

Хмельницький національний університет  
Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

### Розробка пристрою для розширення технологічних можливостей пральної машини

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

Шифр, назва

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Шифр, назва

Освітня програма «Електропобутова техніка»

Шифр БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Виконав студент 4 курсу  
група ЕТ-20-1

  
Підпис


В.С. Федорчук  
Ініціали, прізвище

Керівник

  
Підпис, дата

Т.П. Романець  
Ініціали, прізвище

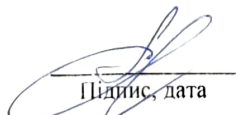
Нормоконтролер

  
Підпис, дата

С.І. Пундук  
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри МАЕЕС

  
Підпис, дата

проф. О.С. Поліщук  
Ініціали, прізвище

12 06 2024 р.

Хмельницький 2024

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

Освітній рівень бакалавр

Галузь знань 14 Електрична інженерія

Шифр і назва

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Шифр і назва

Освітня програма Електропобутова техніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС

17.06.2024

## ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Федорчук Володимир Сергійович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Розробка пристрою для розширення технологічних можливостей пральної машини

керівник роботи Романець Тарас Петрович, к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 15 02 2024 р. № 4

2. Строк подання студентом роботи на кафедру \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи технічна документація сучасних пральних машин та діючі що до них державні нормативні документи

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

Вступ. 1 Огляд та аналіз технічної літератури з тематики бакалаврської роботи. 2. Взаємодія робочих органів машини з білизною. 3. Розрахунок основних вузлів машини. Висновки. Перелік джерел посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

1. Огляд пральних машин з розширеними можливостями (ДО, А1). 2. Процес прання з використанням додаткових функцій (ДТ, А1). 3. Креслення пральної машини з монтажем розробленого пристрою (ГК, А1). 4. Функціональна схема удосконаленої пральної машини (С2, А1). 5. Електрична схема пральної машини (Е3, А1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1. Огляд та аналіз технічної літератури		
2. Взаємодія робочих органів машини з білизною		
3. Розрахунок основних вузлів машини		
4. Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу		

Студент

Керівник роботи

Підпис

Підпис

В.С. Федорчук

Ініціали, прізвище

Т.П. Романець

Ініціали, прізвище

# АНОТАЦІЯ

до бакалаврської кваліфікаційної роботи студента спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»


1. Прізвище, ім'я та по батькові Федорчук Володимир Сергійович

2. Тема бакалаврської роботи Розробка пристрою для розширення технологічних можливостей пральної машини

3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента \_\_\_\_\_

4. Об'єм бакалаврської роботи: креслень 5 арк., сторінок записки 56

5. Барабанні пральні машини забезпечують автоматизацію всього технологічного процесу обробки матеріалу й функціональну універсальність. Однак барабанні пральні машини відрізняються й низькою інтенсивністю об'ємного перемішування оброблюваного матеріалу, що приводить до значної тривалості їх робочого циклу. Звідси головним напрямком їх удосконалення є інтенсифікація й підвищення економічності виконання основних операцій робочого циклу, а також поліпшення експлуатаційних показників машин. Для створення нових і модернізації існуючих конструкцій пральних машин пропонується розробка пристрою для підготовки пари. Його використання дозволить інтенсифікувати процес обробки білизни й підвищити економічність виконання операцій їх робочого циклу. При цьому технологічні можливості пральної машини значно розширюються. Обробка парою дозволяє виконати дезінфекцію білизни та одягу, тобто звільнити волокна від мікроорганізмів і шкідливих бактерій. Перевагою такого способу є те що він повністю дезінфікує одяг, не пошкоджуючи його.

Підпис студента 

" 12 " 06 20 24 р.

## РІШЕННЯ ЕК:

Протокол 1/2 від " 26 " 06 20 24 р.

Оцінка проекту ЕК добре / С  
Рекомендації ЕК \_\_\_\_\_

Особливі відмітки \_\_\_\_\_

Технічний секретар 

" 26 " 06 20 24 р.





лення та підвищення ефективності обробки, але і для підвищення продуктивності машини.

Пропонується розробити пристрій для підготовки пари з метою оновлення та модернізації конструкції існуючої пральної машини. Його використання дозволить посилити процес прання і підвищити ефективність виконання операцій свого робочого циклу. При цьому технологічні можливості пральних машин значно розширюються. Обробка парою дозволяє проводити дезінфекцію білизни та одягу, тобто звільняти волокна від мікробів і шкідливих бактерій [8]. Перевага цього методу полягає в тому, що він повністю дезінфікує одяг, не пошкоджуючи його.

Пральні машини з парою працюють так само, як і звичайні Пральні машини. Крім того, вони оснащені спеціальним режимом подачі пари. Під час циклу прання невелика кількість води виділяється у вигляді пари при контрольованих температурі і тиску. Оскільки молекули пари менше, ніж у воді, вони ідеально проникають у волокна, дезінфікують їх і знищують мікроорганізми і бактерії. Крім того, миючий засіб змішується з вологою і перетворюється в аерозоль, який добре проникає в тканину і видаляє забруднення, не витрачаючи миючий засіб на одяг.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

# 1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ПРАЛЬНИХ МАШИН

## 1.1 Класифікація пральних машин

Більшість вітчизняних нормативних документів, що стосуються класифікації пральних машин, застаріли і не відповідають сучасним вимогам. Давайте спробуємо провести спрощену класифікацію, засновану на парку пральних машин, які в даний час представлені на нашому ринку побутової електроніки.

Сучасні пральні порошки діляться за способом активації миючого розчину:

- 3 обертовим робочим органом;
- Вібрація;
- В направленому потоці рідини або повітря.

Перший тип ПМ є найбільш поширеним. Ми знаємо ПМ (майже всі сучасні пральні машини) барабанного типу і активатори, використовувані в нашій різної діяльності.

Слід зазначити, що активатор типу ПМ має резервуар, в якому знаходиться обертовий активатор (лопать, диск з лопатями). Можливий і інший варіант, хоча активатор нерухомий, а резервуар обертається, але цей варіант вже дуже рідкісний в повсякденному житті. У цих машинах немає нічого складного-вони прості і дешеві. Але при домашньому використанні про якісне прибирання з таким пилососом можна забути.

Існує ще один клас пральних машин-так звані бульбашкові. У них перемішування розчинів миючих засобів (і змивання бруду з білизни) відбувається за рахунок того, що бульбашки подаються в розчин за допомогою спеціальної повітродувки. Ці бульбашки володіють значним проникаючим ефектом-вони як би виштовхують білизна в потік об'ємної води, тим самим під-

вищуючи ефективність прання. Однак останнім часом з різних причин такі ПМ випускаються в невеликих кількостях.

Інший варіант - ПМ барабанного типу. Вони найбільш широко використовуються [1-3]. В принципі, конструктивно ці машини відрізняються тільки способом завантаження білизни - вертикальної і фронтальним завантаженням. Завдяки різним додатковим інноваціям якість прибирання на машинах такого типу може бути не гірше, ніж у ПМ, призначених для прання в промислових масштабах. Основою такої машини є бак з розчином миючого засобу, в якому обертається барабан, завантажений білизною.

Основними параметрами, за якими класифікується РМ, є:

- Залежно від ступеня механізації та автоматизації процесу прання (тип невеликого активатора, напівавтоматична (наприклад, Eureka), автоматична і неавтоматизована мийка і сушка);;
- По можливості підігрійте розчин з миючим засобом;
- По видимій швидкості віджиму (по класу віджиму-ступеня залишкової вологості білизни);
- В залежності від розміру і типу кофра (класичний повнорозмірний, вертикальний, вбудований, вузький і т.д.);
- В залежності від максимальної ваги завантаженого (сухого) білизни;
- Базова програма прання і набір додаткових функцій;
- По можливості висушіть одяг;
- Залежно від системи управління (механічна, електронно-Механічна, електронна);;
- Залежно від енергоспоживання;
- По класу (якості) прання і т. д.

Перераховувати такий розподіл можна досить довго. Для користувача дуже важливі наступні параметри:

- Набір програм прання і додаткових функцій, простота використання;
- Клас прання, перевертання і енергоспоживання;

						БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			8

- Габаритні розміри і типи корпусу;
- Термін служби, довговічність;
- Сервісна підтримка.

У будь-якій класифікації обладнання можна порівнювати за своїми характеристиками. Побутова техніка, в тому числі і пральні машини, не є винятком. Єдиний європейський тест EN95/12 ("Директива Комісії ЄС 95/12 / ЄС від 23 травня 1995 року") " за результатами тестування пральних машин зроблено наступні висновки:

- Про ефективність роботи пральної машини, в залежності від параметрів споживання електроенергії та води;
- Про ефективність прання - на підставі результатів серії з 5 тестів;
- Про ефективність роботи преса, в залежності від параметрів мінімальної залишкової вологості.

При проведенні таких випробувань використовуються стандартні Пральні машини (для автоматичних пральних машин). Програма "бавовна при температурі 60 °С" (режим без попереднього очищення).

Відповідно до цих даних визначається енергоспоживання пральної машини, клас прання і віджиму. Клас встановлюється в діапазоні від А до G.

Клас D майже відповідає оцінці "задовільно", клас C — "добре", клас B — "дуже добре", клас A — "відмінно". Класи E і sG зустрічаються рідко і показують найгірші показники.

Слід зазначити, що в 2002 році був введений додатковий клас енергоспоживання пральних машин a+.

Клас енергоспоживання є найважливішою характеристикою побутової техніки, особливо пральних машин.

Для пральних машин клас енергоспоживання залежить від витрати енергії на 1 кг білизни. Наступні показники відповідають буквеному позначенню енергоспоживання (класу) (у кВт\*год/кг):

— A +(Aplus) — менше 0,17;

						БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			9

- А - 0,17...0,19;
- У - 0,19...0,23;
- С - 0,23...0,27;
- D - 0,27...0,31;
- Е - 0,31...0,35;
- F - 0,35...0,39;
- G - більше 0,39.

Клас віджиму (клас віджиму ефективності).

Ефективність віджиму в машинах пральних виміряється по шкалі вологості залишкової (після віджиму) білизни у відсотках.

