

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

Удосконалення робочих органів
барабанної пральної машини

Галузь знань 14 Електрична інженерія
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Спеціалізація Електропобутова техніка


Шифр МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Виконав студент
2 курсу група ЕТМ-23-1


Підпис

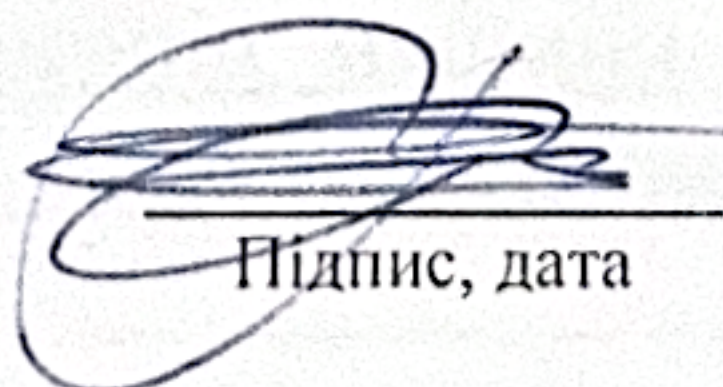
Галунко В.О.
Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

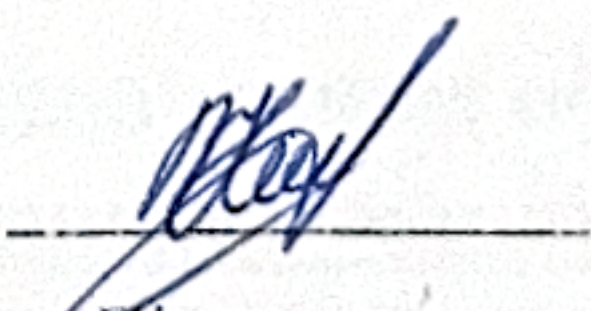
к.т.н., доц. Романець Т.П.
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер


Підпис, дата

к.т.н. доц. Тимошенко
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри МАЕЕС


Підпис, дата

к.т.н., доц. Неймак В.С.
Ініціали, прізвище

17 12 2024 р.

Хмельницький 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

Освітній рівень магістр

Галузь знань 14 Електрична інженерія

Шифр і назва

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

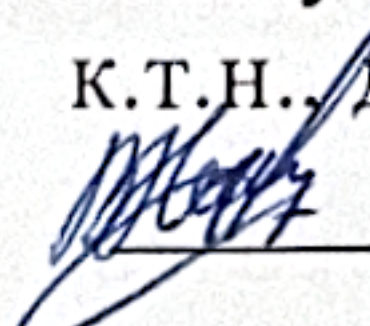
Шифр і назва

Освітня програма «Електропобутова техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС

к.т.н., доц. Неймак В.С.

 . 12 .2024р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Галунко Віталій Олегович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Удосконалення робочих органів барабанної 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 26 08 2024 р. № 60

2. Строк подання студентом роботи на кафедру _____

3. Вихідні дані до роботи звіт з переддипломної практики, технічні характеристики пральних машин

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

Вступ. 1. Огляд та аналіз конструкцій робочих органів барабанних пральних машин. 2. Взаємодія робочих органів машини з білиною. 3. Розрахунок основних вузлів машини. Перелік джерел посилання.

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

1. Рух білизни в барабані пральної машини (ДІ, А1). 2. Взаємодія робочих органів машини з білиною (ДТ, А1). 3. Креслення пральної машини (ГК, А1). 4. Аналіз навантажень на робочі органи барабанної пральної машини (РР, А1). 5. Робочі органи барабанної пральної машини (СК, 2*А1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

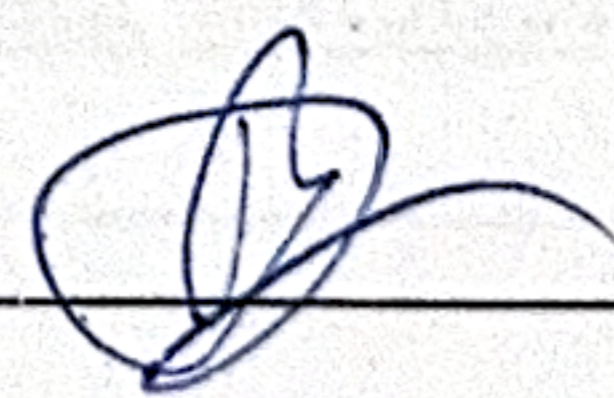
7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1. Огляд та аналіз конструкцій робочих органів барабанних пральних машин	до 15.10.24р.	
2. Взаємодія робочих органів машини з білиною	до 30.10.24р.	
3. Розрахунок основних вузлів машини	до 20.11.24р.	
4. Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	до 10.12.24р.	

Студент

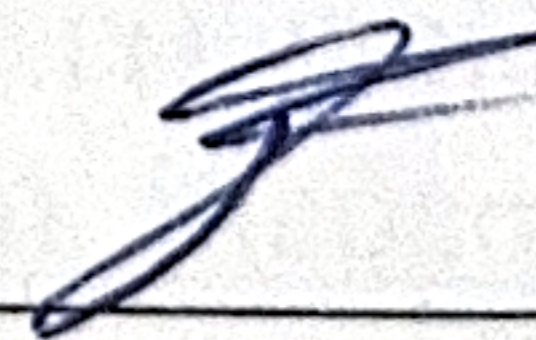
Підпис



В.О. Галунко
Ініціали, прізвище

Керівник роботи

Підпис



Т.П. Романець
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

до магістерської роботи студента
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

1. Прізвище, ім'я та по батькові

Галунко Віталій Олегович

2. Тема магістерської роботи Удосконалення робочих органів барабанної пральної машини

3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента _____

4. Об'єм магістерської роботи: креслень 6 арк., сторінок записки 74

5. Барабанні пральні машини забезпечують автоматизацію всього технологічного процесу обробки матеріалу й функціональну універсальність. Ці машини відрізняються найменшим механічним впливом на оброблюваний матеріал у режимі прання з боку обертового барабана і його елементів, що забезпечує незначне зношування оброблюваного матеріалу. 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. Сучасні конструкції барабана і його гребенів мають обмежену можливість інтенсифікації об'ємного перемішування оброблюваного матеріалу, а крім того, у них також обмежена можливість підвищення ефективності здійснення відцентрового віджиму, оскільки утруднене одержання необхідного рівномірного розподілу матеріалу, що віджимається, при прискореному обертанні барабана. Для створення нових і модернізації існуючих конструкцій робочих органів барабанних пральних машин необхідно провести аналітичні й експериментальні дослідження впливу основних конструктивних факторів таких машин на інтенсифікацію обробки матеріалу й підвищення економічності виконання операцій їх робочого циклу. Магістерська робота спрямована на створення високоефективних барабанних пральних машин на основі досліджень впливу їх основних конструктивних факторів на інтенсифікацію обробки матеріалу та поліпшення експлуатаційних показників машин.. В першому розділі розрахунково-пояснювальної записки приведено огляд та аналіз конструкцій робочих органів барабанних пральних машин. В другому розділі виконано аналіз взаємодії робочих органів машини з білиною. В третьому розділі здійснено розрахунок основних вузлів машини.

Підпис студента _____

" 17 " 12 20 24 р.

РІШЕННЯ ЕК:

Протокол 3 від " 25 " 12 20 24 р.

Оцінка проекту ЕК добре 10

Рекомендації ЕК _____

Особливі відмітки _____





Технічний секретар _____

" 25 " 12 20 24 р.

Зміст

	с.
Вступ	5
1 Огляд та аналіз конструкцій робочих органів барабанних пральних машин	7
1.1. Класифікація пральних машин	7
1.2. Будова пральних машин	15
Висновки до першого розділу	29
2 Взаємодія робочих органів машини з білиною	30
2.1 Гідромеханічні процеси в барабанних пральних машинах	31
2.2 Моделювання форми поверхні гребеня при віджимі білизни	34
2.3 Аналіз способів виходу барабана на максимальну частоту обертання при віджимі	38
Висновки до другого розділу	39
3 Розрахунок основних вузлів машини	40
3.1 Вихідні дані для розрахунку	40
3.2 Розрахунок споживаної потужності робочого барабана пральної машини при пранні	41
3.3 Розрахунок пускової потужності барабана пральної машини	51
3.4 Розрахунок і проектування пружної підвіски барабана пральної машини	52
3.5 Розрахунок демпфуючої системи	60
Висновки до третього розділу	71
Висновки	72
Перелік джерел посилань	73
Додатки	76

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата				
Виконав		Галунко В.О.			Удосконалення робочих органів барабанної пральної машини	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Романець Т.П.				М	4	74
Н.контр.					ХНУ гр. ЕТМ-23-1			
Затвер.		Неймак В.С.						

ВСТУП

Основне завдання галузі - випуск конкурентоспроможної продукції високої якості. При цьому необхідно підвищувати якість техніки, що випускається, на основі досягнутого нині рівня композиційної та технічної досконалості машин.

У сучасній побутовій техніці ступінь досконалості визначається не тільки високими основними функціональними показниками, а й ефективністю застосованих ресурсозберігаючих технологій, а також забезпеченням мінімального впливу на навколишнє середовище під час виробництва та експлуатації цих машин [7, 15].

Барабанні мийні машини забезпечують автоматизацію і функціональну універсальність усього технологічного процесу обробки матеріалів. Ці машини чинять найменший механічний вплив на оброблюваний матеріал у режимі миття завдяки обертовому барабану та його елементам, що призводить до меншого зносу оброблюваного матеріалу. Однак барабанні мийні машини мають більш тривалий робочий цикл через низьку інтенсивність об'ємного перемішування оброблюваного матеріалу.

Тому основним напрямком їхнього вдосконалення є інтенсифікація та підвищення ефективності основних операцій робочого циклу і продуктивності машини. Механічний вплив на матеріал визначається режимом обертання барабана і конструкцією його елементів.

Сучасні конструкції барабана і його гребенів обмежені в можливості посилення об'ємного перемішування оброблюваного матеріалу, а також у можливості підвищення ефективності відцентрового віджиму, тому що важко домогтися потрібного рівномірного розподілу матеріалу, що віджимається за рахунок прискореного обертання барабана.

Ще одне важливе завдання цих машин - забезпечення розумної витрати води. Для вирішення цієї проблеми необхідне подальше вдосконалення робо-

чого циклу цих машин і поліпшення системи автоматичного заповнення водою прального бака. Тому бажано розробити більш досконалу конструкцію корпусу пральної машини барабанного типу та її основних елементів.

Для модернізації нових та наявних конструкцій барабанних пральних машин необхідно провести аналітичні та експериментальні дослідження впливу основних елементів конструкції барабанних пральних машин на підвищення ефективності переробки сировини та робочого циклу.

Крім того, підвищення ефективності переробки в барабанних пральних машинах значною мірою залежить від оптимізації їхніх робочих циклів.

Метою магістерської дисертації є створення високоефективної пральної машини барабанного типу на основі дослідження впливу основних елементів конструкції пральних машин барабанного типу на інтенсифікацію оброблення сировини та підвищення продуктивності машини.

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

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ РОБОЧИХ ОРГАНІВ БАРАБАННИХ ПРАЛЬНИХ МАШИН

1.1 Класифікація пральних машин

Технічні характеристики пральних машин (ПМ) визначено національними стандартами [2, 3, 4] та іншими нормативними документами. Однак слід зазначити, що габаритні, електричні, функціональні та інші параметри сучасних пральних машин не завжди відповідають установленим вимогам. Нижче наведено приклади невідповідності положень чинних стандартів і деяких параметрів сучасних пральних машин.

Габаритні розміри. Наприклад, деякі зарубіжні автоматичні пральні машини, сертифіковані в Україні, мають габаритну глибину 600 мм (наприклад, Electrolux EWF-16981W), тоді як стандарт встановлює максимальний розмір 555 мм (для автоматичних пральних машин типу РМА-4.5В, РМА-5В, РМА-5FB Номінальне завантаження).

Номінальне завантаження. У стандартах максимальне номінальне завантаження (суха вага білизни) становить 5 кг (РМА-5В, РМА-5FB), але в багатьох сучасних зарубіжних РМА цей показник досягає 7 кг і більше.

Термін служби. Стандарт встановлює середній термін служби 15 років. На практиці термін служби сучасних пральних машин набагато менший і становить від 7 до 10 років (іноді більше, але рідко).

Слід згадати і ще один, здавалося б, банальний момент, пов'язаний з підключенням до електромережі. Більшість пральних машин, що поставляються на наш ринок, мають довжину електричного шнура від 2 до 2,5 метрів. Подібних прикладів можна навести безліч, тож перелічимо пункти ДСТУ 2721-94, до яких необхідно внести зміни: розділ 1 (класифікація), розділ 2 (основні параметри та розміри), розділ 3 (технічні вимоги), розділ 4 (ціліс-

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.
7

ність), розділ 5 (правила приймання), розділ 6 (методи випробувань) і розділ 7 (маркування, пакування, транспортування та зберігання).

