язкове у приміщеннях з підвищеною небезпекою при напрузі понад 36 В змінного і 110 В постійного струму.

Занулення: Приєднання до нульового проводу металевих частин обладнання.

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Автоматичне відключення установки при пробі на корпус.

Використання у трифазних чотирьохпровідних мережах напругою до 1000 В.

Захисне відключення: Пристрій, що швидко автоматично відключає небезпечну ділянку мережі.

Відключення при замиканні фази на корпус, зниженні опору ізоляції, появі високої напруги, дотику до струмоведучих частин.

Використання приладів захисного відключення та автоматичних вимикачів.

Забезпечення електробезпеки під час складання пральних машин передбачає застосування комплексних заходів для захисту працівників та кінцевих споживачів. Використання заземлення, занулення, захисного відключення та інших технічних засобів дозволяє знизити ризики ураження електричним струмом до мінімуму. Ретельне дотримання цих заходів забезпечує надійність і безпеку роботи з електрообладнанням, що є критичним для успішної експлуатації пральних машин.

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

## ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі проведено модернізацію побутової пральної машини з покращеними гідродинамічними характеристиками та зменшенням вібрацій. В результаті проведеного літературного огляду запропоновано використати систему підвищеного гідродинамічного впливу миючого розчину на білизну; для зниження навантаження на вал барабана, зниження вібрації запропоновано встановити додаткову опору з підшипником ковзання.

Проведений огляд конструкції пральної машини та її основних вузлів показав, що для зниження споживання води та електроенергії, підвищення якості прання та зменшення впливу на навколишнє середовище є важливим завданням, що відповідає на сучасні вимоги до ефективності, економічності та екологічності побутових приладів. Розробка пральної машини з покращеними гідродинамічними характеристиками сприяє оптимізації процесу прання.

Завдяки удосконаленій системі підвіски та противаг, вібрації та шум під час роботи машини значно знижуються. Це підвищить комфорт користування та подовжить термін експлуатації пральної машини. Застосувати додаткову систему зрошення та поліпшити якість прання шляхом застосування системи гідродинамічного прання білизни, що дозволить досягти вищої якості прання за рахунок ефективного видалення забруднень та захисту тканин від пошкоджень, буде сприяти створенню адсорбційних шарів на межі «забруднення-миючий розчин», що забезпечує глибоке очищення тканин.

В проектно-конструкторській частині обґрунтовано та запропоновано конструкцію модернізованої пральної машини, наведено розрахунки основних вузлів та деталей ПМА: основних розмірів барабана, клинопасової передачі вала, підвіски, розрахунок і підбір асинхронного двигуна для зливу води

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Петко И. В., Бурмістенков А. П., Белая Т. Я. Електропобутова техніка – Хмельницький: ХНУ, 2017. – 213 с.
2. Петухов В., Герасимчук О. Тенденції розвитку сучасних пральних машин // Тези X студентської науково-технічної конференції машинобудівного факультету «Сучасні технології в машинобудуванні та на транспорті». Луцьк: Машинобудівний факультет. Луцький НТУ, 2019. – С. 110-112.
3. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: підручник. – Львів: Афіша, 2003. – 560 с.
4. Коновалюк Д.М., Ковальчук Р.М. Деталі машин. – К.: Кондор, 2004. – 584 с.
5. Деталі машин. Конспект лекцій для студентів напрямку 6.090200 “Інженерна механіка” усіх форм навчання / М.М. Толстушко, В.Л. Мартинюк. – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2019. – 160с.
6. Деталі машин [Текст]: навчальний посібник для студентів напрямку підготовки 6.050503 «Машинобудування» денної та заочної форм навчання / М.П. Ярошевич, М.М. Толстушко, В.Л. Мартинюк. – Луцьк: Луцький НТУ, 2020. – 272 с.
7. Петко И.В., Усольцев А.Н. Аналіз механічного впливу на матеріал під час обробки в барабані // Вісник Технологічного університету Поділля: Науковий журнал. - Хмельницький, ТУ Поділля, 2000. - № 5. - Частина I. - С. 30-32.
8. Деталі машин [Текст]: конспект лекцій для студентів напрямку підготовки 6.050503 «Машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. М.М. Толстушко, В.Л. Мартинюк. – Луцьк: Луцький НТУ, 2016. – 96 с.
9. Деталі машин. Методичні вказівки до виконання індивідуальної роботи для студентів напрямків підготовки 6.050502 “Інженерна механіка”, 6.050503 “Машинобудування” і 6.070106 “Автомобільний транспорт” усіх форм навчання / М.М. Толстушко, В.О. Байбула, В.Л. Мартинюк. – Луцьк: Ред.-вид. відділ Луцького НТУ, 2019. – 164 с.
10. ДСТУ 2721-94 (ГОСТ 8051-93). Машини пральні побутові. Загальні технічні умови. – Чинний від 1995-07-01.

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

11. ДСТУ EN 60456:2017 (EN 60456:2016, IDT; IEC 60456:2010, MOD).  
Машини пральні побутові. Методи вимірювання функційних характеристик. –  
Чинний від 2019-01-01.
12. ДСТУ 4351:2014. Енергозбереження. Енергетичне маркування  
електрообладнання побутової призначеності. Визначення енергетичної  
ефективності пральних машин.
13. ДП «УкрНДНЦ» Машини пральні побутові. Загальні технічні умови.
14. ДСТУ 3135.4-95 (ГОСТ 30345.4-95) (IEC 60335-2-7:1993) Безпека побутових  
та аналогічних електричних приладів. Додаткові вимоги до пральних машин.
15. Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Правила  
виконання науково-дослідних робіт: ДСТУ 3973-2000. – [Чинний від 2000-12-  
27]. – К.: Держстандарт України, 2001. – 20 с. – (Національний стандарт  
України).
16. Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Правила  
виконання дослідно-конструкторських робіт: ДСТУ 3974-2000. – [Чинний від  
2000-12-27]. – К.: Держстандарт України, 2001. – 38 с. – (Національний  
стандарт України).

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

# ДОДАТКИ

					КРБ 0008.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60