Нижче наведена відношення даного значенням класів ефективності віджиму (в %):

- А - менше 45;
- В - 45...54;
- С - 54...63;
- D - 63...72;
- Е - 72...81;
- F - 81...90;
- G - більше 90.

Клас прання показує якість прання білизни. При проведенні вищевказаного тесту (Європейський тест EN95/12) пральна машина тестується з використанням 5 різних тканинних смужок, що містять 5 типів забруднень (спеціальні речовини, що імітують кров, какао, червоне вино, сажу, мінеральне масло) — всього 25 смужок. Смужка вшивається в нижню білизну, і білизна завантажується в пральну машину. Після виконання програми очищення за допомогою спеціального пристрою визначається величина відбиття світла від випраної тканини (смужки). Ефективність очищення визначається на основі середнього значення, отриманого за результатами очищення всіх смуг з різними типами забруднень. Виходячи з цього, здійснюється класифі-

						БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			10











Так, одяг можна обробляти парою і дезінфікувати, не намокаючи. Це дуже корисно, якщо вам потрібно швидко оновити речі. Пара проникає глибоко в волокна і вбиває мікроби і грибки, що викликають алергію. Білизна буде свіжим, але при цьому не буде утворюватися складок.

Переваги машини з функцією подачі пари.

Під час роботи парової пральної машини в барабан надходить тільки гаряча пара. Прання в звичайному розумінні цього слова не відбувається. Без використання засобів побутової хімії речі набувають охайний зовнішній вигляд і позбавляються від неприємного запаху.

Крім того, обробка парою дозволяє дезінфікувати білизну без використання сильнодіючих речовин, небезпечних для шкіри дітей і алергіків.

Обробка білизни і делікатних речей паром дозволяє видаляти плями без будь-якого механічного впливу на структуру тканин і трикотажних полотен.

До переваг також відносяться:

Проста схема догляду за речами. Найкоротший цикл обробки парою триває всього 30 хвилин. Для цього вам потрібно кинути речі в барабан і активувати парогенератор машини відповідною командою.

Виконує операції хімічної чистки. У паровому агрегаті можна повернути чистоту одязі, для якої звичайне прання неприйнятна. Не відбувається розтягування, усадки і деформації, а пар прекрасно відновлює вовняні светри, трикотажні костюми і сукні з натурального шовку.

Делікатне очищення. Обробка парою дає вам можливість швидко освітлити і обробити ультратонкі білизна, гіпюрові блузки та сукні з елегантною вишивкою і аплікаціями.

На них не залишається вм'ятин. Під дією пари волокна природним чином розправляються, тому немає необхідності розгладжувати речі після парового прання. Крім того, під час обробки одяг, оточений барабанами, не піддається механічному впливу.

						БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			16

Відмовтеся від сушки. Не варто сушити злегка вологі речі після прання парою, особливо для включення стандартних режимів сушіння з великим числом обертів.

Скасування полоскання. Оскільки робота з парою не вимагає використання миючих засобів, це означає, що нічого не потрібно повторно Полоскати, що значно скорочує традиційний значний витрата води на прання.

Дезінфекція. Гаряча пара прекрасно бореться з бактеріями, грибками і вірусами. Його використання просто необхідно для догляду за речами хворих людей, що живуть поруч зі здоровою сім'єю.

Економічно. Використання пари дозволяє значно економити електроенергію, миючі засоби і воду.

Самоочищення. Пароварка виконує безпосередню роботу, а також бореться із забрудненням барабана і очищає стінки від всіляких відкладень і шкідливих мікроорганізмів.

Важливою перевагою пароварки є її практично безшумна робота. Її можна легко включити, укладаючи спати немовлят або дітей старшого віку.

Більшість моделей оснащені таймером, завдяки якому ви можете відкласти обробку або почати її на інший зручний час.

Обробка парою підходить для всіх видів речей, включаючи одяг, і прання в звичайному сенсі цього слова категорично заборонена. Пристрої для очищення парою служать довше, ніж звичайні машини, тому що вони мимоволі очищають барабан під час роботи і вступають в контакт з деталями, очищаючи їх від мікробів і відкладень. Машини з функцією обробки парою прекрасно справляються з хімчисткою і впорядковують речі, які можна почистити тільки на спеціалізованих підприємствах. Парова машина дбайливо відпирає делікатні речі, які можуть бути значно пошкоджені при звичайному механічному впливі. Обробка парою ідеально підходить для чищення офісних сорочок і подібного одягу протягом 1 дня. Якщо вам потрібно ви-



## 1.2 Будова пральних машин

В якості найбільш поширених розглянемо конструкцію і призначення елементів пральної машини барабанного типу з фронтальним завантаженням білизни [4].

Механічні компоненти ПМ. На рисунку 1.2 показано вигляд зовнішній ПМ без кришок декоративних.

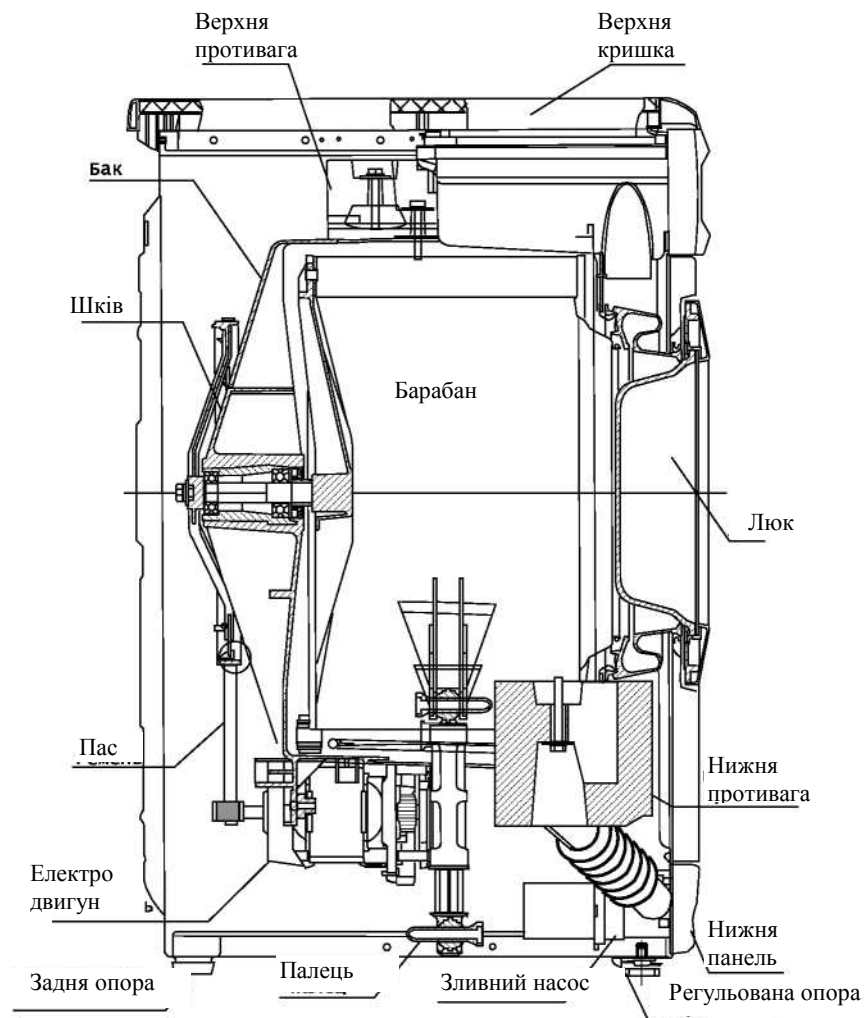


Рисунок 1.2 - Основні конструктивні вузли пральної машини

Неважко помітити, що основний простір РМ займає бак. У ньому встановлений барабан. Він кріпиться до баку підшипниковим вузлом через вісь. Обертання барабана забезпечується приводним електродвигуном з викорис-

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.

19

танням ремінної передачі. Для забезпечення стійкості ПМ бак оснащений величезною противагою. Сам бак підвішений на пружині, а амортизатори встановлені знизу. Перед ПМ є завантажувальний люк для білизни.

Давайте детальніше розглянемо ці компоненти [1]. Резервуар може бути емальованим, з нержавіючої сталі, пластику. Останній, як згадувалося вище, має кращі шумові характеристики, але вразливий. І навпаки - емальовані резервуари та резервуари з нержавіючої сталі довговічніші, але вони видають більше шуму.

Більшість баків пральних машин розбірні (на 2 половини). Це спрощує виконання різних сервісних процедур, наприклад, при заміні підшипників. Але нещодавно з'явилася модель з незнімним баком. При такому ПМ зрозуміло, що при виникненні різних проблем з баком (або його компонентами) необхідно замінити бак.

Бак має спеціальний елемент для його з'єднання з барабаном - це хрестовина і сам підшипник. На малюнку 1.3 добре видно Хрестовина (підшипник втиснутий в її центр). Зазвичай є 2 підшипника (внутрішній і зовнішній), але деякі PMS також використовують 2-рядні моноподні підшипники.



Рисунок 1.3 - Хрестовина в зборі з баком

Пружини, противаги і амортизатори, встановлені на баку, призначені для гасіння вібрації бака при обертанні прального барабана в режимі віджиму.

						БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			20

Барабан є елементом пральної машини, в якій безпосередньо проводиться прання білизни. Він завжди виготовляється з нержавіючої сталі. Для підвищення ефективності перемішування білизни і змочування його розчином миючого засобу барабан зазвичай має спеціальне ребро, на внутрішній поверхні якого перемішується рідина для прання, і спеціальну перфорацію на поверхні барабана. У пральних машинах з вертикальним завантаженням білизни барабан має 2 точки з'єднання з баком (через підшипник збоку), а при фронтальному завантаженні — тільки 1. Ця остання конструкція пред'являє підвищені вимоги до механічної міцності баків, барабанів, підшипникових вузлів і т.д. до валу барабана прикріплений шків з ремінною передачею.

Завантажувальний люк призначений для завантаження або вивантаження білизни. Він оснащений дверцятами і запірним пристроєм. Для запобігання виливання води з бака на ньому встановлена дверцята.