Вищевикладене свідчить про те, що стандарт потребує перегляду всіх його основних частин.

Крім того, необхідно підготувати або переглянути нормативно-технічні документи, так чи інакше пов'язані з ДСТУ 2721-94. У будь-якому разі, така робота має бути проведена в терміновому порядку і комплексно. У Європейському Союзі (ЄС) також існує класифікація побутових приладів, заснована на Єдиному європейському тесті EN 95/12 (Директива Комісії ЄС 95/12/ЕС від 23 травня 1995 року).

Оскільки більшість національних правил, що стосуються класифікації пральних машин, застаріли і не відповідають сучасним вимогам, була зроблена спроба спрощеної класифікації на основі типів пральних машин, доступних в даний час на ринку побутової техніки.

Сучасні пральні машини класифікуються залежно від способу активації мийного розчину. Перший тип є найбільш поширеним. Серед типів, що використовуються в повсякденній експлуатації, відомі активаторний і барабанний (практично всі сучасні пральні машини).

Слід зазначити, що пральні машини активаторного типу мають бак з обертовим активатором (лопатями, дисками з лопатями). Існують також типи, в яких активатор нерухомий, а бак обертається, але, знову ж таки, вони рідко трапляються в повсякденному житті. У цих машинах немає нічого складного.

Однак у таких побутових пральних машинах неможливо отримати якісну білизну. Ще один тип пральних машин - так звані бульбашкові пральні машини. У цих пральних машинах перемішування розчину мийного засобу (і очищення білизни від бруду) відбувається за рахунок нагнітання в розчин бульбашок повітря за допомогою спеціального нагнітача. Ці бульбашки повітря мають значний проникаючий ефект і, здавалося б, підвищують ефектив-

ність прання, прошовхуючи білизну в об'ємний потік води. Однак останнім часом такі пом'якшувачі з різних причин виробляються в невеликих кількостях.

Пральні машини барабанного типу - ще одна проблема. Найпоширенішим типом машин є пральна машина барабанного типу [7]. По суті, ці пральні машини відрізняються тільки способом завантаження білизни (вертикальне і фронтальне завантаження).

Завдяки різним технологічним інноваціям якість прання в пральних машинах цього типу нітрохи не гірша, ніж у промислових пральних машинах. Основою таких пральних машин є бак з мийним розчином, в якому обертається барабан з білизною.

Основні параметри, за якими класифікуються пральні машини: - ступінь механізації та автоматизації процесу прання (малоактиваторний тип, напівавтоматичний (наприклад, EVRIKA), автоматичний, автоматичне прання й сушіння); - можливість підігріву прального розчину; - швидкість обертання (клас віджиму - ступінь залишкової вологості білизни); - корпус, розмір і тип (класична повнорозмірна, вертикальна, вбудована, вузька тощо); - максимальна вага білизни (наприклад, у барабанах, барабанах, барабанах, барабанах, барабанах, барабанах, барабанах, барабанах, барабанах, барабанах, барабанах, барабанах, барабанах, барабанах, барабанах, барабанах тощо). д.); - максимальна вага. за максимальною вагою білизни, - за можливістю сушіння білизни, - за системою управління (механічна, електромеханічна, електронна), - за енергоспоживанням, - за класом (якістю) білизни тощо.

Ці параметри занадто численні, щоб їх перераховувати. Клас прання, віджимання, енергоспоживання, габаритні розміри і тип корпусу, термін служби, довговічність, сервіс і підтримка. У будь-якій класифікації побутові прилади можна порівнювати за їхніми характеристиками. Побутова техніка, зокрема й пральні машини, не є винятком.

За результатами Єдиного європейського тесту EN 95/12 (Директива Комісії ЄС 95/12/ЕС від 23 травня 1995 року) з тестування пральних машин можна зробити такі висновки: - Ефективність пральних машин - на основі параметрів енергоспоживання та водоспоживання - Ефективність прання - на основі серії з п'яти результатів тестування - Ефективність віджиму - на основі на основі параметра мінімальної залишкової вологості.

У тестах використовується стандартний порошковий мийний засіб (для автоматичних пральних машин). Програма - «бавовна при 60°C» (без попереднього прання).

На підставі цих даних пральній машині присвоюються класи енергоспоживання, прання і віджимання. Класи варіюються від А до G. Клас D відповідає майже «задовільному», клас С - «хорошому», клас В - «дуже хорошему» і клас А - «відмінному»; класи Е, F і G трапляються рідко і є найгіршими показниками; варто зазначити, що 2002 року для пральних машин було введено додатковий клас енергоспоживання А+. Клас енергоспоживання є найважливішою характеристикою для побутової техніки, особливо для пральних машин.

Клас енергоспоживання пральної машини визначається витратою електроенергії на кілограм білизни. Буквене позначення енергоспоживання (клас) відповідає таким показникам (у кВтг/кг): - А+ (А plus) - менш як 0,17; - А - менш як 0,17.0,19; - В - менш як 0,19.0,23; - С - менш як 0,23.0,27; - D - менш як 0,27.0,31; - Е - менш як менш як 0,31.0,35; - F - менш як 0,35.0,39; - G - більш як 0,39. Клас віджиму (клас ефективності віджиму). Ефективність віджимання пральної машини вимірюється у відсотках від залишкової вологості білизни (після віджимання).

Нижче наведено відповідність між цим відсотком і значенням класу ефективності віджимання (%): - А - менше 45; - В - 45,54; - С - 54,63; - D - 63,72; - Е - 72,81; - F - 81,90; - G - 90 і вище. Клас прання вказує на якість білизни. У вищевказаному тесті (європейський тест EN 95/12) пральну машину

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

кції, якість комплектуючих, виробник, дотримання правил експлуатації та інтенсивність використання конкретної пральної машини.

Багато (але не всі) виробників працюють над поліпшенням цього параметра. Типовий приклад. Європейський виробник побутової техніки (зокрема ПМ) впровадив систему управління якістю, в якій кількість співробітників, безпосередньо зайнятих у виробництві, дорівнює кількості співробітників, що займаються контролем якості, з метою продовження терміну служби своєї продукції; щодо конкретної моделі ПМ, то споживачі не можуть вплинути на деякі показники (якщо вони вже зробили вибір, якщо вони вже зробили вибір).

Усе, що може зробити споживач, - це максимально збільшити час безперебійної роботи машини, дотримуючись правил її експлуатації та обираючи сервісне обслуговування і підтримку.

У підсумку можна зробити таке Основні параметри, достатні для класифікації конкретної моделі машини, описані в інструкції з її експлуатації. Звичайно, конструкції машин постійно вдосконалюються, багато з них показано в МРМА 24.00.00.000 ДО.

У найближчому майбутньому можна очікувати появи принципово нових параметрів для класифікації пральних машин, що пов'язано з розширенням сервісних можливостей (наприклад, збільшення кількості наборів програм прання, поліпшення дизайну, функціональності тощо).

Існує ще одна тенденція у виробництві пральних машин різних марок. Це максимальна уніфікація моделей у рамках конкретної лінійки (дизайн, конструктивні особливості, аксесуари, набір основних функцій тощо).

1.2 Будова пральних машин

Розглянемо будову і призначення найпоширеніших вузлів барабанної пральної машини з фронтальним завантаженням [7]. Механічні частини

пральних машин На рис. 1.1 показано зовнішній вигляд пральної машини без декоративної кришки.

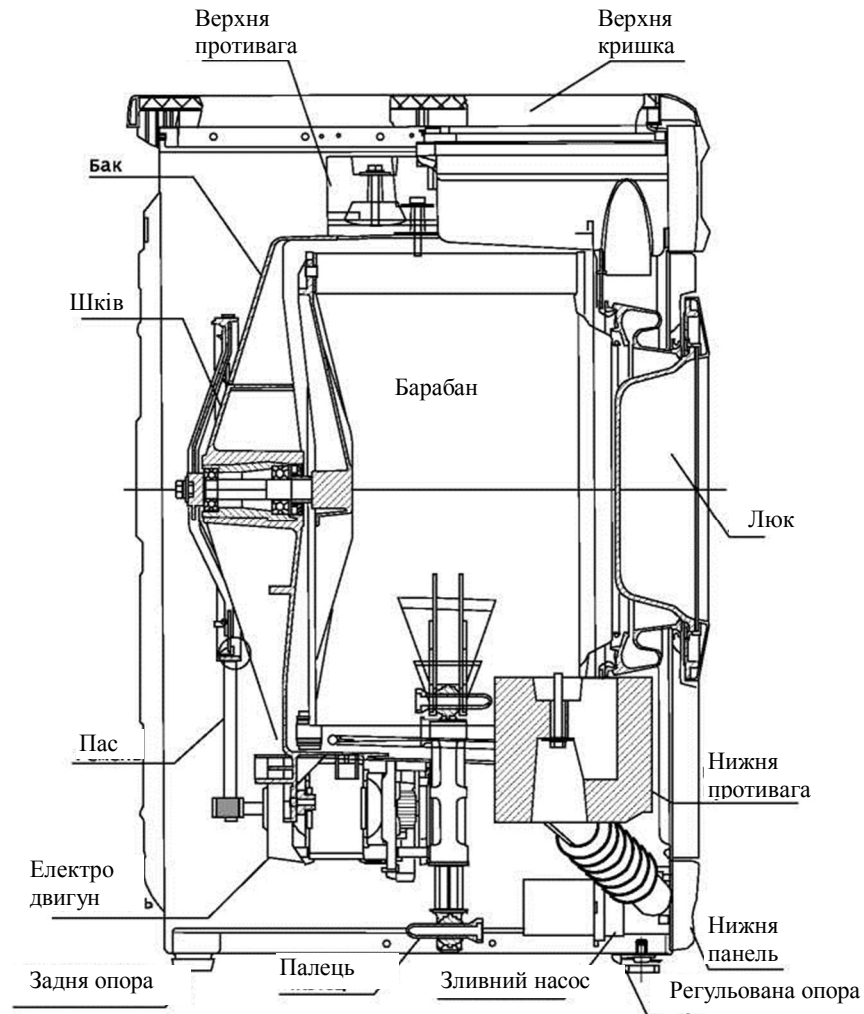


Рисунок 1.1 - Основні конструктивні вузли пральної машини

Очевидно, що основний простір машини займає бак. У середині нього знаходиться барабан. Барабан кріпиться до бака через підшипниковий вузол. Обертання барабана забезпечується приводним двигуном через пасову передачу.

Для забезпечення стійкості ПМ у баку встановлена величезна противага. Сам бак підвішений на пружинах, а знизу оснащений амортизаторами. У передній частині сушильної машини розташований люк для білизни. Давайте розглянемо ці компоненти ближче [7].

Баки можуть бути емальованими, з нержавіючої сталі або пластику.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.
14

Останні, як уже говорилося вище, володіють хорошими шумовими характеристиками, але крижкі.

І навпаки, емальовані баки і баки з неіржавкої сталі довговічніші, але гучніші. Зовнішній вигляд бака з нержавіючої сталі (двигун і барабан у зборі) і пластикового бака (LG PM з прямим приводом) показано на рис. 1.2 і рис. 1.3 відповідно.

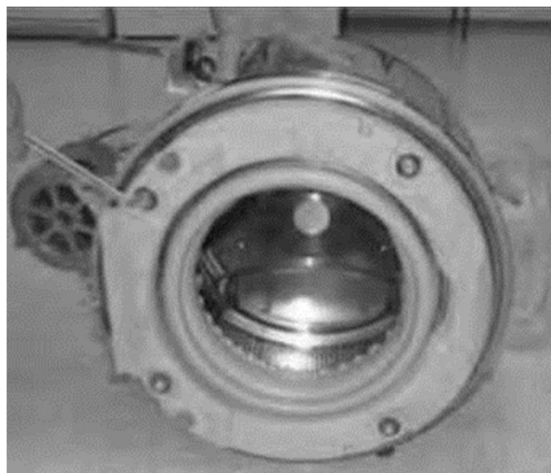


Рисунок 1.2 - Металевий бак ПМ у зборі

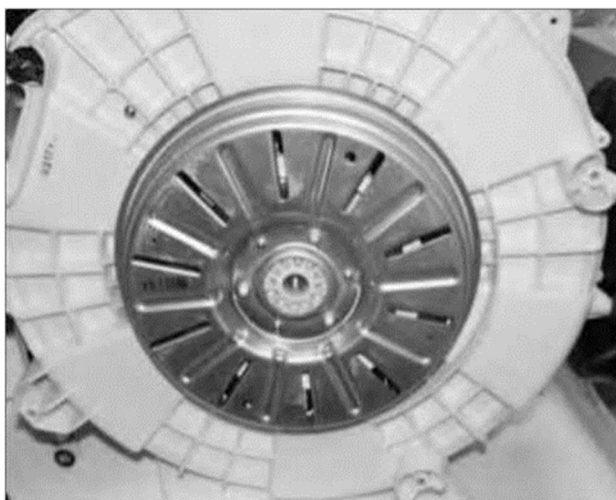


Рисунок 1.3 - Пластмасовий бак ПМ у зборі

На малюнку 1.4 показано зовнішній вигляд бака без урахування барабана. По суті, бак є основним конструктивним елементом пральної машини. Усі механічні та електронні компоненти пральної машини так чи інакше по-

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.
15

в'язані з ним.

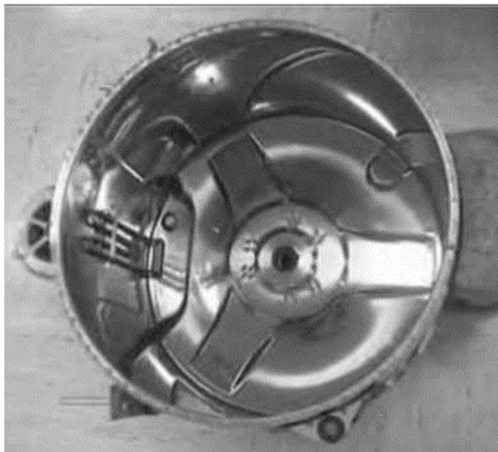


Рисунок 1.4 - Металевий бак ПМ без барабана

Більшість баків пральних машин розділені на дві частини. Це полегшує проведення різних сервісних процедур, наприклад, заміну підшипників. Однак деякі пральні машини сьогодні не дають змоги відокремити бак.

У таких пральних машинах у разі виникнення різних проблем у баку може знадобитися заміна бака (або його компонентів).

У баку є спеціальні елементи, які з'єднують бак з барабаном, а саме перемичка і самі підшипники. Перемичку (в її центрі запресовано підшипник) добре видно на малюнку 1.5. Зазвичай підшипників два (внутрішній і зовнішній), хоча в деяких ПМ використовується й один підшипник із двома рядами.

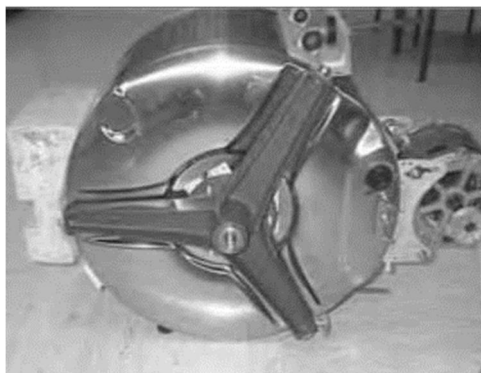


Рисунок 1.5 - Хрестовина в зборі з баком

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.
16

Пружини, противаги та амортизатори, прикріплені до бака, призначені для гасіння вібрацій бака, коли барабан пральної машини обертається в режимі віджимання. Верхня противага показана на малюнку 1.6.



Рисунок 1.6 - Противага

Барабан - це елемент пральної машини, в якому відбувається прання. Він завжди виготовляється з нержавіючої сталі. Щоб підвищити ефективність перемішування білизни і змочування її мийним засобом, на внутрішній поверхні барабана зазвичай є спеціальні ребра, що перемішують мийний розчин, і спеціальні отвори в поверхні барабана.

У вертикальних пральних машинах барабан з'єднаний з баком у двох місцях (з боків через підшипники), в той час як у пральних машинах з фронтальним завантаженням - тільки в одному.

Остання конструкція вимагає механічної міцності бака, барабана і підшипникового вузла. Вал барабана оснащений шківом пасової передачі. Завантажувальний люк призначений для завантаження і вивантаження білизни. Є дверцята і запірний пристрій. Останній оснащений дверцятами для запобігання витікання води з бака. Його зовнішній вигляд показано на малюнку 1.7.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата



Рисунок 1.7 - Ущільнювач дверцят ПМ із фронтальним завантаженням

Один кінець манжети кріпиться безпосередньо до резервуара, а інший - до передньої кришки ПМ (ці кінці фіксуються спеціальними затискачами). Коли дверцята люка зачинені, вони щільно прилягають до краю манжети, не дозволяючи воді вилитися з резервуара.

Вертикальні ПУ також мають манжету, зовнішній вигляд якої показано на рис. 1.8.

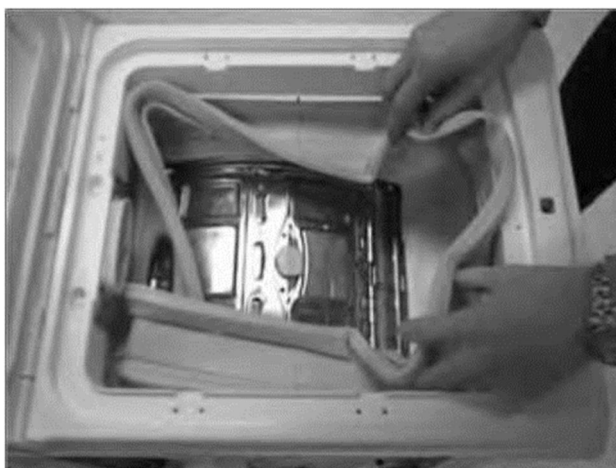


Рисунок 1.8 - Ущільнювач дверцят ПМ із вертикальним завантаженням

Електронний контролер - основний елемент керування пральною машиною. Виробники намагаються використовувати оригінальні модулі, що застосовуються в СМ багатьох марок одного і того ж виробника, щоб зберегти

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

свій «бренд», але бувають і винятки.

Наприклад, у СМ KAISER використовуються модулі від компанії INDESIT. Електронні модулі першого покоління (ця класифікація необов'язкова) використовуються в КМ з блоками управління і призначені насамперед для управління приводним двигуном, а також виконують інші другорядні функції. Модулі другого покоління також використовуються в ПМ з блоками управління, але їхні функції набагато ширші.

Керування додатковими функціями пральної машини (блок керування керує програмою прання) - Індикація режиму роботи пральної машини - Керування блоком керування - Керування електронним клапаном подачі води - Керування сушінням (де це можливо) - Вентилятор, нагрівальні елементи, контроль температури і т. д. - Забезпечення обертання барабана пральної машини в різних режимах роботи (під час прання або віджимання) Управління приводним двигуном.

Для керування швидкістю обертання двигуна на його валу встановлюється тахогенератор, сигнал від якого надходить на контролер. - керування нагріванням води в баку до заданої температури, як нагрівальний елемент виступає нагрівальний елемент, а як керуючий - датчик температури. - управління пристроєм блокування люка; - управління зливним насосом (помпою); - контроль рівня води в баку за допомогою датчиків рівня; - контроль протікання води за допомогою спеціальних датчиків; - ввімкнення і вимкнення машини.

Крім того, для контролю працездатності елементів машини модуль може виконувати тестові програми з подальшою індикацією можливих помилок.

Індикація можливих помилок може здійснюватися і в звичайному режимі роботи машини. Наприклад, КМ ARDO з модулями другого покоління (DMPA, DMPU) не забезпечують генерацію кодів помилок. Зовнішній вигляд цих модулів показано на малюнках 1.9 і 1.10, відповідно 1.9 і 1.10.

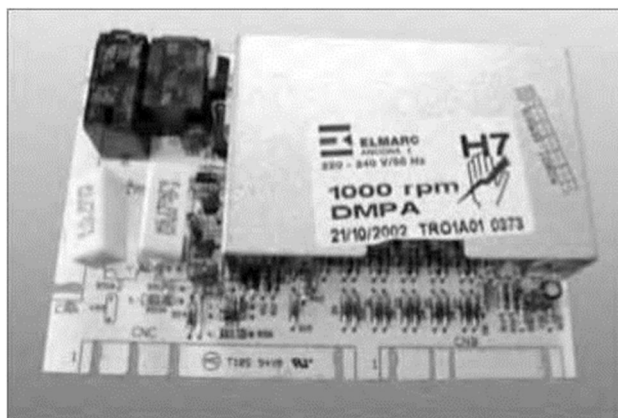


Рисунок 1.9 - Модуль DMPA (CM ARDO)

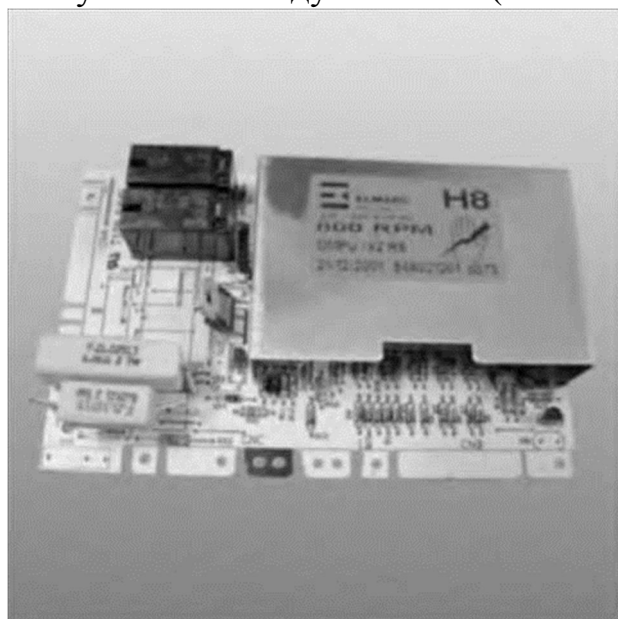


Рисунок 1.10 - Модуль DMPU (CM ARDO)

Друге покоління модулів також містить контролер EVO-I, який використовується в ARISTON і INDESIT PM (див. рис. 1.11).

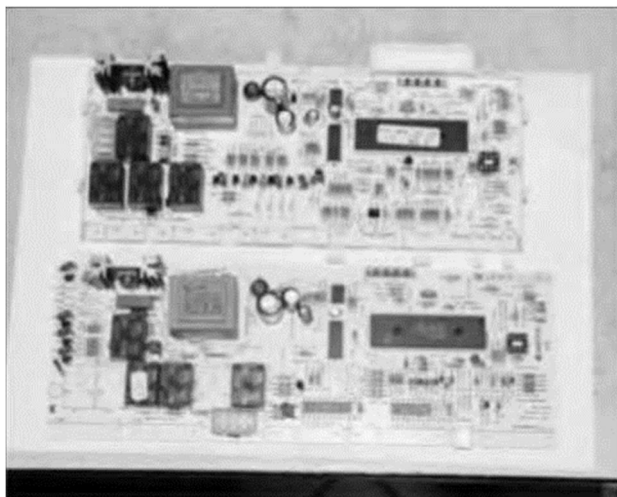


Рисунок 1.11 - Модулі EVO-I

І, нарешті, перейдемо до третього покоління модулів. Ці модулі принципово відрізняються від попереднього покоління тим, що використовуються в ПМ без командного блоку.

Функцію командного блоку замінює селектор програм (звичайний перемикач) і керуюча програма для процесора.

Ці модулі (не всі) можуть виводити інформацію на світлодіодні або рідкокристалічні символні композитні індикатори (див. мал. 1.12, на якому зображено плату панелі керування EVO-II ПМ ARISTON), що дає змогу використовувати значно більшу кількість споживчих режимів і функцій.

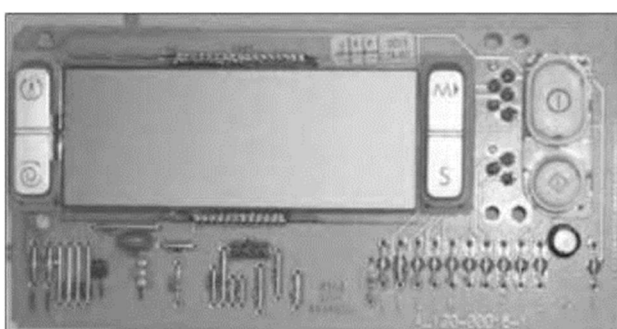


Рисунок 1.12 - Плата панелі керування EVO-II

Крім того, можна під'єднати додаткові зовнішні елементи (наприклад, вбудовані датчики рівня, розподільні клапани, циркуляційні насоси тощо).

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Модуль також може використовувати високошвидкісний асинхронний приводний двигун у ПМ.

Для цього на платі модуля може бути встановлено спеціальну комутаційну схему з потужним вихідним каскадом (зовнішній вигляд силового блока модуля EVO-II PM ARISTON, що працює з асинхронним двигуном, показано на рис. 1.13).