Один кінець манжети кріпиться безпосередньо до бачка, а інший - до передньої кришки ПМ (ці кінці фіксуються спеціальними зажимами і закривають дверцята люка, вони щільно прилягають до кінця манжети і запобігають витіканню води з бачка.

#### Електронні компоненти РМ

Електронний керуючий пристрій є основним елементом управління пральною машиною. Кожен виробник намагається використовувати оригінальний модуль, застосований у виробництві РМ під численними торговими марками одного і того ж виробника, для підтримки "бренду", хоча бувають винятки. Електронний модуль першого покоління (це розподіл умовно) використовується в ПМ з командним пристроєм, в основному він призначений для управління приводним двигуном, а також виконує інші другорядні функції. Модуль 2-го покоління також використовується в ПМ з командними пристроями, але його функціонал набагато ширше. Перерахуємо основні з них:

- Управління додатковою функцією РМ (програма прання управляється

						БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			21





ління (як частина електронного блоку управління РМ).

Датчик.

У сучасних пральних машинах використовується кілька типів датчиків для контролю роботи різних компонентів:

- Температура (NTC і термостат);
- Регулятор частоти обертання двигуна (індуктивний тахогенератор і датчик Холла);
- Рівень води

Що стосується датчика температури NTC, то він має спеціальний провід, обмотаний навколо оправки всередині. Залежно від температури опір датчика змінюється.

Термостат-це контактна група (зазвичай закрита), яка блокує ланцюг при досягненні певної температури. Зазвичай вони встановлюються в ланцюзі живлення нагрівального елемента. З якоїсь причини в той момент, коли температура води в резервуарі досягає критичного значення (зрозуміло, 90 градусів Цельсія), захисний термостат відключає живлення нагрівального елемента. Такий елемент використовується в якості захисного пристрою і в ланцюзі живлення приводного двигуна. У пральних машинах старих моделей також використовуються регульовані термостати. Вони виконують функцію регулювання температури води в Баку. Спеціальна капілярна трубка з'єднує сам датчик з регулятором температури (на передній панелі РМ).

Генератор оstopus призначений для регулювання частоти обертання приводного двигуна. У більшості ПЧ це звичайна котушка, яка розташована на осі приводного двигуна і створює змінну ЕРС під впливом обертового постійного магніту.

У ПЧ з двигуном з прямим приводом для контролю обертів використовується датчик Холла.

В якості датчиків рівня води (пресостатів) використовуються 2 типи датчиків — звичайні за своїм складом і контактним групам електронів. Зви-



## 2 ВЗАЄМОДІЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИНИ З БІЛИЗНОЮ

У пральних і віджимних машинах барабанного типу механічний вплив на тканину здійснюється шляхом перемішування продуктів в пральному барабані, яке полягає в тому, що при обертанні продукти захоплюються горбками, піднімаються і опускаються в рідину під дією власної маси [2,3,7]. У режимі прання гребінець допомагає надати виробу максимальну кінетичну енергію, тобто тканина ковзає по поверхні гребінця, піднімається на максимальну висоту і опускається з максимальною кінетичною енергією. У режимі віджиму, коли відцентрова сила перевищує власну масу вологого продукту, вони притискаються до барабану у вигляді кільця і обертаються разом з ним. При цьому важливою особливістю є рівномірність розподілу продуктів по поверхні барабана, що багато в чому визначає рівень вібрації пральної машини.

Коли ви перемикаєтеся в режим віджиму, продукт починає ковзати по внутрішній поверхні барабана, огинаючи його нерівності, в той час як барабан розганяється до максимальної швидкості обертання. У той же час форма гребенчатої поверхні має великий вплив на рівномірність розподілу продуктів по поверхні барабана при досягненні заданої частоти віджиму і, отже, на рівень вібрації резервуара для очищення.

Параметри гребеня обрані з практичних міркувань при температурі 7°C, і, як правило, в більшості пральних машин похилі сторони гребеня симетричні щодо осі, проведеної через його вершину. Проте, в процесі збирання, кут нахилу вхідного поверхні гребінець повинна бути якомога менше, щоб надати виробу максимальну кінетичну енергію, а при переході в режим віджиму, вона повинна бути якомога більшим для більш рівномірного розподілу продукту по поверхні барабана. Було встановлено, що найкраща якість роботи пральної машини досягається при наступному співвідношенні

						БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			26

кута нахилу протилежної поверхні гребінок: 17 секунд: кут нахилу вхідної поверхні під час прання становить менше 40 секунд, а тиск знижується  $60^\circ$ .

## 2.1 Гідромеханічні процеси в барабанних пральних машинах

При барабанному способі очищення механічний вплив на тканину здійснюється не за рахунок руху потоку миючого розчину, а за рахунок механічного перемішування виробу в пральному барабані. Очевидно, що чим сильніше механічний вплив, тим більше кінетичної енергії передається масі тканини. При низькій швидкості (рис. 2.1, а) виникає режим ковзання. При збільшенні частоти обертання барабана тканина не ковзає, а піднімається на максимальну висоту і опускається з максимальною кінетичною енергією (рис. 1). 2.1, б). При подальшому збільшенні швидкості обертання, Коли відцентрова сила перевищує власну масу вологої тканини, тканина притискається до барабана у вигляді кільця і обертається разом з ним (рис. 2.1, в).

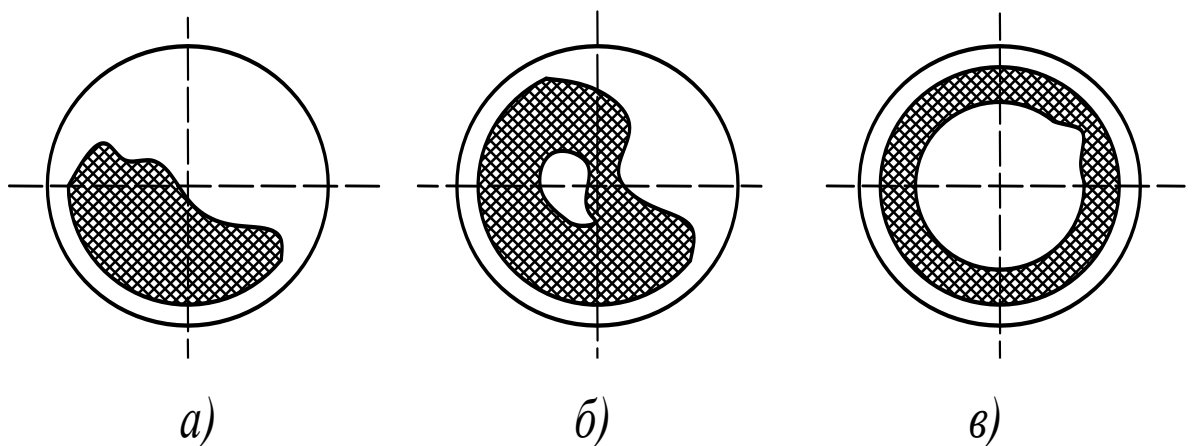


Рисунок 2.1 - Рух тканини в барабані пральної машини

Розглянемо які діють сили (рис. 2.2), на матеріальну точку  $A$  на гребені внутрішньому барабана при пранні. Ця сила тяжіння маси  $F_T$ , направлена вертикально, центрова сила  $F_C$ , направлена по радіусу від центра, і сила тертя  $F_{TP}$ . За законами фізики:

$$F_T = mg; F_{Ц} = m\omega^2 R; F_{TP} = fN_{F_{Ц}}. \quad (2.1)$$

де  $m$  – маса тканини вологої;

$\omega$  – швидкість кутова барабана при пранні;

$R$  – радіус барабана;

$N_{F_{Ц}}$  – нормальна реакція поверхні грані бокової гребеня від сили  $F_{Ц}$

барабана;

$f$  – коефіцієнт тертя ковзання елемента по матеріалу поверхні бокової гребеня.

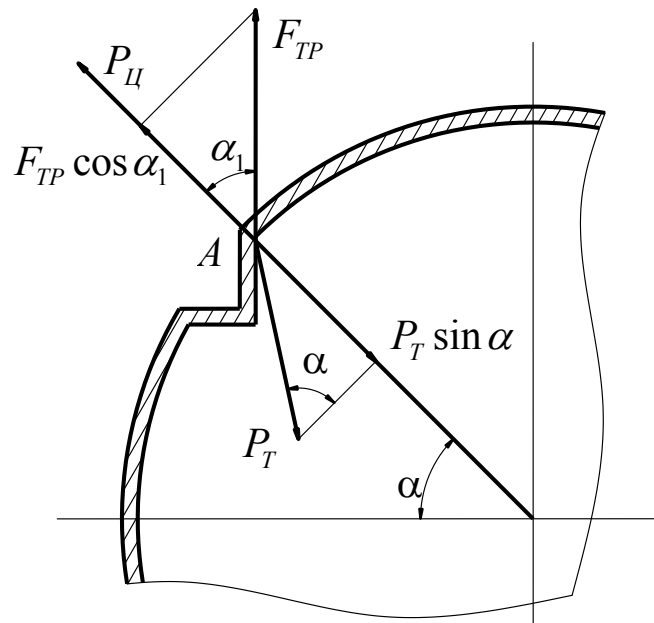


Рисунок 2.2 - Схема сил, що діють на матеріальну точку в процесі прання

Кут  $\alpha$  підйому точки  $A$  відповідає моменту, коли з гребеня виріб починає зісковзувати. При цьому справедлива рівність:

$$F_T \sin \alpha = F_{Ц} + \cos \alpha_1. \quad (2.2)$$

де  $\alpha_1$  – кут нахилу гребеня до площини радіальної.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Рівняння (2.2) з врахуванням (2.1) можна записати у вигляді:

$$mg \sin \alpha = m\omega^2 R + F_{TP} \cos \alpha_1, \quad (2.3)$$

або

$$\sin \alpha = \frac{\omega^2 R}{g} + \frac{F_{TP}}{mg} \cos \alpha_1. \quad (2.4)$$

Максимальний кут підйому  $\alpha = \pi/2$ . Тоді

$$1 = \frac{\omega^2 R}{g} + \frac{F_{TP}}{mg} \cos \alpha_1. \quad (2.5)$$

Враховуючи, що  $\cos \alpha_1 < 1$  і  $F_{TP}/(mg) < 1$ , можна записати:

$$1 = \frac{\omega^2 R}{g} = \frac{m\omega^2 R}{mg}. \quad (2.6)$$

Співвідношення (4.6) називають фактором розділення:

$$\Phi = \frac{F_{ц}}{F_T} = \frac{\omega^2 R}{g} = \frac{4\pi^2 n^2 R}{9,81} \approx 4Rn^2. \quad (2.7)$$

Практично встановлено [7], що розділення оптимальний фактор для пральних машин повинен бути 0,85–0,90. Для барабана діаметром 420 мм частота обертання становить 50–60 об/хв.