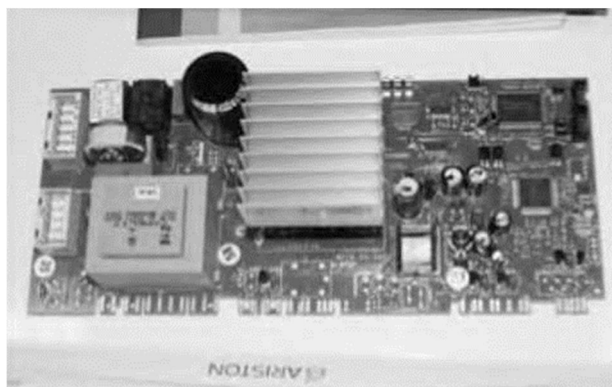


Рисунок 1.13 - Силовий блок модуля EVO-II

У ПМ корейських виробників використовуються модулі для керування кроковими двигунами (так звані ПМ із прямим приводом).1.14.

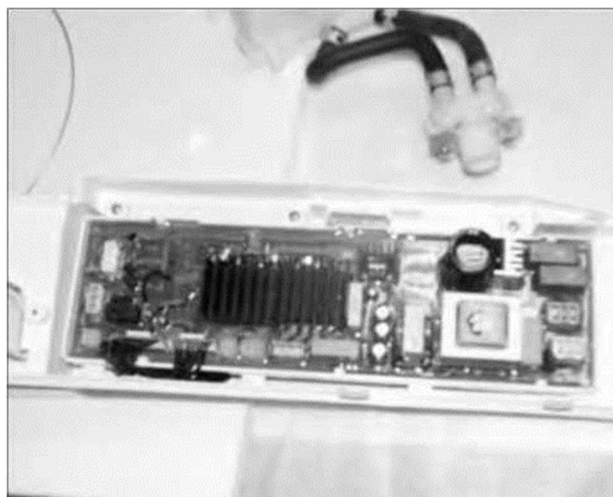


Рисунок 1.14 - Модуль для ПМ LG із прямим приводом

Однак це не означає, що модулі третього покоління не можна під'єднувати до колекторних двигунів, які добре зарекомендували себе (зовнішній

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

вигляд модуля EVO-II, що використовується для колекторних двигунів, показано на рис. 1.15).

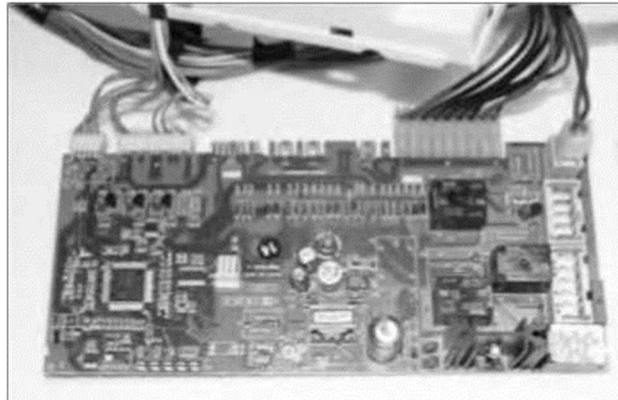


Рисунок 1.15 - Модуль EVO-II для керування колекторним двигуном

У старих моделях ПМ використовувалися командно-контрольні блоки (ККБ), але зараз їх виробництво припинено. ККБ призначений для керування режимом роботи машини залежно від обраної програми. Він являє собою складний багатопозиційний перемикач, вал якого обертається ручкою на панелі управління (під час встановлення програми прання) і спеціальним мотором під час виконання програми.

Під час роботи пральної машини космічний апарат керує її елементами і вузлами та перемикає операції відповідно до заданої програми. Блок керування показано на малюнку 1.16. Блок керування являє собою досить складний електромеханічний пристрій, але за певних навичок його можна відремонтувати (зазвичай це перегорання контактної групи і знос програмної пластини).

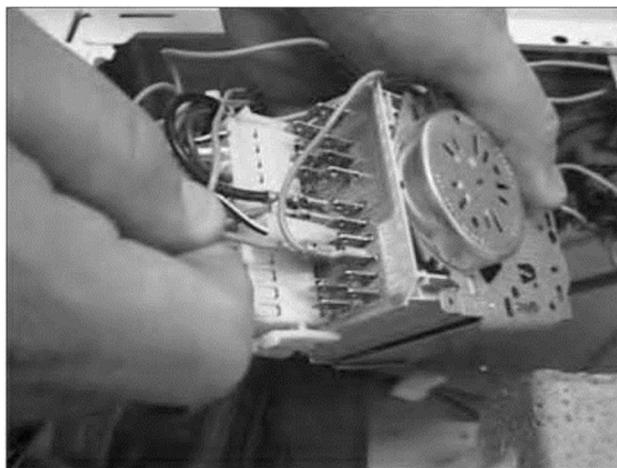


Рисунок 1.16 - Командоапарат

Приводний двигун; у ПМ використовуються асинхронні та колекторні двигуни. Колекторні двигуни детально не описуються, зазначимо лише, що вони мають колектор (ламель) і якор з щітковим механізмом.

Повний ремонт двигуна цього типу можливий тільки при заміні зношених щіток. Асинхронні двигуни мало чим відрізняються від колекторних (див. рис. 1.17), але фактично не мають описаних вище щіток і колектора. Асинхронні двигуни мають кілька обмоток, залежно від їхнього призначення.

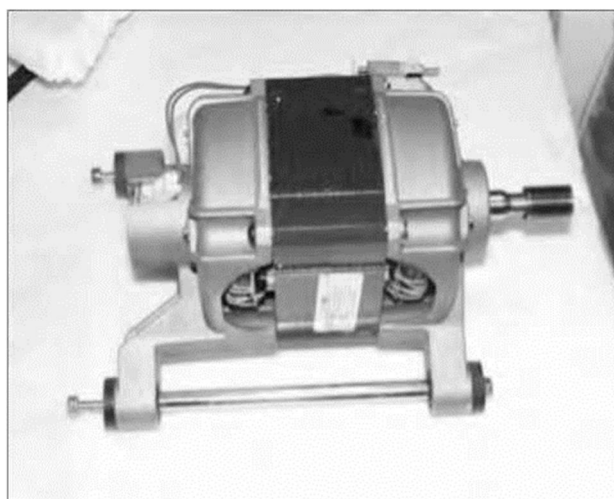


Рисунок 1.17 - Асинхронний двигун

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Одні використовуються в режимі прання (низька швидкість), інші - в режимі віджимання (висока швидкість). Ці двигуни оснащені тепловим генератором і захисним термостатом.

Слід зазначити, що для роботи двигуна в режимі обертання необхідний фазозсувний конденсатор. У сучасних ПМ використовуються спеціальні високошвидкісні асинхронні двигуни з обмотками, з'єднаними в трикутник.

Для їхньої роботи потрібен спеціальний перемикач (у складі контролера). Існує ще один клас двигунів із прямим приводом (див. рис. 1.18). Це крокові двигуни. Природно, для їхньої роботи також потрібна окрема схема керування (у складі електронного контролера ПМ).

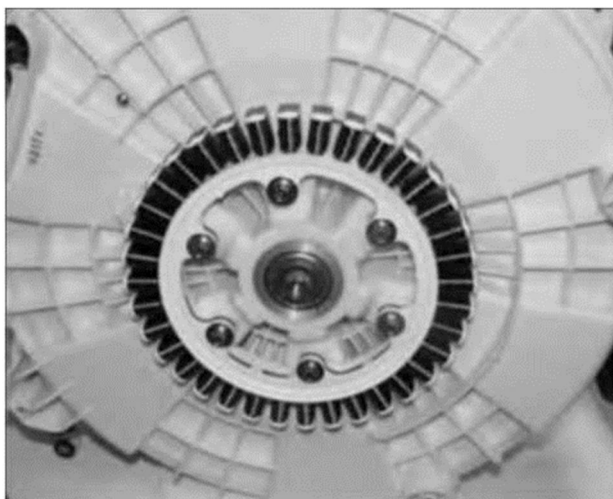


Рисунок 1.18 - Кроковий двигун (прямий привід)

Датчики.

Датчики температури (NTC і термостат), контролю обертів двигуна (індуктивний тахометр і датчик Холла) і рівня води. Для датчика температури NTC всередині знаходиться спеціальний дріт, намотаний на оправку. Опір датчика змінюється залежно від температури.

Термостати являють собою групу контактів (зазвичай замкнутих), які переривають ланцюг при досягненні певної температури. Зазвичай його встановлюють у ланцюзі живлення нагрівального елемента. У той момент, коли температура води в баку з якої-небудь причини досягає критичного зна-

чення (зазвичай 90 градусів Цельсія), захисний термостат розмикає живлення нагрівального елемента.

Варто зазначити, що аналогічний елемент також використовується як захисний пристрій у ланцюзі живлення приводного двигуна. У старіших моделях пральних машин також використовується регульований термостат. Цей термостат служить для регулювання температури води в баку. Від датчика до терморегулятора (передня панель пральної машини) йде спеціальна капілярна трубка.

Тахогенератор використовується для управління швидкістю обертання приводного двигуна. У більшості ПМ він являє собою звичайну котушку, насаджену на вал приводного двигуна, яка генерує змінну електрорушійну силу під впливом постійного магніту, що обертається. У ПМ з двигунами прямого приводу для контролю швидкості використовується датчик Холла. Я хотів би зупинитися на датчиках рівня води (датчиках тиску).

Існує два типи датчиків рівня води: контактні та електронні. Звичайні датчики рівня води являють собою мембрану, в якій під впливом тиску повітря відбувається перемикання між електричними контактними групами. Кожна дія певної контактної групи відповідає певному рівню води в резервуарі. Від датчика до бака веде герметична пластикова трубка, і що вищий рівень води в баку, то більший тиск на мембрану датчика ПМ оснащується від одного до трьох таких датчиків. Електронний датчик рівня має мембрану, від якої в бак веде пластикова трубка. Особливість цих датчиків у тому, що в них вбудовано керований генератор, і частота генерованих імпульсів змінюється залежно від тиску повітря на мембрану.

У деяких моделях РМ використовуються обидва типи датчиків (контактні та електронні), причому перший тип використовується для приблизного визначення рівня води в баку, а другий - для більш точного. Другий тип використовується для більш точних вимірювань. Обидва перерахованих вище типи датчиків не підлягають ремонту і в разі виходу з ладу підлягають заміні.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

У сучасних пральних машинах використовуються датчики забруднення води (прозорі трубки з оптичними датчиками) і зважування білизни (індуктивні датчики, вбудовані в амортизатор). Зустрічаються рідко (переважно в пральних машинах високого класу). Інші виконавчі механізми. У цю категорію входять такі елементи: насоси, електромагнітні клапани для закачування води (залівні клапани), нагрівальні елементи, замки люка.

Висновки до першого розділу.

У першому розділі цієї роботи розглянуто та проаналізовано конструкцію робочого органу пральних машин барабанного типу. Розглянуто класифікацію пральних машин. Детально описано конструкцію та основні вузли пральних машин.

					МРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		27

2 ВЗАЄМОДІЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИНИ З БІЛИНОЮ

У прально-віджимних машинах барабанного типу механічний вплив на тканину здійснюється за рахунок перемішування виробу в пральному барабані. Це означає, що виріб захоплюється і піднімається гребенями під час обертання і падає в рідину під дією власної ваги [6, 7, 8].

У режимі прання гребені служать для надання виробу максимальної кінетичної енергії. Це означає, що тканина проходить по поверхні гребенів, піднімається на максимальну висоту і падає з максимальною кінетичною енергією. У режимі віджимання, коли відцентрова сила перевищує вагу вологого виробу, виріб притискається до барабана у формі кільця й обертається разом із ним.

Важливою особливістю є рівномірність розподілу білизни по поверхні барабана, яка багато в чому визначає рівень вібрації пральної машини. Під час перемикання в режим віджимання білизна ковзає внутрішньою поверхнею барабана і починає огинати його гребені в міру того, як барабан розганяється до максимальної швидкості обертання. Форма гребневої поверхні істотно впливає на рівномірність розподілу білизни по поверхні барабана під час досягнення швидкості віджимання, а отже, і на рівень вібрації в пральному баку.

Параметри гребенів обирають із практичних міркувань. [12, 14, 17] Як правило, у більшості пральних машин пологі боки гребенів симетричні відносно осі, що проходить через їхні вершини. Однак у процесі прання кут нахилу робочої поверхні гребенів має бути якомога меншим для надання продукту максимальної кінетичної енергії, і якомога більшим під час переходу до режиму віджимання для забезпечення рівномірнішого розподілу продукту по поверхні барабана.

На сайті [17] встановлено, що найкраща якість роботи пральної машини досягається за такого співвідношення кутів нахилу протилежних сторін

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

гребенів. Кут нахилу робочої поверхні під час прання менший 40 uhfl , а кут нахилу робочої поверхні під час обертання більший 60 град .