ється і не змінює колір. Навіть при частому пранні з використанням інтенсивної програми чиста білизна буде виглядати як нове.

Така машинка-ідеальне рішення для сімей з малюками. Дитячий одяг повністю відпарюється і, незважаючи на часте прання, не старіє швидко, а завжди виглядає чистою і свіжою. Через високі температури всі небезпечні мікроорганізми і алергени гинуть. Це дуже важливо для здоров'я малюка.

### 2.3 Опис додаткової системи зрошення

У вдосконаленій пральній машині пропонується використовувати систему активного зрошення білизни або так званий "дощ".

Аналогами цієї системи є Пральні машини, до складу яких входять баки, перфоровані барабани, насоси для миючих засобів, розчини для полоскання, лінії подачі прісної води і лінії зливу миючих засобів. Під резервуаром розташований резервуар для води, приєднаний до резервуару, і нагрівальний пристрій для зберігання. Лінія подачі прісної води приєднана до резервуару, а лінія відведення води - до насоса. Насосна лінія розділена на лінію подачі миючого засобу і лінію зволоження, орієнтовану на барабан, по якій розчин миючого засобу розпорошується на пральний порошок і закінчується в камері, з'єднаної з перфорованою поверхнею прального барабана.

Ця ідея реалізована в системі зрошення пральної машини Indesit. Недоліком цієї машини є наявність додаткових ліній для змочування і розпилення миючих розчинів в приміщенні на поверхню барабана. У той же час ефективність рециркуляції низька, оскільки проходження миючого засобу і розчину для полоскання утруднено через перфорації барабана на білизні.

						БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			32

Серед інших аналогів розроблюваної системи ви можете вибрати метод попередньої дати обробки білизни, який реалізований в sandy-машині.

Пральна машина оснащена баком, барабаном, лінією подачі води і лінією зливу миючого засобу. На чистячому барабані виконано кілька спеціальних поглиблень, і коли барабан обертається, чистяча рідина зачерпується знизу і подається у верхню частину ємності для очищення, де розчин очищається і заливається в оброблюваний продукт через перфорацію барабана.

Недоліком цього способу є те, що тиск, при якому миючий розчин впливає на оброблену білизну, занадто низька для забезпечення ефективного очищення.

Найближчим аналогом є система JETSYSTEM, реалізована в пральній машині zanussi fls1184, яка означає, що в процесі миття дренажний насос прокачується через сопло в завантажувальному вікні.

Основним недоліком даної системи очищення є нерівномірний розподіл струменів води в барабані. Це пов'язано з тим, що штуцер розташований у верхній частині завантажувального люка, завдяки чому Білизна На передній стінці барабана практично не піддається впливу дощу.

Усунення цього недоліку є основним завданням пропонованої модернізації системи активного зрошення білизни. Тут було запропоновано подавати очищувальну рідину через пристрій для подачі пари. Подача чистячої рідини здійснюється постійно, але при обертанні барабана відбувається сильний перехресний дощ. У той же час, завдяки глибокому проникненню миючого розчину, підвищується ступінь очищення виробу. Але знос білизни при цьому не збільшується.

Пральна машина працює наступним чином: білизна завантажується в барабан і встановлюється програма прання. Подача холодної води з водопровідної мережі здійснюється через електромагнітні клапани і до-



Після закінчення прання білизна центрифугується і розчин миючого засобу відкачується. Потім білизна прополіскується з видаленням розчинних в чистячому розчині речовин і окремих частинок бруду з тканини.

Метод активного зрошення використовується для основного очищення і полоскання. Під час основної чистки в розчині миючого засобу вже не залишається великих частинок бруду, що виключає пошкодження тканини і підвищує ефективність видалення розчину миючого засобу з виробу при полосканні.

Висновок до другого розділу.

У 2-му розділі роботи проаналізовано гідромеханічний процес роботи пральної машини. Виконано розрахунок необхідного обертання барабана пральної машини для забезпечення оптимального режиму прання. Розглянуто особливості роботи машини з функцією подачі пари. Для підвищення міцності і якості прання пропонуються додаткові системи промивного зрошення.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

### 3 РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ВУЗЛІВ МАШИНИ

#### 3.1 Вихідні дані для розрахунку

Маса білизни  $m = 5 \text{ кг}$ ;

Питоме завантаження  $\rho = 1500 \text{ кг/м}^3$ ;

Кутова швидкість для барабану  $\omega = 5 \text{ с}^{-1}$ ;

Діаметр барабану  $D = 0,514 \text{ м}$ ;

Питома маса стінки матеріалу  $\rho_m = 7800 \text{ кг/м}^3$ ;

Товщина стінки  $\delta = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ ;

Діаметр отвору в стінці  $D_{nc} = 0,26 \text{ м}$ ;

Довжина барабану  $L = 0,332 \text{ м}$ ;

Діаметри шківів  $D_1 = 0,06 \text{ м}$ ;  $D_2 = 0,32 \text{ м}$ ;

Вага шківів  $Q_1 = 1,6$ ;  $Q_2 = 3,8$ ;

Міжосьова відстань передачі  $a = 0,36 \text{ м}$ ;

Діаметри валів, що ущільнюються  $d_1 = 0,03 \text{ м}$ ;  $d_2 = 0,03 \text{ м}$ ;

Час розгону барабану  $t = 0,15 \text{ с}$ ;

Маховий момент електродвигуна  $M_{\text{дв}} = 0,02 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$ ;

Площа поперечного перерізу паса  $S_m = 47 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ ;

Кутова швидкість барабану при віджимі  $\omega_{\text{max}} = 146 \text{ рад/с}$ ;

Сила деформації пружини:  $F_1 = 20 \text{ Н}$ ;

Сила пружини при робочій деформації:  $F_2 = 80 \text{ Н}$ .

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

### 3.2 Розрахунок споживаної потужності робочого барабана пральної машини при пранні

У пральній машині з працюючим барабаном момент корисного опору в режимі прання визначається виходячи зі стану рівноваги маси продукту і рідини, що знаходяться в середині барабана [13]. Коли внутрішній барабан обертається, продукт в ньому піднімається під дією гребеня. Одночасно з підйомом продукту піднімається частина рідини. Продукти і рідини складаються з циліндричних сегментів, злегка зміщених від вертикального напрямку обертання рис. 3.1.

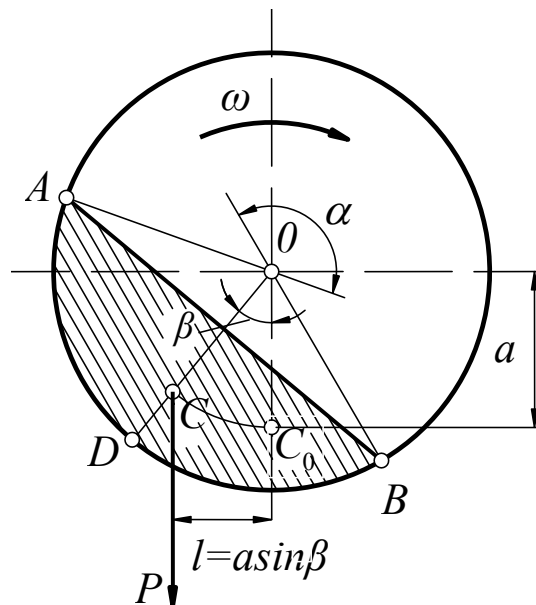


Рисунок 3.1 - Схема навантаження робочого барабана

Визначаємо об'єм машини:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} L, \quad (3.1)$$

де  $D$  – діаметр барабана,  $m$ ;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.

37

$L$  – довжина барабана, м.

$$V = \frac{3,14 \cdot 0,514}{4} 0,332 = 0,069 \text{ м}^3.$$

Висота гребенів визначається  $(0,12 \dots 0,15)D$ . Приймаємо  $h = 0,14D$  [7].

$$h = 0,14 \cdot 0,514 = 0,072 \text{ м}.$$

Площа перерізу поперечного гребенів:

$$S = 0,25\pi D, \quad (3.2)$$

$$S = 0,25 \cdot 3,14 \cdot 0,514 = 0,404 \text{ м}^2.$$

Для визначення вмісту об'єму барабана необхідно визначити рідинний модуль, який для машин пральних вибирається з діапазону  $0,005 \dots 0,007$ .

Приймаємо  $\nu = 0,006 \text{ м}^3/\text{кг}$ .

Тоді, об'єм вмісту барабана визначається за формулою:

$$V_{\text{вб}} = \frac{m}{\rho} + m\nu, \quad (3.3)$$

де  $m$  – маса завантаження, м;

$\rho$  – питома маса завантаження,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

$$V_{\text{вб}} = \frac{5}{1500} + 5 \cdot 0,006 = 0,033 \text{ м}^3.$$

Площа вмісту поперечного перерізу барабана:

$$S_n = \frac{V_{\text{мб}}}{L}, \quad (3.4)$$

де  $L$  – довжина барабана,  $m$ .

$$S_n = \frac{0,033}{0,332} = 0,1 \text{ м}^2.$$

Площа барабана:

$$S = \frac{\pi D^2}{4}, \quad (3.5)$$

$$S = \frac{3,14 \cdot 0,514^2}{4} = 0,207 \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт використання об'єму барабану:

$$K = \frac{S_n}{S}, \quad (3.6)$$

$$K = \frac{0,1}{0,207} = 0,484.$$

Значення центрального кута сегмента  $\alpha$ ,  $rad$  знаходимо з рівняння:

$$K(\alpha) = \frac{\alpha - \sin(\alpha)}{2\pi}, \quad (3.7)$$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Для цього будуюмо залежність  $K = f(\alpha)$ . Задаємося  $\alpha = 0 \dots 2\pi$ .