2.1 Гідромеханічні процеси в барабанних пральних машинах

При барабанному способі прання механічний вплив на тканину відбувається не за рахунок руху потоку мийного розчину, а за рахунок механічного обертання виробу в барабані. Очевидно, що чим більший механічний вплив, тим більша кінетична енергія, що передається тканині. За низьких швидкостей обертання (а на рис. 2.1) виникає режим ковзання. У разі збільшення швидкості обертання барабана тканина не прослизає, а піднімається на максимальну висоту і падає з максимальною кінетичною енергією (рис. 2.1, б). Під час подальшого збільшення швидкості обертання, коли відцентрова сила перевищує власну вагу мокрої тканини, тканина притискається до барабана у формі кільця й обертається разом із ним (рис. 2.1, в).

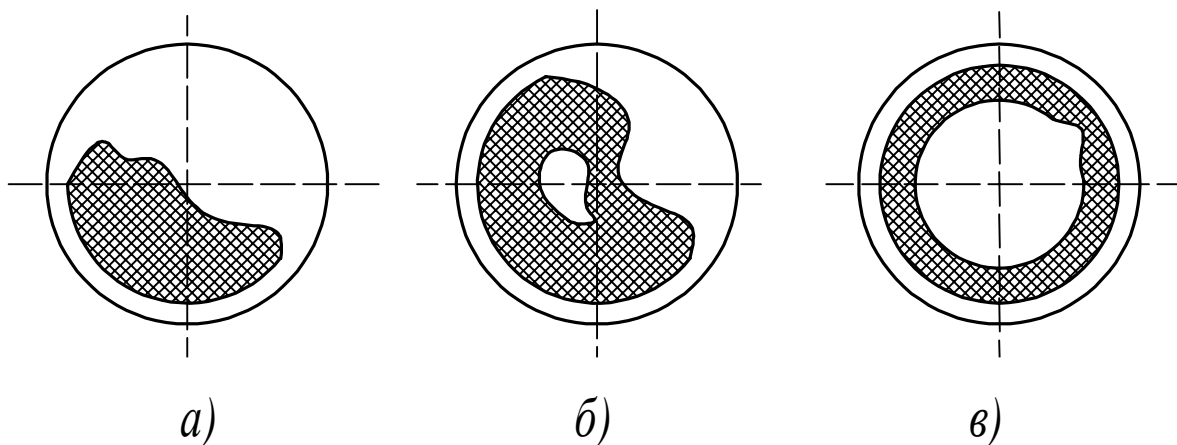


Рисунок 2.1 - Рух тканини в барабані пральної машини

Розглянемо матеріальні сили (рис. 2.2 та МРМА 24.00.00.000 РР1), які діють на точку A на гребені внутрішньому барабана при пранні. Ця сила маси

тяжіння F_T , направлена вертикально, сила відцентрова $F_{Ц}$, 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;

ω – 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.

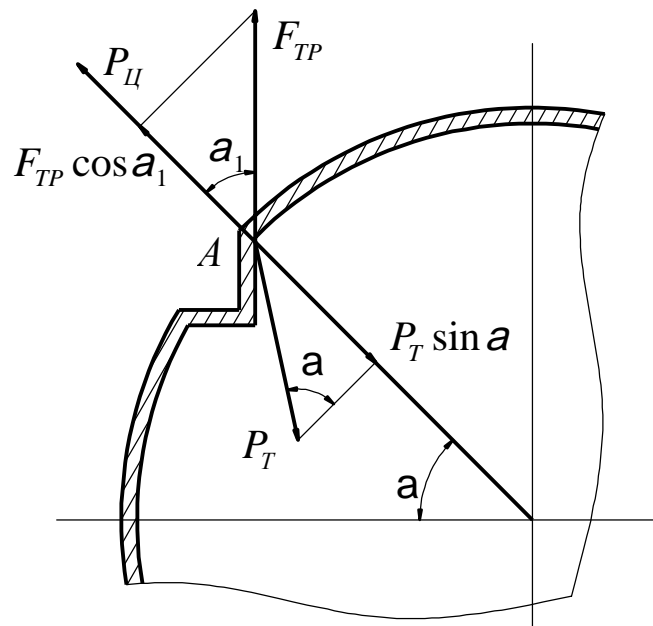


Рисунок 2.2 - Схема сил, що діють на матеріальну точку в процесі прання

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

$$F_T \sin a = F_{Ц} + \cos a_1 . \quad (2.2)$$

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

де a_1 – кут гребеня нахилу до радіальної площини.

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

$$mg \sin a = m\omega^2 R + F_{TP} \cos a_1, \quad (2.3)$$

або

$$\sin a = \frac{\omega^2 R}{g} + \frac{F_{TP}}{mg} \cos a_1. \quad (2.4)$$

Максимальний кут підйому $a = \rho/2$. Тоді

$$1 = \frac{\omega^2 R}{g} + \frac{F_{TP}}{mg} \cos a_1. \quad (2.5)$$

Враховуючи, що $\cos a_1 < 1$ 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) називаються фактором розподілення:

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

Практично встановлено [6], що оптимальний фактор розподілення для машин пральних повинен бути 0,85–0,90. Для барабана діаметром 420 мм частота обертання становить 50–60 об/хв.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

2.2 Моделювання форми поверхні гребеня при віджимі білизни

Вилучення води з волокон у побутових пральних машинах є найбільш складним технічним завданням [2, 7]. Для цього барабан працює в режимі відцентрової сепарації. Процес центрифугування ділиться на два етапи. Після першого етапу центрифугування вологість тіста становить 110-120%, а після другого - 55-65%. Для досягнення вологості 110-120% швидкість обертання барабана має становити 350-400 об/хв, а для досягнення 55-65% швидкість обертання має бути збільшена до 1000 об/хв. Щоб розвинути таку швидкість обертання барабана, вагу машини необхідно збільшити до 100-120 кг. Це пов'язано з тим, що вага вологого тіста нерівномірно розподіляється в барабані і створює великі відцентрові сили за високих швидкостей обертання, які можна компенсувати збільшенням ваги. Розглянемо сили, що діють на різні елементи виробу (мал. 2.3 і МРМА 24.00.00.000 РР1) під час прискореного обертання барабана (під час переходу в режим віджимання):

1. Сила елемента тяжіння розглянутого F_T . Ця сила незначна, то нею нехтуємо.

2. Відцентрова сила інерції розглянутого виробу елемента $F_{Ц}$ прикладена до центру його мас і направлення по радіусу від осі обертання барабана:

$F_{Ц} = m \times \omega^2 \times h$, де ω – частота обертання в розглянутий барабану момент, h – відстань від тяжіння центру елемента до осі обертання барабану.

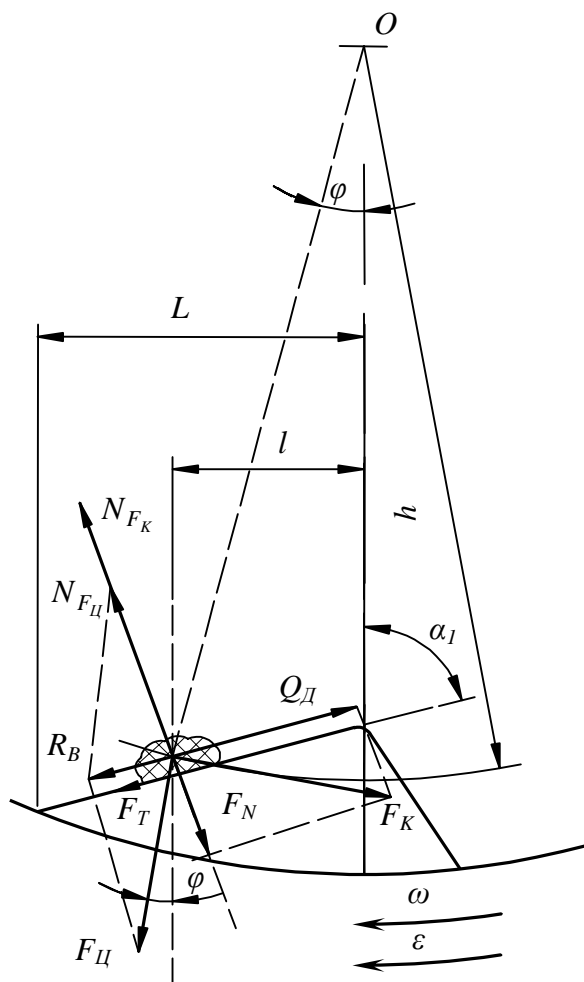


Рисунок 2.3 - Схема сил, що діють на окремий елемент виробу при переході до режиму віджимання

3. Сила інерції розглянутого виробу елемента F_K направлена по дотичній до траєкторії руху центру його тяжіння в сторону, протилежну напрямку обертання барабана: $F_K = m \times \epsilon \times h$, де ϵ – кутове прискорення барабану при збільшенні його обертання частоти до частоти віджимання.

4. Нормальна реакція $N_{F_{Ц}}$ поверхні бокової грані гребеня від тиску на неї розглянутого елемента виробу під дією сили $F_{Ц}$, що направлена перпендикулярно до гребеня поверхні: $N_{F_{Ц}} = F_{Ц} \times \cos(90^\circ - \alpha_1 + j)$, де α_1 – кут нахилу гребеня поверхні до площини, що проведена через вершину гребеня в радіальному напрямку, j – кут нахилу прямої, яка з'єднує тяжіння центр елемента з віссю обертання барабану.

5. Нормальна реакція N_{F_K} поверхні гребеня бокової грані від тиску на неї елемента виробу що віджимається під дією сили F_K , що направлена перпендикулярно до гребеня поверхні: $N_{F_K} = F_N = F_K \times \sin(90^\circ - a_1 + j)$.

6. Гранична сила тертя ковзання F_T , що виникає в площині зіткнення гребеня бокової грані з елементом і направлення в сторону, протилежну переміщенню даного елемента: $F_T = f_0 \times (N_{F_{Ц}} + N_{F_K})$, де f_0 – коефіцієнт тертя ковзання елемента по матеріалу гребеня бокової поверхні.

Представивши силу F_K як рівнодійну двох сил, направлених взаємно перпендикулярно по нормалі гребня поверхні бокової грані F_N і паралельно їй, знаходимо силу Q_D , що зрушує розглянутий елемент виробу по поверхні гребеня бокової грані при прискореному обертанні барабана:

$$Q_D = F_K \times \cos(90^\circ - a_1 + j). \quad (2.8)$$

Силу Q_B , що протидіє переміщенню виробу розглянутого елемента знаходимо як суму сил F_T і R_B :

$$Q_B = F_T + R_B, \quad (2.9)$$

де R_B – рівнодійна сила $F_{Ц}$ і $N_{F_{Ц}}$.

Тоді

$$Q_B = f_0 \times (N_{F_{Ц}} + N_{F_K}) + F_{Ц} \times \sin(90^\circ - a_1 + j). \quad (2.10)$$

Умова переміщення окремого розглянутого елемента по поверхні грані бокової гребеня, при розгоні барабана до частоти обертання режиму віджимання, має вигляд:

$$Q_D > Q_B. \quad (2.11)$$

Або з врахуванням (2.8) і (2.10):

$$F_K \times \cos(90^\circ - a_1 + j) > f_0 \times F_{II} \times \cos(90^\circ - a_1 + j) + f_0 F_K \times \sin(90^\circ - a_1 + j) + F_{II} \times \sin(90^\circ - a_1 + j) ,$$

звідки

$$\operatorname{tg}(90^\circ - a_1 + j) < \frac{F_K - f_0 \times F_{II}}{F_{II} + f_0 \times F_K}. \quad (2.12)$$

Внаслідок малої величини коефіцієнта f_0 добутками $f_0 \times F_{II}$ і $f_0 \times F_K$ ут можна знехтувати.

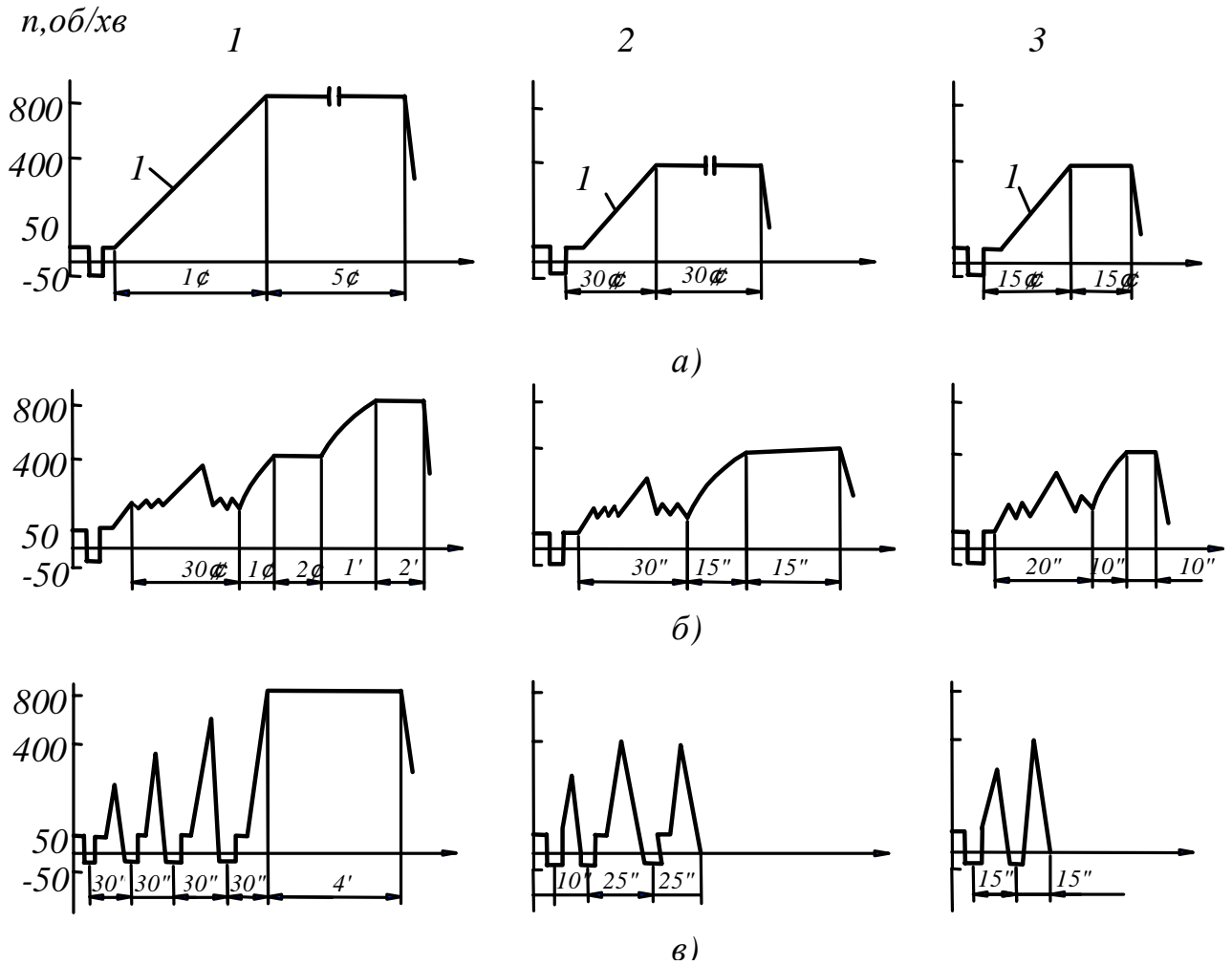
Тоді, з врахуванням залежностей для сил F_K та F_{II} з (4.12) можна зробити висновок, що для забезпечення виробів переміщення по поверхні гребенів в початковий період віджимання при розгоні величина кута барабана повинна визначатися співвідношенням $a_1 > \operatorname{arcctg} \frac{e}{w^2} + j$.

При цьому для грані бокової поверхні, яка відповідає вершині гребеня $j = 0$, а для лінії перетину бокової грані і барабана обичайки $j = \arcsin \frac{L}{R}$, тобто найбільша величина кута j залежить від співвідношення розмірів перерізу гребеня і поперечного барабану.

2.3 Аналіз способів виходу барабана на максимальну частоту обертання при віджимі

Аналіз пральних автоматичних машин показав, що способи виходу на максимальну частоту обертання можна згрупувати наступним чином:

1) Лінійне віджимання – в різних машинах тільки відрізняється крутизою лінії l (рис. 2.4, а); $S = dn/(dt)$;



а) лінійний; б) ступінчастий; в) переривчастий;

1) льон; 2) синтетика; 3) вовна.

Рисунок 2.4 - Способи виходу барабану на максимальну частоту обертання:

2) Ступінчасте віджимання – віджимання при якому число ступенів і їх рівні приймають різне (рис. 2.4, б);

3) Переривчасте віджимання – віджимання, при якому число переривань і їх число рівнів приймають різне (рис. 2.4, в).

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

Кожна з цих груп має свої тканини для модифікації. Крім того, в ряді машин для кращої розподілу тканини по барабану поверхні режим віджимання починається при неповності злитій води.

Сучасні пральні машини з електронною пам'яттю зберігають кілька програм віджимання. У пральну машину вставляється датчик вібрації. У разі перевищення амплітуди вібрації бака датчик спрацьовує і подає сигнал на зупинку віджимання і перемикає на другу програму віджимання.

Таким чином, усі програми випробовуються доти, доки білизну не буде рівномірно розподілено і віджато. Якщо у всіх програмах не вдається досягти бажаної швидкості віджимання, у бак додають воду і пробують новий цикл віджимання. Якщо і це не допомагає, вам буде запропоновано викласти білизну в лінію вручну.

Висновки до другого розділу.

У розділі 2 цієї роботи аналізуються гідродинамічні процеси в пральній машині барабанного типу. Проведено моделювання форми гребневої поверхні в процесі віджимання білизни. Запропоновано нову форму гребневої поверхні, яка забезпечує більш рівномірний розподіл білизни під час переходу в режим віджимання.

3 РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ВУЗЛІВ МАШИНИ

3.1 Вихідні дані для розрахунку

Маса завантаження $m = 5 \text{ кг}$;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Вага шківів $Q_1 = 1,6$; $Q_2 = 3,8$;

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

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

Площа поперечного перерізу паса $S_{nn} = 47 \times 10^{-6} \text{ м}^2$;

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

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

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

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

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

3.2 Розрахунок споживаної потужності робочого барабана пральної машини при пранні

У пральних машинах з робочим барабаном момент ефективного опору в режимі прання визначається рівновагою між масами продукту і рідини в середині барабана [7]. Під час обертання внутрішнього барабана продукт, що перебуває в ньому, піднімається за гребені.

Одночасно з підйомом продукту піднімається і частина рідини. Продукт і рідина мають форму циліндричних сегментів, злегка зміщених відносно перпендикуляра до напрямку обертання (рис. 3.1). та МРМА 24.00.00.000 РР2.

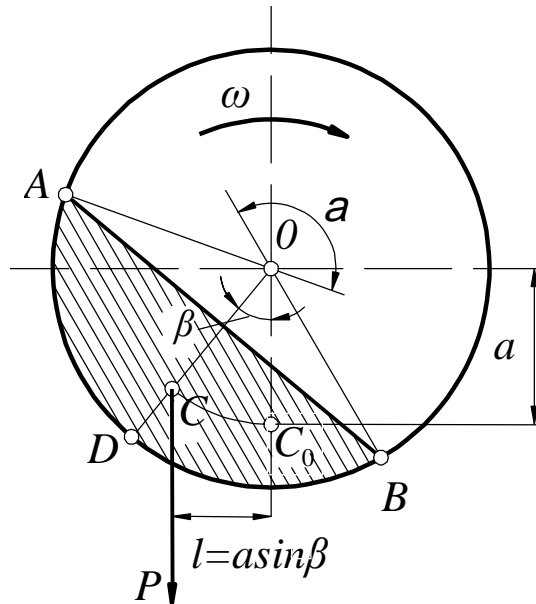


Рисунок 3.1 - Схема навантаження робочого барабана

Визначаємо об'єм барабана:

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

де D – діаметр барабана, m ;

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

L – довжина барабана, м.

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

Приймається висота гребенів рівною $(0,12...0,15)D$. Приймаємо $h = 0,14D$ [14].

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

Площа гребенів поперечного перерізу:

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

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

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

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

Тоді за формулою, визначається об'єм вмісту барабана:

$$V_{\text{об}} = \frac{m}{r} + mn, \quad (3.3)$$

де m – маса завантаження, м;

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

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

Площа поперечного вмісту 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:

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

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

Коефіцієнт об'єму використання барабану:

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

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

Значення сегмента центрального кута a , рад знаходимо з рівняння:

$$K(a) = \frac{a - \sin(a)}{2\rho}, \quad (3.7)$$

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Для цього будемо залежність $K = f(a)$. Задаємося $a = 0..2\rho$.

Таблиця 3.1 - Коефіцієнт об'єму використання барабану

a	0	$\rho/6$	$\rho/3$	$\rho/2$	ρ	$3\rho/2$	2ρ
$K(a)$	0	0,01	0,03	0,1	0,49	0,8	0,99

За результатами табл. 3.1 будемо залежність $K(a)$ рис. 3.2 та МРМА 24.00.00.000 РР2. Для $K = 0,484$ $a = 3,091$ рад.

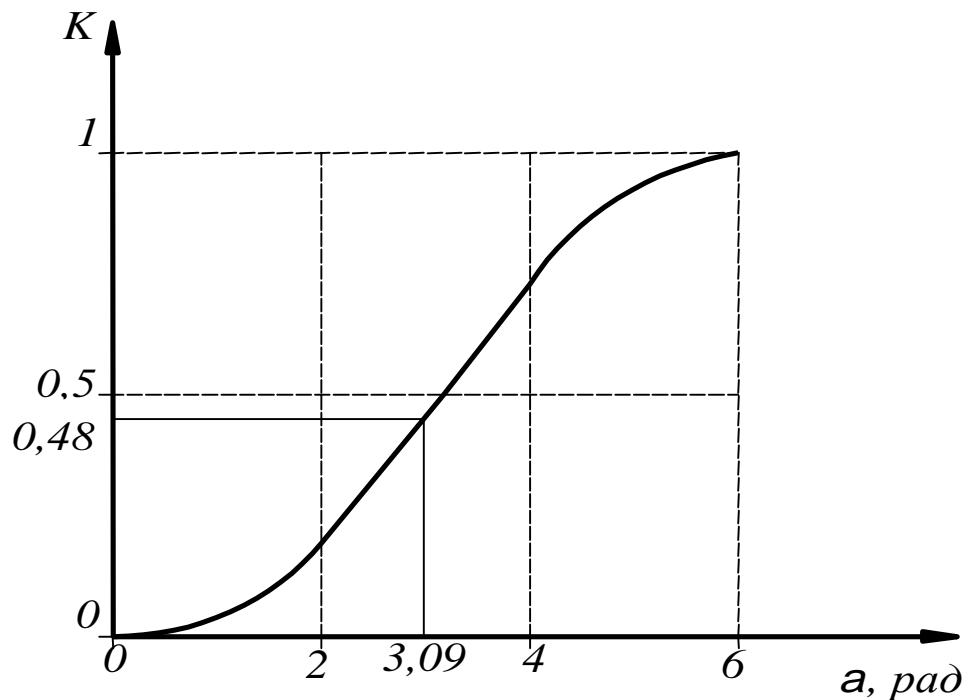


Рисунок 3.2 - Залежність коефіцієнта об'єму використання барабану від центрального кута сегмента

Довжина хорди сегмента:

$$L_x = D \times \sin \frac{a}{2} \quad (3.8)$$

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

Відстань від ваги центру сегмента до осі обертання барабану:

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

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

Об'єм рідини в барабані:

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

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

Маса рідини:

$$m_p = \rho V_p \quad (3.11)$$

де ρ – питома маса рідини кг/м^3 .

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

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

Сила вмісту ваги барабана:

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

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

де g – прискорення вільного падіння.