Таблиця 3.1 - Коефіцієнт використання об'єму барабану

$\alpha$	0	$\pi/6$	$\pi/3$	$\pi/2$	$\pi$	$3\pi/2$	$2\pi$
$K(\alpha)$	0	0,01	0,03	0,1	0,49	0,8	0,99

За результатами табл. 3.1 будуюмо залежність  $K(\alpha)$  рис. 3.2. Для  $K = 0,484$   $\alpha = 3,091$  рад.

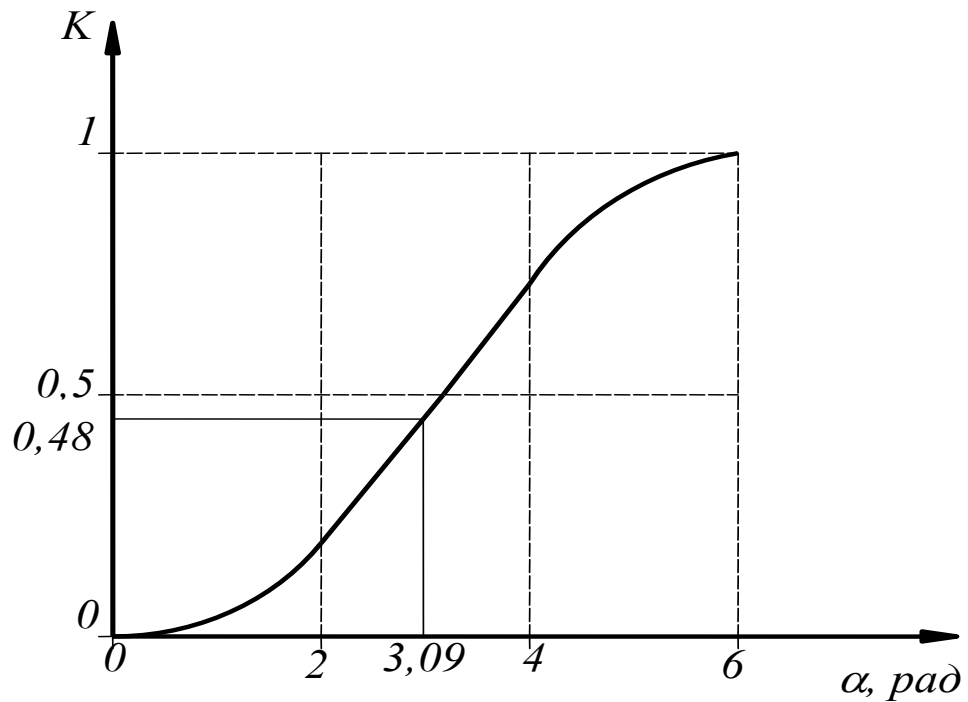


Рисунок 3.2 - Залежність коефіцієнта використання об'єму барабану від центрального кута сегмента

Довжина хорди сегмента:

$$L_x = D \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right), \quad (3.8)$$

$$L_x = 0,514 \sin\left(\frac{3,091}{2}\right) = 0,514 \text{ м.}$$

Відстань від центру ваги сегмента до осі обертання барабану:

$$l = \frac{D}{6} \left( 1 + 2 \cos \left( \frac{\alpha}{2} \right) \right), \quad (3.9)$$

$$l = \frac{0,514}{6} \left( 1 + 2 \cos \left( \frac{3,091}{2} \right) \right) = 0,086 \text{ м.}$$

Об'єм рідини в барабані:

$$V_p = V_{об} - \frac{m}{\rho}, \quad (3.10)$$

$$V_p = 0,033 - \frac{5}{1500} = 0,03 \text{ м}^3.$$

Маса рідини:

$$m_p = \rho_p V_p, \quad (3.11)$$

де  $\rho_p$  – питома маса рідини  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Для води  $\rho_p \approx 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

$$m_p = 1000 \cdot 0,03 = 30 \text{ кг.}$$

Сила ваги вмісту барабана:

$$P = (m + m_p)g, \quad (3.12)$$

де  $g$  – прискорення вільного падіння.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

$$P = (5 + 30) \cdot 9,81 = 343,35 \text{ Н}.$$

Момент опору корисного визначаємо враховуючи коефіцієнт динамічності  $k_{\delta}$ , приймаємо значення в діапазоні 1,1...1,2.[18] Прийmemo  $k_{\delta} = 1,2$ :

$$M_{ко} = k_{\delta}Pl, \quad (3.13)$$

$$M_{ко} = 1,2 \cdot 343,35 \cdot 0,086 = 35,296 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Відстані  $l_1, l_2, l_3$  у першому наближенні знаходимо з співвідношень:

$$\begin{aligned} l_1 &= d_1 + \frac{L}{2}, \\ l_2 &= 2d_2, \\ l_3 &= d_1, \end{aligned} \quad (3.14)$$

де  $d_1$  – діаметри поверхонь валів, що ущільнюються, м.

$$l_1 = 0,03 + \frac{0,03}{2} = 0,196 \text{ м}, \quad l_2 = 2 \cdot 0,03 = 0,06 \text{ м}, \quad l_3 = 0,03 \text{ м}.$$

Маса стінок барабана:

– маса передньої стінки барабана:

$$m_{nc} = \frac{\pi}{4} \delta \rho_m (D^2 - D_{nc}^2), \quad (3.15)$$

де  $\delta$  – товщина стінки, м;

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

$\rho_m$  – питома маса стінки матеріалу,  $кг/м^3$ ;

$D_{nc}$  – діаметр отвору в передній стінці,  $м$ .

$$m_{nc} = \frac{3,14}{4} \cdot 0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 7800 \cdot (0,514^2 - 0,26^2) = 0,361 \text{ кг};$$

– маса ободу:

$$m_{об} = \pi D L \delta \rho_m, \quad (3.16)$$

$$m_{об} = 3,14 \cdot 0,514 \cdot 0,332 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 7800 = 1,254 \text{ кг};$$

– маса задньої стінки барабана:

$$m_{зс} = \frac{\pi}{4} \delta \rho_m D^2, \quad (3.17)$$

$$m_{зс} = \frac{3,14}{4} \cdot 0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 7800 \cdot 0,514^2 = 0,486 \text{ кг}.$$

Сила ваги барабана:

$$P_{\delta} = (m_{nc} + m_{об} + m_{зс}) g, \quad (3.18)$$

$$P_{\delta} = (0,361 + 1,254 + 0,486) \cdot 9,81 = 20,614 \text{ Н}.$$

Кут обхвату меншого шківa:

$$\alpha_{ш} = \pi - \frac{\pi}{3} \cdot \frac{D_2 - D_1}{a}, \quad (3.19)$$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

де  $a$  – міжосьова відстань передач, м;

$D_1, D_2$  – діаметри шківів, м.

$$\alpha_{uu} = 3,14 - \frac{3,14}{3} \cdot \frac{0,32 - 0,06}{0,365} = 2,396 \text{ м.}$$

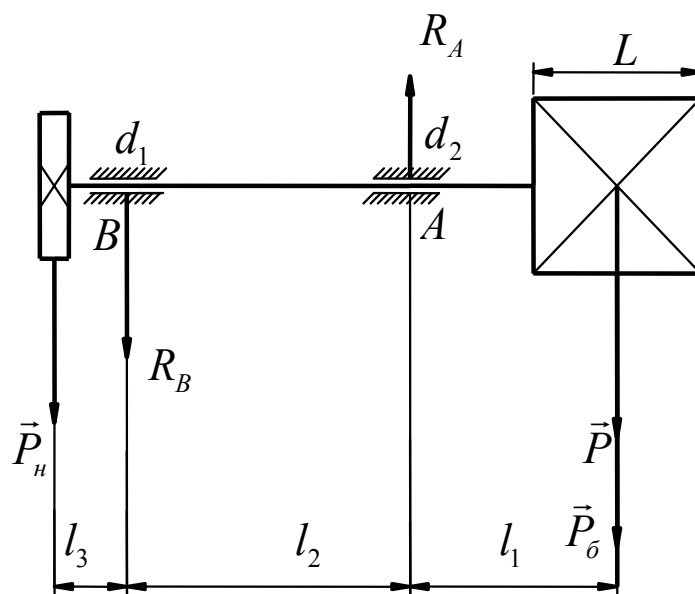
Сила приводного натягу паса при допустимому напруженні. Допустиме напруження приймаємо  $\sigma_n = 1,6 \cdot 10^6 \text{ Па}$  [20]:

$$P_n = 2\sigma_n S_{nn} \sin\left(\frac{\alpha_{uu}}{2}\right), \quad (3.20)$$

де  $S_{nn}$  – площа поперечного перерізу паса,  $\text{м}^2$ .

$$P_n = 2 \cdot 1,6 \cdot 10^6 \cdot 47 \cdot 10^{-6} \sin\left(\frac{2,396}{2}\right) = 140,06 \text{ Н.}$$

Реакцію опор знаходимо з рисунка 3.3.



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.

44

Рисунок 3.3 - Схема навантаження вала пральної машини барабанного типу з фронтальним завантаженням

$$R_A = \frac{P(l_1 + l_2) + P_o(l_1 + l_2) - P_n l_3}{l_2}, \quad (3.21)$$

$$R_A = \frac{343,35 \cdot (0,196 + 0,06) + 20,614 \cdot (0,196 + 0,06) - 140,06 \cdot 0,03}{0,06} = 1,483 \cdot 10^3 \text{ Н.}$$

$$R_B = \frac{(P + P_o)l_1 - P_n(l_2 + l_3)}{l_2}, \quad (3.22)$$

$$R_B = \frac{(343,35 + 20,614) \cdot 0,196 - 140,06 \cdot (0,06 + 0,03)}{0,06} = 978,86 \text{ Н.}$$

Для перевірки сил запишемо рівняння, проектуючи на вісь ординат:

$$\begin{aligned} -P - P_o + R_A - R_B - P_n &= 1,137 \cdot 10^{-13}, \\ -343,35 - 20,614 + 1,483 \cdot 10^3 - 978,86 - 140,06 &= 1,137 \cdot 10^{-13}. \end{aligned}$$

Момент опору від сил тертя для підшипників кулькових при коефіцієнті тертя із діапазону 0,001...0,004. Приймаємо  $f = 0,002$  [20].

$$M_{mp} = f \left( R_A \frac{d_1}{2} + R_B \frac{d_2}{2} \right), \quad (3.23)$$

де  $d_1, d_2$  – діаметри поверхонь, валів що ущільнюється, м.

$$M_{mp} = 0,002 \cdot \left( 1,483 \cdot 10^3 \cdot \frac{0,03}{2} + 978,86 \cdot \frac{0,03}{2} \right) = 0,074 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Коефіцієнт тертя в ущільненнях:

$$f_1 = 1,1 \left[ \frac{0,8}{\left( \omega \frac{d_1}{2} + 1 \right)^{4/3}} + 0,2 \right], \quad (3.24)$$

де  $\omega$  – кутова швидкість барабану,  $c^{-1}$ .

$$f_1 = 1,1 \cdot \left[ \frac{0,8}{\left( 5 \cdot \frac{0,03}{2} + 1 \right)^{4/3}} + 0,2 \right] = 1,019.$$

$$f_2 = 1,1 \left[ \frac{0,8}{\left( \omega \frac{d_2}{2} + 1 \right)^{4/3}} + 0,2 \right], \quad (3.25)$$

$$f_2 = 1,1 \cdot \left[ \frac{0,8}{\left( 5 \cdot \frac{0,03}{2} + 1 \right)^{4/3}} + 0,2 \right] = 1,019.$$

Сумарний момент від сил тертя в ущільненнях:

$$M = M_{ко} + M_{mp}, \quad (3.26)$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$M = 35,296 + 0,074 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Необхідна потужність двигуна при пранні в усталеному режимі при ККД  $\eta = 0,98$ :

$$N_{\text{усм}} = \frac{M\omega}{\eta}, \quad (3.27)$$

$$N_{\text{усм}} = \frac{35,37 \cdot 5}{0,98} = 180,46 \text{ Вт}.$$

### 3.3 Розрахунок потужності пускової барабана пральної машини

Момент інерції барабана:

$$I_{\bar{o}} = \left(\frac{D}{2}\right)^2 + \frac{m_{nc}}{2} \left[ \left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{D_{np}}{2}\right)^2 \right] + \frac{m_{об}}{2} \left(\frac{D}{2}\right)^2, \quad (3.28)$$

де  $D$  – діаметр барабану, м;

$m_{об}$  – маса обводу, кг;

$m_{nc}$  – маса передньої стінки, кг;

$D_{nc}$  – діаметр отвору в передній стінці, м.

$$\begin{aligned} I_{\bar{o}} &= 1,254 \cdot \left(\frac{0,514}{2}\right)^2 + \frac{0,361}{2} \cdot \left[ \left(\frac{0,514}{2}\right)^2 - \left(\frac{0,26}{2}\right)^2 \right] + \frac{1,254}{2} \cdot \left(\frac{0,514}{2}\right)^2 = \\ &= 0,14 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \end{aligned}$$

Маса мокрих виробів:

						БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			47

$$m_m = m + 2,25 \cdot 10^{-3} m \rho_p, \quad (3.29)$$

де  $m$  – маса завантаження, кг;

$\rho_p$  – питома маса рідини,  $\rho_p \approx 1000 \text{ кг/м}^3$ .

$$m_m = 5 + 2,25 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 1000 = 16,25 \text{ кг}.$$

Маса рідини, яка при обертанні барабана захоплюється виробами:

$$m_{zp} = 0,15(\rho_p V_p m - 2,25 \cdot 10^3 m \rho_p), \quad (3.30)$$

де  $V_p$  – об'єм рідини в барабані  $\text{м}^3$ .

$$m_{zp} = 0,15 \cdot (1000 \cdot 0,03 \cdot 5 - 2,25 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 1000) = 20,8 \text{ кг}.$$

Момент інерції виробів і миючого розчину з рівняння:

$$I_k = \frac{m_m + m_{zp}}{2} \left( \frac{D}{2} \right)^2 \cdot \left( 1 + \frac{1}{6} \cdot \frac{2 \sin \alpha - \sin 2\alpha}{\alpha - \sin \alpha} \right), \quad (3.31)$$

де  $\alpha$  – кут сегмента, рад.

$$I_k = \frac{20,8 + 16,25}{2} \cdot \left( \frac{0,514}{2} \right)^2 \cdot \left( 1 + \frac{1}{6} \cdot \frac{2 \cdot \sin 3,091 - \sin 2 \cdot 3,091}{3,091 - \sin 3,091} \right) = 1,12 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Моменти інерції шківів:

$$I_{u1} = \frac{0,6Q_1D_1^2}{4g}; I_{u2} = \frac{0,6Q_2D_2^2}{4g}, \quad (3.32)$$

де  $Q_1, Q_2$  – вага шківів, кг;

$D_1, D_2$  – діаметри шківів, м.

$$I_{u1} = \frac{0,6 \cdot 1,6 \cdot 0,06^2}{4 \cdot 9,81} = 0,0001 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$I_{u2} = \frac{0,6 \cdot 3,8 \cdot 0,32^2}{4 \cdot 9,81} = 0,0059 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Момент інерції ротора двигуна:

$$I_{\delta} = \frac{M_{\delta\delta}}{4g}, \quad (3.33)$$

де  $M_{\delta\delta}$  – маховий момент електродвигуна,  $\text{Н} \cdot \text{м}^2$ .

$$I_{\delta} = \frac{0,02}{4 \cdot 9,81} = 0,00001 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Приведений момент інерції до вала двигуна:

$$I_{np} = (I_{\delta} + I_k + I_{u2}) \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^2 + I_{u1} + I_{\delta}, \quad (3.34)$$

$$I_{np} = (0,14 + 1,12 + 0,0059) \left( \frac{0,06}{0,32} \right)^2 + 0,0001 + 0,00001 = 1,2 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Динамічний момент на валу електродвигуна:

$$N_{II} = M_{\text{дег}} \omega \frac{D_2}{D_1} + 0,6 N_{\text{уст}} + \frac{Pl(2 - \cos \alpha)}{t}, \quad (3.35)$$

де  $P$  – сила ваги вмісту барабана,  $H$ ;

$l$  – відстань від центру ваги сегмента до осі обертання барабану,  $m$ ;

$t$  – час розгону барабана,  $s$ .

$$N_{II} = 21,1 \cdot 5 \cdot \frac{0,32}{0,06} + 0,6 \cdot 180,46 + \frac{140,06 \cdot 0,086 \cdot (1 - \cos 3,091)}{0,15} = 670 \text{ Вт}.$$

### 3.4 Розрахунок тиску для утворення пари заданої температури

За табличними даними температури [9] знаходимо кипіння води в бойлері.

При  $P = 0,3$  МПа  $T = 132,8^\circ C$ .

При  $P = 0,35$  МПа  $T = 138,1^\circ C$ .

При  $P = 0,4$  МПа  $T = 142,8^\circ C$ .

При  $P = 0,45$  МПа  $T = 147,2^\circ C$ .

При  $P = P_{\text{max}} = 0,5$  МПа  $T = 151,1^\circ C$ .

### 3.5 Розрахунок потужності електронагрівача парогенератора

Розрахуйте потужність електронагрівача для встановленого режиму роботи парогенератора.

						БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			50

Потужність електронагрівача витрачається на нагрів і кип'ятіння води, а також на обігрів навколишнього середовища (тепловтрати) [6]:

$$W = W_{\text{нагр}} + W_{\text{випар}} + W_{\text{втр}}, \quad (3.36)$$

де  $W_{\text{нагр}}$  - витрати нагрівання потужності на воді до температури кипіння в бойлері;  $W_{\text{випар}}$  - витрати потужності на процес пароутворення;  $W_{\text{втр}}$  - витрати потужності через теплоізоляцію бойлера.

Враховуйте енергоспоживання кожного типу окремо. У той же час ми вважаємо, що технологічний процес добре налагоджений, тобто температура води і пари в котлі постійна, а насос забезпечує постійну продуктивність.

3.5.1 Розрахунок потужності, що витрачається на нагрівання води до температури кипіння

Вода безперервно закачується під тиском в бак котла при температурі навколишнього середовища за допомогою насоса. В котлі вона нагрівається до температури кипіння.

Вартість теплової енергії для нагріву води можна визначити за такою формулою:

$$W_{\text{нагр}} = Q_m \cdot C_m \cdot (T_{\text{кип}} - T_0), \quad (3.37)$$

де  $C_m$  - питома теплоємність води  $\left( C_m = 4100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \right)$ .

Температура середовища навколишнього, а відповідно і початкова температура води  $T_0 = 20^\circ\text{C}$ , тоді маємо:

$$W_{\text{нагр}} = 8,3 \cdot 10^{-4} \cdot 4100 \cdot (147 - 20) = 432,2 \text{ Вт}.$$

3.5.2 Розрахунок потужності, що витрачається на пароутворення

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Нехай маса води за певний проміжок часу  $\Delta t$  випаровується  $\Delta m$ , яку можна визначити з рівняння:

$$\Delta m = \frac{W_{нагр} \cdot \Delta t}{\lambda}, \quad (3.38)$$

де  $\lambda$  - питома теплота пароутворення.

З формули (3.38) для визначення потужності отримуємо рівняння, що витрачається на кипіння води в усталеному режимі без врахування втрат тепла в навколишнє середовище:

$$W_{нагр} = \frac{\lambda \cdot \Delta m}{\Delta t} = \lambda \cdot Q_m, \quad (3.39)$$

де  $Q_m$  - масова продуктивність насоса парогенератора.

Залежність теплоти пароутворення питомої води від тиску, при відповідній йому температурі кипіння знаходимо за формулою:

$$\lambda = 2,0527 \cdot 10^6 \cdot P^{-0,0424}, \quad (3.40)$$

де  $\lambda$  - в Дж/кг;  $P$  - в МПа.