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

Визначаємо момент корисного опору враховуючи коефіцієнт динамічності k_0 , значення якого приймаємо в діапазоні 1,1...1,2 [7]. Прийmemo $k_0 = 1,2$:

$$M_{ко} = k_0 Pl , \quad (3.13)$$

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

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 валів поверхонь, що ущільнюються, м .

$$l_1 = 0,03 + \frac{0,03}{2} = 0,045 \text{ м}, \quad l_2 = 2 \times 0,03 = 0,06 \text{ м}, \quad l_3 = 0,03 \text{ м} .$$

Маса стінок барабана:

– маса барабана передньої стінки:

$$m_{нс} = \frac{\rho}{4} dr_m (D^2 - D_{нс}^2), \quad (3.15)$$

де d – товщина стінки, m ;

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

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

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

– маса ободу:

$$m_{об} = \rho D L d r_m, \quad (3.16)$$

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

– маса задньої стінки барабана:

$$m_{zc} = \frac{\rho}{4} d r_m D^2, \quad (3.17)$$

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

Сила ваги барабана:

$$P_{\bar{o}} = (m_{nc} + m_{об} + m_{zc}) g, \quad (3.18)$$

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

Кут обхвату меншого шківa:

$$a_u = \rho - \frac{\rho}{3} \times \frac{D_2 - D_1}{a}, \quad (3.19)$$

де a – міжосьова відстань передачі, м ;

D_1, D_2 – діаметри обох шківів, м .

$$a_u = 3,14 - \frac{3,14}{3} \times \frac{0,32 - 0,06}{0,365} = 2,396 \text{ м} .$$

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

$$P_n = 2s_n S_{mn} \sin \frac{\alpha_u}{2} \quad (3.20)$$

де S_{mn} – площа поперечного перерізу паса, м^2 .

$$P_n = 2 \times 1,6 \times 10^6 \times 47 \times 10^{-6} \sin \frac{2,396}{2} = 140,06 \text{ Н} .$$

Реакцію опор знаходимо з рисунка 3.3, або МРМА 24.00.00.000 РР2.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

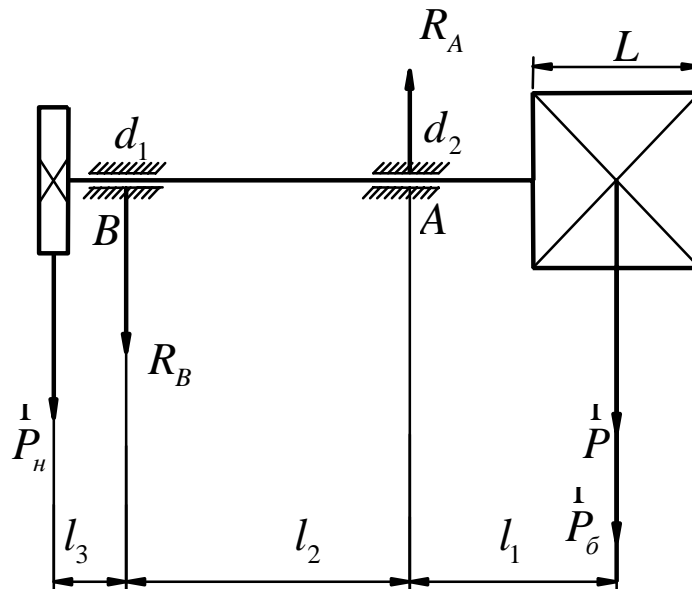


Рисунок 3.3 - Схема навантаження вала пральної машини барабанного типу з фронтальним завантаженням

$$R_A = \frac{P(l_1 + l_2) + P_{\sigma}(l_1 + l_2) - P_H l_3}{l_2}, \quad (3.21)$$

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

$$R_B = \frac{(P + P_{\sigma})l_1 - P_H(l_2 + l_3)}{l_2}, \quad (3.22)$$

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

Для перевірки рівняння запишемо проєктуєчи сил на вісь ординат:

$$- P - P_{\sigma} + R_A - R_B - P_H = 1,137 \times 10^{-13},$$

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

$$- 343,35 - 20,614 + 1,483 \times 10^3 - 978,86 - 140,06 = 1,137 \times 10^{-13}.$$

Момент опору від сил тертя при коефіцієнті тертя із діапазону 0,001...0,004 для кулькових підшипників приймаємо $f = 0,002$ [19].

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

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

$$M_{mp} = 0,002 \times \frac{1,483 \times 10^3}{C} \times \frac{0,03}{2} + 978,86 \times \frac{0,03}{2} = 0,074 \text{ Н} \times \text{м}.$$

Коефіцієнт тертя в ущільненнях:

$$f_1 = 1,1 \frac{0,8}{C \sqrt{W \frac{d_1}{2} + 1}} + 0,2 \quad (3.24)$$

де W – кутова швидкість барабану, c^{-1} .

$$f_1 = 1,1 \frac{0,8}{C \sqrt{5 \times \frac{0,03}{2} + 1}} + 0,2 = 1,019.$$

$$f_2 = 1,1 \frac{0,8}{C \sqrt{W \frac{d_2}{2} + 1}} + 0,2 \quad (3.25)$$

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

$$f_2 = 1,1 \times \frac{0,8}{5 \times \frac{0,03}{2} + 1} + 0,2 = 1,019.$$

Сумарний момент від сил тертя в ущільненнях:

$$M = M_{ко} + M_{тр}, \quad (3.26)$$

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

Потужність двигуна при пранні в усталеному режимі при ККД $h = 0,98$

:

$$N_{уст} = \frac{Mw}{h}, \quad (3.27)$$

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

3.3 Розрахунок пускової потужності барабана пральної машини

Момент інерції барабана:

$$I_{\sigma} = \frac{m_{nc} D^2}{8} + \frac{m_{nc} D^2}{2} - \frac{m_{nc} D^2}{8} + \frac{m_{об} D^2}{2}, \quad (3.28)$$

де D – діаметр барабану, $м$;

$m_{об}$ – маса обводу, $кг$;

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

m_{nc} – маса передньої стінки, кг;

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

$$I_{\sigma} = 1,254 \times \frac{0,514^2}{2} + \frac{0,361}{2} \times \frac{0,514^2}{2} - \frac{0,26^2}{2} + \frac{1,254}{2} \times \frac{0,514^2}{2} = 0,14 \text{ кг} \times \text{м}^2.$$

Маса мокрих виробів:

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

де m – маса завантаження, кг;

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

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

Маса рідини, яка при обертанні барабана захоплюється виробами:

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

де V_p – об'єм рідини в барабані м^3 .

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

Момент інерції миючого розчину і виробів з рівняння:

$$I_k = \frac{m_m + m_{zp}}{2} \times \frac{D^2}{2} + \frac{1}{6} \times \frac{2 \sin a - \sin 2a}{a - \sin a} \times \frac{D^2}{2}, \quad (3.31)$$

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

де a – кут сегмента, rad .

$$I_k = \frac{20,8 + 16,25 \frac{a}{e} + 0,514 \frac{a^2}{\delta} \frac{a}{e}}{2} + \frac{1}{6} \times \frac{2 \times \sin 3,091 - \sin 2 \times 3,091}{3,091 - \sin 3,091} \frac{a^3}{\delta} = 1,12 \text{ кг} \times \text{м}^2.$$

Моменти інерції шківів:

$$I_{ш1} = \frac{0,6 Q_1 D_1^2}{4g}; \quad I_{ш2} = \frac{0,6 Q_2 D_2^2}{4g}, \quad (3.32)$$

де Q_1, Q_2 – вага шківів, $кг$;

D_1, D_2 – діаметри шківів, $м$.

$$I_{ш1} = \frac{0,6 \times 1,6 \times 0,06^2}{4 \times 9,81} = 0,0001 \text{ кг} \times \text{м}^2;$$

$$I_{ш2} = \frac{0,6 \times 3,8 \times 0,32^2}{4 \times 9,81} = 0,0059 \text{ кг} \times \text{м}^2.$$

Момент інерції ротора двигуна:

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

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

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

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Приведений момент інерції до вала двигуна:

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

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

Динамічний момент на валу електродвигуна:

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

де P – сила ваги вмісту барабана, H ;

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

t – час розгону барабана, $с$.

$$N_{II} = 21,1 \times 5 \times \frac{0,32}{0,06} + 0,6 \times 80,46 + \frac{140,06 \times 0,086 \times (1 - \cos 3,091)}{0,15} = 670 \text{ Вт} .$$

3.4 Розрахунок і проектування пружної підвіски барабана пральної машини

Збільшення швидкості обертання барабана під час миття обмежується критичною швидкістю, за якої продукт притискається до внутрішньої поверхні барабана відцентровими силами і процес змішування переривається.

Критична кутова швидкість визначається з такого співвідношення:

$$\Phi = F_{\text{ц}} / P_T = mW^2 D / 2mg = W^2 D / 2g, \quad (3.36)$$

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

де Φ – фактор розділення, H ;

$F_{ц} = m\omega^2 D/2$ – відцентрова сила;

m – маса барабана, $кг$;

D – діаметр барабана, $м$;

ω – кутова швидкість, $с^{-1}$;

P_T – сила тяжіння, H .

З формули (3.36) визначаємо кутову критичну швидкість $\omega_{кр}$ при $\Phi = 1$:

$$\omega_{кр} = \sqrt{\frac{2g}{D}}, \quad (3.37)$$

$$\omega_{кр} = \sqrt{\frac{2 \times 9,81}{0,514}} = 6,18 \text{ рад/с.}$$

Критична частота:

$$n_{кр} = \frac{\omega_{кр}}{2\pi}, \quad (3.38)$$

$$n_{кр} = \frac{6,18}{2 \times 3,14} = 58,8 \text{ об/хв.}$$

Робоча частота обертання барабана при пранні не повинна бути більша $[n] = 0,87n_{кр} = 51,16 \text{ об/хв.}$ При розрахунку потужності барабанної пральної машини приймаємо:

$$n = \frac{30\omega}{\rho}, \quad (3.39)$$

$$n = \frac{30 \times 5}{3,14} = 47,77 \text{ об/хв.}$$

Так, як $n < [n]$, то за фактором розділення умова прання виконується. Частота обертання барабана на операцію віджимання $n_0 \gg n_{кр}$.

При такій частоті обертання виникають періодичні, значні динамічні навантаження, які передаються на опори машини і основу барабана. Перехід при запуску через резонанс режиму віджимання білизни залежить від маси барабану з білизною і пральною рідиною m_a , коефіцієнта пружності пружних елементів рис. 3.4 та МРМА 24.00.00.000. РР2 [7]. Особливо небезпечним явище резонансу є коли власна частота коливань ω_0 дорівнює частоті вимушених W .

У резонансній області вплив затухання при $W > 1,3\omega_0$ незначний і може не враховуватись. Зниження власної частоти коливань ω_0 вигідно, оскільки при цьому через резонанс перехід ($\omega_0 = W$) буде здійснюватись при менших обертах барабана з меншою втратою на вібрацію [18].

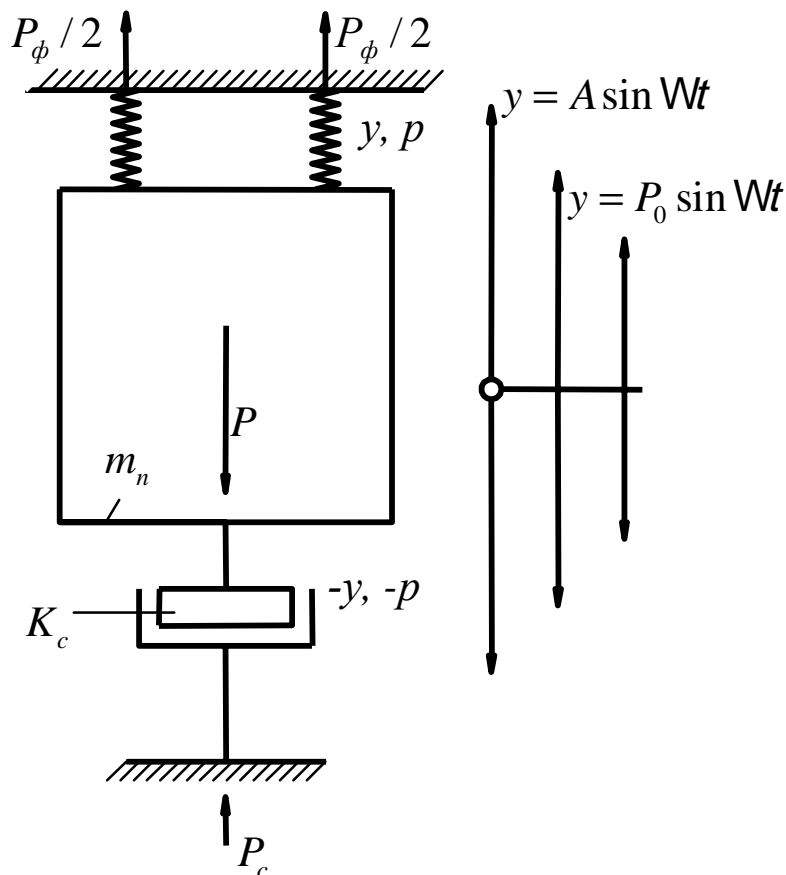


Рисунок 3.4 - Розрахункова схема пружної підвіски робочого барабана

Виходячи із вище вказаного підберемо значення власної частоти коливань барабана ω_0 таким чином, щоб виконувалась умова:

$$\omega_0 = W = 2\rho n_{кр}, \quad (3.40)$$

Враховуючи формули (3.38) і (3.40) $\omega_0 = \omega_{кр} = 6,18 \text{ рад/с}$. З іншої сторони:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m_a}}, \quad (3.41)$$

Маса барабану з пральною рідиною і білизною визначається по формулі:

$$m_S = m + m_p + m_{nc} + m_{об} + m_{zc} + m_n, \quad (3.42)$$

де m – маса завантаження, кг;

$m_{об}$ – маса ободу, кг;

m_p – маса рідини, кг;

m_{zc} – маса задньої стінки, кг;

m_{nc} – маса передньої стінки, кг;

m_n – маса демпфуючих елементів, кг.

$$m_S = 5 + 30 + 0,361 + 1,254 + 0,486 + 70 = 107,1 \text{ кг}.$$

Тобто, коефіцієнт сумарної жорсткості з формули (3.41):

$$k = W^2 m, \quad (3.43)$$

$$k = 6,18^2 \times 107,1 = 4090,15 \frac{H \times c}{m}.$$

Коефіцієнт затухання визначаємо за формулою:

$$n = \frac{k_c}{m}, \quad (3.44)$$

де k_c – коефіцієнт опору гідроелектричного демпфера.