Питома теплота пароутворення води при тиску  $P = 0,45$  МПа і температурі:  $T = 147,2$  °С знайдемо складає:

$$\lambda = 2,0527 \cdot 10^6 \cdot 0,45^{-0,0424} = 2,1 \cdot 10^6 \text{ Дж / кг.}$$

Приймаємо продуктивність парогенератора 50 г/хв ( $8,3 \cdot 10^{-4}$  кг/с).

Тоді потужність, що витрачається в усталеному режимі на кипіння води без врахування втрат тепла в навколишнє середовище:

$$W_{випар} = 2,1 \cdot 10^6 \cdot 8,3 \cdot 10^{-4} = 1743 \text{ Вт.}$$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Корисна потужність, що необхідна для випаровування води:

$$W_{нагр} + W_{випар} = 432,2 + 1743 = 2175,2 \text{ Вт}.$$

Для того щоб розрахувати втрати потужності через ізоляцію котла, необхідно розташовувати даними про тип габаритів електронагрівача, а також геометричних розмірах корпусу котла, які залежать від типу і товщини ізоляції. Тому заздалегідь вибирайте електронагрівач корисною потужністю 2175 Вт з певним запасом.

### 3.5.3 Вибір електронагрівача

Пропонується використовувати спіральний нагрівальний елемент Примітка-Мікроспіраль.

ТЕХНІЧНІ характеристики нагрівального елемента і допустимі відхилення в примітках-Мікроспіраль:

- Робоча напруга до 250 В;
- Витримує високий тиск (холод) 800 В;
- Опір ізоляції (на холоді): 500 в >5 Мом ;
- Температура поверхні: не більше 750 °С;
- Ізольований провід RTRE витримує температуру до 260 ° С;
- Допустиме відхилення зусилля (в холодному стані) ±5%;
- Матеріал корпусу-нержавіюча сталь або нікель.

У нашому випадку ми попередньо вибираємо нагрівальний елемент потужністю близько 2200 Вт.

Довжину намотування нагрівального елемента на циліндричну поверхню бака парогенератора І можна приблизно розрахувати за такою формулою:

$$l = \frac{L}{\pi \left( D_0 + \frac{\delta_{ел}}{2} \right)} \cdot (b + \Delta), \quad (3.41)$$



Цей матеріал використовується у вигляді тонких листів або смуг для теплоізоляції технічного обладнання.

Для розрахунку візьміть наступні значення параметрів:

- Температура під ізоляцією  $T_1=150$  0С;
- Температура поверхні теплоізоляції:  $T_6=50$  0С;
- Температура навколишнього середовища  $T_0=20$  0С;

$a_2$ -коефіцієнт теплопередачі від ізолюючої поверхні до навколишнього середовища при температурі поверхні до 200°С.  $a_2$  визначається за наступним рівнянням:

$$a_2 = 9,76 + 0,07\Delta T, \quad (3.43)$$

де  $\Delta T$  - різниця поверхні температур стінки і навколишнього повітря.

$$\Delta T = T_6 - T_0 = 50 - 20 = 30^0C;$$

$$a_2 = 9,76 + 0,07 \cdot 30 = 11,86 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}.$$

Тоді товщина шару ізоляції:

$$\delta_{із} = \frac{0,032 \cdot (150 - 50)}{11,86 \cdot (50 - 20)} = 0,0089 м.$$

Приймаємо  $\delta_{із} = 9$  мм.

3.5.5 Визначення втрат потужності на нагрівання повітря від зовнішньої поверхні резервуару бойлера парогенератора.

Втрати потужності можна визначити на нагрівання повітря за формулою:

$$W_{втр} = a_2 \cdot S_6 (T_6 - T_0), \quad (3.44)$$

де  $S_{\delta}$  - площа поверхні бойлера з кожухом теплоізоляції.

$$S_{\delta} = S_{\text{цил}} + 2S_{\text{кр}}, \quad (3.45)$$

де  $S_{\text{цил}}$  - площа циліндричної поверхні;  $S_{\text{кр}}$  - площа кришок.

$$S_{\text{цил}} = \pi D_{\text{цил}} \cdot L_{\text{цил}}, \quad (3.46)$$

де  $D_{\text{цил}}$  - діаметр кожуха бойлера;  $L_{\text{цил}}$  - довжина бойлера.

$$S_{\text{кр}} = \frac{\pi D_{\text{цил}}^2}{4}. \quad (3.47)$$

З урахуванням (3.46) і (3.47), формула (3.44) приймає вигляд:

$$W_{\text{втр}} = a_2 \cdot \pi \left( D_{\text{цил}} \cdot L_{\text{цил}} + \frac{2D_{\text{цил}}^2}{4} \right) (T_{\delta} - T_0). \quad (3.48)$$

Діаметр циліндра  $D_{\text{цил}}$  визначається з урахуванням профілю товщини електронагрівального елемента  $\delta_{\text{ел}}$ , товщини теплоізоляції  $\delta_{\text{із}}$  і зовнішнього кожуха  $\delta_{\text{кож}}$  :

$$D_{\text{цил}} = D_{\delta} + 2\delta_{\text{ел}} + 2\delta_{\text{із}} + 2\delta_{\text{кож}}.$$

$$D_{\text{цил}} = 0,03 + 2 \cdot 0,004 + 2 \cdot 0,009 + 2 \cdot 0,0005 = 0,058 \text{ мм.}$$

Підставляємо розрахункові данні в (3.48) і отримуємо:

$$W_{\text{втр}} = 11,86 \cdot 3,14 \cdot \left( 0,058 \cdot 0,175 + \frac{0,058^2}{2} \right) (50 - 20) = 13,2 \text{ Вт}.$$

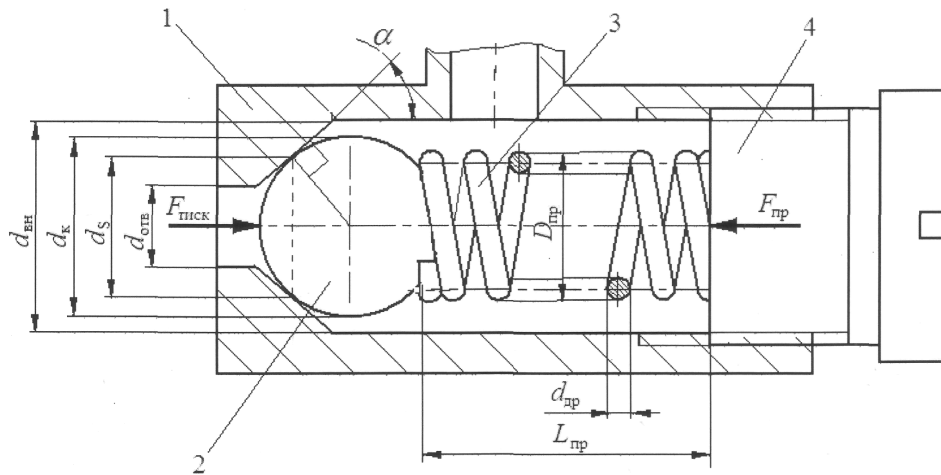
Повна потужність за формулою (3.36) становитиме:

$$W = 432,2 + 1743 + 13,2 = 2188,4 \text{ Вт}.$$

Запас потужності вибраного нагрівача становить 11,6 Вт, або 0,5 %.

### 3.6 Розрахунок конструкції запобіжного клапана

Схема для розрахунку тиску клапана парогенератора представлена на рис. 3.4.



1 - корпус; 2 - куляка; 3 - пружина; 4 - регулювальний гвинт;  $D_{\text{пр}}$  - зовнішній діаметр пружини;  $d_{\text{вн}}$  - внутрішній діаметр корпусу клапану;  $d_{\text{к}}$  - діаметр куляки клапану;  $d_{\text{с}}$  - діаметр перерізу контакту куляки з сідловиною клапану;  $d_{\text{отв}}$  - діаметр вхідного отвору клапану;  $d_{\text{др}}$  - діаметр дроту пружини;  $L_{\text{пр}}$  - довжина пружини в робочому стані;  $F_{\text{тиск}}$  - сила дії тиску на куляку клапану;  $F_{\text{пр}}$  - сила попереднього стискання пружини;  $\alpha$  - кут конусності сідла клапана

Рисунок 3.4 - Схема для розрахунку запобіжного клапана:

Умовою відкриття клапану є рівновага всіх сил:

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$F_{\text{пр}} = F_{\text{тиск}} \cdot \quad (3.49)$$

Сила  $F_{\text{тиск}}$ , що діє на кульку клапану в результаті наявності тиску надлишкового  $P_{\text{пар}}$  в бойлері може бути визначеною за формулою:

$$F_{\text{тиск}} = P_{\text{пар}} \cdot \frac{\pi d_s^2}{4}. \quad (3.50)$$

Діаметр перетину контакту кульки з сідлом клапана визначимо з геометричних міркувань (рис. 3.4)

$$d_s = d_k \cos(90 - \alpha). \quad (3.51)$$

Підставляємо (3.51) в (3.50) і отримуємо формулу для розрахунку дії сили тиску на кульку клапана:

$$F_{\text{тиск}} = P_{\text{пар}} \cdot \frac{\pi (d_k \cos(90 - \alpha))^2}{4}. \quad (3.52)$$

Робочий тиск в бойлері парогенератора становить  $P = 0,45$  МПа. Приймаємо діаметр кульки  $d_k = 5$  мм, кут  $\alpha = 45^\circ$ , тоді

$$F_{\text{тиск}} = 0,45 \cdot \frac{3,14(5 \cdot \cos(90 - 45))^2}{4} = 1,4Н.$$

Згідно до конструктивного виконання тиску клапана пружина повинна працювати на стискання.

Зусилля  $P$ , що виникає при стисканні пружини залежить від її основних параметрів і визначається за формулою:

$$F_{\text{пр}} = \frac{\Delta L \cdot G \cdot d_{\text{др}}^4}{8D^3 \cdot n}, \quad (3.53)$$

де  $G$  - модуль зсуву сталі дроту;  $D$  - середній діаметр навивки пружини.  
За умови рівноваги (3.49), формула (3.53) може бути записана у вигляді:

$$F_{\text{тиск}} = \frac{\Delta L \cdot G \cdot d_{\text{др}}^4}{8D^3 \cdot n}. \quad (3.54)$$

Індекс пружин діаметром навивки  $D=3...5$  мм становить  $c = \frac{D}{d_{\text{др}}} = 4...10$ . Приймаємо попередньо  $c = 9$ .

Тоді рівняння (3.54) приймає вигляд:

$$F_{\text{тиск}} = \frac{\Delta L \cdot G \cdot d_{\text{др}}^4}{52488 \cdot n}. \quad (3.55)$$

Діаметр пружини приймаємо  $D = 4,5$  мм, тоді  $d_{\text{др}} = \frac{4,5}{9} = 0,5$  мм. Жорсткість пружини з формули (3.55) визначається за виразом:

$$C = \frac{G \cdot D}{52488 \cdot n}. \quad (3.56)$$

Приймаємо кількість витків  $n = 10$ , матеріал пружини - сталь 70С2ХА, крок пружини 1,4 мм.

Тоді її довжина в ненавантаженому стані становитиме:

$$L_{\text{пр}} = n \cdot t = 10 \cdot 1,4 = 14 \text{ мм.}$$

Жорсткість пружини:

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

$$C = \frac{78000 \cdot 4,5}{52488 \cdot 10} = 0,672 \text{ Н / мм.}$$

Величина стиснення необхідного пружини для забезпечення тиску 0,45 МПа становитиме:

$$\Delta L = \frac{1,4}{0,672} = 2,1 \text{ мм.}$$

Повне число витків стиснення пружини повинне бути на 1,5 - 2 витки більше числа витків робочих (отриманого за розрахунком), оскільки крайні витки, дотичні з опорними тарілками, практично не беруть участь в деформації пружини. Тоді довжина пружини повна становитиме:

$$L_{\text{пр}} = 14 + 2 \cdot 0,5 = 15 \text{ мм.}$$

### 3.7 Розрахунок товщини стінки обичайки бойлера парогенератора

Елементи оболонки розраховуються при навантаженнях внутрішнім тиском відповідно до норми [13] з використанням формули, заснованої на миттєвій теорії оболонки і третьої гіпотези міцності [17]. При цьому вводяться відповідні обмеження на конструктивні параметри пристрою. 1. Одне з основних обмежень можна знайти в наступній формулі::

$$\frac{\delta}{D} \leq 0,1, \quad (3.57)$$

Де товщина стінки корпусу дорівнює мм, А D - Розрахунковий діаметр (внутрішній діаметр пристрою).

У конструкції корпусу цього пристрою умова (3.57) виконується зі значним запасом, і напружений стан в корпусі можна вважати рівним відповідно до рівняння:

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

$$\sigma_1 = \sigma_\tau; \quad (3.58)$$

$$\sigma_2 = \sigma_m; \quad (3.59)$$

$$\sigma_3 = \sigma_p \approx 0, \quad (3.60)$$

де  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  - напруження в оболонці корпусу;  $\sigma_\tau$  - тангенціальне напруження;  $\sigma_m$  - меридіанне напруження, МПа;  $\sigma_p$  - нормальне (радіальне) напруження.

Оскільки для оболонок  $\sigma_\tau$  менше даних рівне  $\sigma_m$  та умова міцності за наявності швів зварних має вид рівняння:

$$\sigma_{екв(3)} = \sigma_1 - \sigma_3 = \sigma_\tau \leq \psi[\sigma], \quad (3.61)$$

де  $\sigma_{екв(3)}$  - еквівалентне напруження;  $\psi$  - коефіцієнт міцності подовжнього зварного шва.

Отже, використовуючи цю умову міцності та відомі залежності, можна визначити дотичні напруги різних типів оболонок та розрахувати необхідну товщину для будь-якої з них.

Товщина стінок циліндричної оболонки пристрою визначається за такою формулою::

$$\delta = \frac{PD_{вн}}{2\psi[\sigma] - P}, \quad (3.61)$$

де  $P$  - розрахунковий тиск на обичайку, МПа.

Коефіцієнт міцності зварного шва  $C$  визначається в залежності від типу шва. Ми вибираємо автоматичне дугове зварювання і приймаємо значення  $=0,7$ .

Вираз (3.61) справедливо, якщо виконується умова (3.57).

Для виготовлення корпусу котла ми вибираємо нержавіючу сталь 12X18H10T.

Сплав 12X18H10T має наступний хімічний склад: залізо (в основному), вуглець (менше 0,12%), хром (17...19%), Марганець (менше 2%), нікель (9-11%), сірка (менше 0,02%), кремній (менше 0,8%), титан (близько 0,8%). Сталь цієї марки широко застосовується в різних областях. Так, з неї виготовляють конструкції, що працюють в агресивних середовищах (азотній кислоті та інших окислювачах). Така сталь використовується при виготовленні теплообмінних апаратів, труб і ємностей.

Сталь 12X18H10T витримує корозію при температурах до 900 градусів, добре піддається гарячій обробці і добре зварюється ручним і автоматичним зварюванням.

Товщина стінки корпусу котла не повинна бути менше:

$$\delta = \frac{0,45 \cdot 30}{2 \cdot 0,7 \cdot 144 - 0,45} = 0,07 \text{ мм.}$$

Оскільки за умовою міцності стінка може дуже бути тонкою, для забезпечення жорсткості приймаємо  $\delta = 0,5$  мм.

За умовою (3.57)  $\frac{\delta}{D} = \frac{0,5}{30} = 0,017 \leq 0,1$ , отже розрахунок коректний.

### 3.8 Вибір насоса парогенератора

Для парогенератора вибираємо соленоїдного типу насос НТ-1 закордонного виробництва.

Продуктивність 40...60 г/хв.

						БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			62

Максимальний тиск 0,48 МПа.

Напруга живлення 110...240В.

Потужність 12...14 Вт.

Максимальна температура води 90°C.

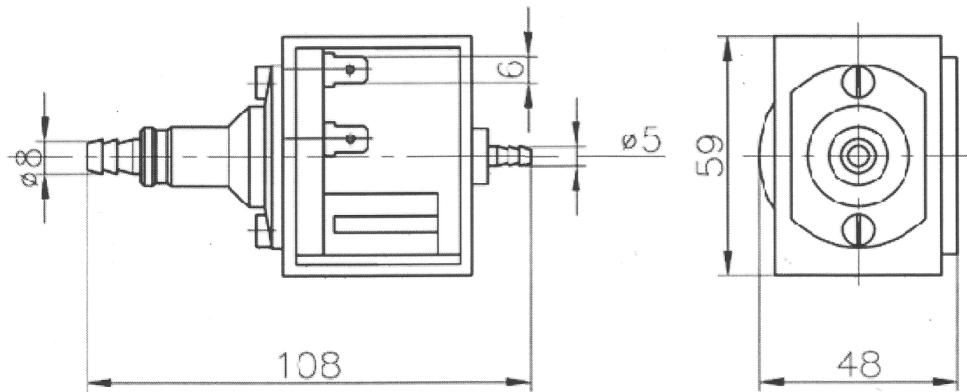


Рисунок 3.5 - Насос НТ-1

Висновки до третього розділу.

У 3-му розділі роботи було проведено безліч розрахунків, що підтверджують працездатність запропонованої конструкції. Зокрема, розрахована споживана потужність робочого барабана пральної машини під час прання. Також розраховано зусилля запуску барабана пральної машини. Проведено розрахунок теплового режиму роботи, потужності електронагрівача парогенератора, теплоізоляції корпусу котла корпусу котла парогенератора, запобіжного клапана і парогенератора на міцність при дії тиску пари..

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.

63

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведено огляд та аналіз існуючих техніко-впроваджувальних рішень по темі кваліфікаційної роботи. Встановлено методи підвищення продуктивності побутових пральних машин.

Розглянуто технічний процес прання в побутовій пральній машині. Проаналізовано гідромеханічний процес у барабанній пральній машині. У даній статті описані особливості роботи машини з функцією подачі пари. Для підвищення міцності і якості прання пропонуються додаткові системи зрошення для прання.

Було проведено безліч розрахунків, що підтверджують працездатність запропонованої конструкції. Зокрема, розраховується споживання і пускова потужність робочого барабана пральної машини під час прання.

Проведені розрахунки потужності електронагрівача парогенератора, теплоізоляції корпусу котла парогенератора, запобіжного клапана на міцність під дією тиску пари і корпусу котла.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання / А. В. Гайдамака. – Харків : НТУ «ХПІ», 2020. – 275 с.
2. Петко І.В., Усольцев О.М. Аналіз механічного впливу на матеріал під час обробки в барабані з гребенями, що обертається //Вісник Технологічного університету Поділля: Науковий журнал. - Хмельницький, ТУ Поділля, 2000. -№ 5. - Частина І. - С. 30-32.
3. Воляник О. Ю. Дослідження руху матеріальної точки під дією інтенсифікаторів раціональної форми перерізу у барабанних пральних машинах. / О.Ю. Воляник, І.В. Петко // Українсько-польські наукові діалоги. – 2017. – С.172-173.
4. ДСТУ 2721-94. Машини пральні побутові. Загальні технічні умови. - Чинний від 01.07.95. - К.: Держстандарт України,1994. - 108 с.
5. Гузенко Ю. М. Барабан прально-віджимної машини. Патент України на корисну модель №UA88018 від 25.02.14, Бюл. №4.
6. Летічевський І.М. Методика теплових розрахунків прального обладнання. - Київ: Техніка, 1990 р. – 325 с.
7. Петко І. В., Біла Т. Я., Стаценко В. В. Визначення впливу конструктивних та технологічних факторів на якість відпирання білизни в автоматичних пральних машинах. К. : Вісник КНУТД №3., 2013 – с. 208-210.
8. Пральна машина з функцією пари: повний посібник з вибору найкращих тканин для прання цим способом. URL: [https://www.candy-home.com/uk\\_UA/blog/](https://www.candy-home.com/uk_UA/blog/) (дата звернення: 12.05.2024).
9. Константинов С. М. Теоретичні основи теплотехніки : підручник / С. М. Константинов, Є. М. Панов. – К. : Золоті ворота, 2012. – 592 с.
10. Мандрус В. І., Лещій Н. П., Зв'ягін В. М. Машинобудівна гідравліка. Задачі та приклади розрахунків. – Львів: Світ, 1995. – 264с.

						БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			65



Додаток А

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67