Коефіцієнт сумарної жорсткості визначається жорсткістю пружних демпферів k_n і коефіцієнтом гідроелектричного опору демпфера k_c , які будуть визначені при розрахунках демпферів.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Визначаємо значення від дисбалансу сили при резонансі:

$$P_{кр} = \frac{m_0 D}{2} \omega_0^2 = \frac{0,15 m D}{2} \omega_0^2, \quad (3.45)$$

$$P_{кр} = \frac{0,15 \times 5 \times 0,514}{2} \times 6,18 = 7,36 \text{ Н}.$$

Визначаємо амплітудне значення від дисбалансу сили при максимальній частоті віджимання $\omega_{max} = 146 \text{ рад/с}$:

$$P_{max} = \frac{0,15 m D}{2} \omega_{max}^2, \quad (3.46)$$

$$P_{max} = \frac{0,15 \times 5 \times 0,514}{2} \times 146^2 = 4108,65 \text{ Н}.$$

Визначаємо значення амплітуди вимушених коливань барабана при максимальній частоті віджимання:

$$A = \frac{P_{max}}{k} \frac{1}{\frac{\omega_{max}^2}{\omega_0^2} - 1}, \quad (3.47)$$

$$A = \frac{4108,65}{4090,15} \times \frac{1}{\frac{146^2}{6,18^2} - 1} = 0,0018 \text{ м}.$$

Визначимо величину сили, що діє на фундамент за формулою:

$$P_{\phi} = \frac{P_{\max}}{\frac{W_{\max}^2}{W_0^2} - 1}, \quad (3.48)$$

$$P_{\phi} = \frac{4108,65}{\frac{146^2}{6,18^2} - 1} = 7,37 \text{ Н}.$$

Визначаємо коефіцієнт передачі сили:

$$k_{nc} = \frac{P_{\phi}}{P_{\max}}, \quad (3.49)$$

$$k_{nc} = \frac{7,37}{4108,65} = 0,0018.$$

3.5 Розрахунок демпфуючої системи

3.5.1 Розрахунок гідравлічного демпфера

У гідравлічних демпферах коливання гасяться. Це відбувається завдяки дії в'язкого тертя, яке розсіює енергію відповідно до другого закону Ньютона. Рівняння руху поршня зі штоком має такий вигляд:

$$m_{\text{с}} \ddot{z} + k_n \dot{z} + k_c z = 0, \quad (3.50)$$

де \ddot{z} , \dot{z} , z – переміщення, прискорення та швидкості штока з поршнем;
 $m_{\text{с}}$ – маса барабана з пральною рідиною і білизною, кг; k_c – коефіцієнт в'язкого тертя;

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

k_n – жорсткість пружних демпферів.

В канонічній формі можна рівняння (3.50) записати наступним чином:

$$z + \frac{k_n}{m_S} z + \frac{k_c}{m_S} z = 0. \quad (3.51)$$

Розв'язок рівняння (3.51) має вигляд:

$$z(t) = A e^{-bt} (\sin \omega t + j_0), \quad (3.52)$$

де A, j_0 – сталі інтегрування, які визначаємо з початкових умов (A – початкова амплітуда, m ;

j_0 – початкова фаза коливань, rad);

t – час, s ;

ω_0 – частота вільних коливань з в'язким тертям, rad/s .

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 + b^2}. \quad (3.53)$$

Розв'язок рівняння (3.52) можливий лише при умові:

$$\omega_0^2 - b^2 > 0 \text{ або } k_c^2 < 4m_S k_n. \quad (3.54)$$

Якщо $k_c^2 < 4m_S k_n$, то коливання не виникають.

При наявності сил в'язкого тертя амплітуда коливань звичайно залежить від часу t і визначається за формулою:

$$A(t) = A e^{kt} \quad (3.55)$$

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Розрахунок гідравлічного демпфера включає в себе визначення його конструктивних розмірів, параметрів, калібрувальних отворів і клапанів. Основним конструктивним розміром демпфера є діаметр поршня d_n , який обирають таким чином, щоб максимальний тиск рідини, відповідний максимальному зусиллю, не перевищував допустиму межу ($[p] < 2,5 \text{ МПа}$) [8], а температура нагріву демпфера становила 100°C .

Виходячи із сказаного вище задаємося діаметром поршня $d_n = 0,03 \text{ м}$. Об'єм рідини, що витісняється поршнем, більший за простір над поршнем на величину введеного об'єму штока. Об'єм рідини проходить через калібрований отвір поршня. Різниця між площею верхньої та нижньої поверхонь поршня дорівнює площі штока. S_u . Діаметр поршня в залежності від діаметра штока: $d_u = (0,2, 0,5)$ [8].

Діаметр штока $d_u = (0,2, 0,5) \times 30 = 6..15 \text{ мм}$. Приймаємо $d_u = 6 \text{ мм}$.

Площа штока визначається:

$$S_u = \frac{\rho d_u^2}{4}, \quad (3.56)$$

$$S_u = \frac{3,14 \times 0,006^2}{4} = 2,8 \times 10^{-5} \text{ м}^2.$$

Максимальна сила стиску опору визначається за формулою:

$$P_{on.max} = S_u [p], \quad (3.57)$$

$$P_{on.max} = 2,8 \times 10^{-5} \times 2,5 \times 10^6 = 70,65 \text{ Н}.$$

Приймаємо конструктивну довжину демпфера в залежності від діаметра поршня $l = 3..5d_n$, $l = 0,09..0,15 \text{ м}$.

Площу отворів в поршні визначаємо за формулою:

$$S_{om} = \frac{(S_n - S_u)}{m} \times \sqrt{\frac{g[p]}{2g}}, \quad (3.58)$$

де m – коефіцієнт витрати $m=0,6...0,75$ [8]. Приймаємо $m=0,7$;

g – питома маса рідини;

S_n – площа поршня, m^2 .

Площу поршня визначаємо за формулою:

$$S_n = \frac{\rho d_n^2}{4}, \quad (3.59)$$

$$S_n = \frac{3,14 \times 0,03^2}{4} = 7,1 \times 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Розрахункова площа всіх отворів в поршні $S_{om} = 0,000021 \text{ м}^2$. Задаємося кількістю отворів $n = 3$, тоді площа одного отвору визначається:

$$s = S_{om}/n, \quad (3.60)$$

$$s = 0,000021/3 = 7,1 \times 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Діаметр отворів знаходимо за формулою:

$$d_{om} = \sqrt{\frac{4s}{\rho}}, \quad (3.61)$$

$$d_{om} = \sqrt{\frac{4 \times 7,1 \times 10^{-6}}{3,14}} = 0,003 \text{ м.}$$

Приймаємо що діаметри отворів в силовому циліндрі рівні діаметрам отворів в поршні [8]. Тоді площа отворів в силовому циліндрі:

$$S_u = \frac{\rho d^2}{4} i, \quad (3.62)$$

де i – кількість отворів в силовому циліндрі. Приймаємо $i = 2$.

$$S_u = \frac{3 \times 0,003^2}{4} \times 2 = 0,000014 \text{ м}^2.$$

Загальна площа отворів:

$$S_S = S_u + S_{om}, \quad (3.63)$$

$$S_S = 0,000014 + 0,00002 = 0,000034 \text{ м}^2.$$

В якості робочої рідини гідравлічного демпфера приймаємо: масло «Індустріальне 20», густиною $\rho = 890 \text{ кг/м}^3$, модуль пружності $E = 1,39 \times 10^9 \text{ Па}$, кінематична в'язкість при $t = 20^\circ\text{C}$ $\nu = 0,48 \times 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$.

3.5.2 Розрахунок пружинного демпфера

Пружинний демпфер складається з трьох пружин, кожна з яких несе частину загального навантаження. Вихідні дані: сила пружини за попередньої деформації $F_1 = 20 \text{ Н}$, сила пружини за деформації спрацьовування $F_2 = 80 \text{ Н}$, діаметр пружини за попередньої деформації зі схеми пружинного демп-

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

фера $D_{np1} = 25$ мм, витривалість пружини $N_F = 3 \cdot 10^7$, максимальна швидкість переміщення рухомого кінця пружини $J_{max} = 5$ м/с. Хід спрацьовування пружини $h = 5$ мм.

Зусилля пружини при максимальній деформації визначається за таким рівнянням:

$$F_3 = \frac{F_2}{1 - d}, \quad (3.64)$$

де d – інерційний відносний зазор в інтервалі від 0,05 до 0,025.

$$F_3 = \frac{80}{1 - (0,05 \text{ , } 0,25)} = 84,107 \text{ Н.}$$

Приймаємо пружину: силою $F_3 = 95$ Н; зовнішнім діаметром $D_{np1} = 25$ мм; діаметр дроту $d_\phi = 2,2$ мм. Жорсткість витка $c_1 = 19,38$ Н/мм; найбільший прогин витка $s\phi = 4,643$ мм [8].

Максимальне дотичне напруження пружини:

$$t_3 = \frac{8F_3D_{np1}}{\rho d_\phi}, \quad (3.65)$$

$$t_3 = \frac{8 \times 95 \times 0,025}{3,14 \times 0,0022^3} = 568,3 \times 10^6 \text{ Па.}$$

Визначаємо швидкість критичну за формулою:

$$J_{кр} = \frac{t_3 \frac{F_2}{e} - \frac{F_3}{\varnothing}}{\sqrt{2Gr} \times 10^{-3}}, \quad (3.67)$$

де G – модуль зсуву. Для пружинної сталі $G = 7,85 \times 10^4$ МПа;

r – динамічна густина матеріалу $r = 8 \times 10^3 \frac{H \times c^2}{m^4}$ [8].

$$J_{кр} = \frac{568,3 \times \frac{80}{95}}{\sqrt{2 \times 7,85 \times 10^4 \times 8 \times 10^3 \times 10^{-3}}} = 2,57 \text{ м/с}.$$

Жорсткість пружини знаходимо за формулою:

$$c = \frac{F_2 - F_1}{h}, \quad (3.68)$$

$$c = \frac{80 - 20}{0,005} = 12000 \text{ Н/м}.$$

Число робочих витків пружини:

$$n = \frac{c_1}{c}, \quad (3.69)$$

$$n = \frac{19380}{12000} = 1,62.$$

Повне число витків:

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

$$n_1 = n + n_2, \quad (3.70)$$

де n_2 – число опорних витків $n_2 = 1,5$ [8].

$$n_1 = 1,62 + 1,5 = 3,12$$

Середній діаметр пружного елемента:

$$D_{np} = D_{np1} - d_\delta, \quad (3.71)$$

$$D_{np} = 0,025 - 0,0022 = 0,0228.$$

Індекс пружного елемента:

$$i = \frac{D_{np}}{d_\delta}, \quad (3.72)$$

$$i = \frac{0,0228}{0,0022} = 10,36.$$

Попередня деформація пружного елемента:

$$s_1 = \frac{F_1}{c}, \quad (3.73)$$

$$s_1 = \frac{20}{12000} = 0,0017 \text{ м.}$$

Робоча деформація пружного елемента:

$$s_2 = \frac{F_2}{c}, \quad (3.74)$$

$$s_2 = \frac{80}{12000} = 0,0067 \text{ м.}$$

Максимальна деформація пружного елемента:

$$s_3 = \frac{F_3}{c}, \quad (3.75)$$

$$s_3 = \frac{95}{12000} = 0,0079 \text{ м.}$$

Довжина пружного елемента при максимальній деформації:

$$l_3 = (n_1 + 1)d_0, \quad (3.76)$$

$$l_3 = (12 + 1) \times 0,0022 = 0,0091 \text{ м.}$$

Довжина пружного елемента у вільному стані:

$$l_0 = l_3 + s_3, \quad (3.77)$$

$$l_0 = 0,0091 + 0,0079 = 0,017 \text{ м.}$$

Довжина пружного елемента при попередній деформації:

$$l_1 = l_0 - s_1, \quad (3.78)$$

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

$$l_1 = 0,017 - 0,0017 = 0,0153 \text{ м.}$$

Крок пружного елемента у вільному стані $t = d_0 = 0,0022 \text{ м.}$

Напруження в пружному елементі при попередній деформації:

$$t_1 = \frac{F_1}{F_3} t_3, \quad (3.79)$$

$$t_1 = \frac{20}{95} \times 568,3 \times 10^6 = 116,64 \times 10^6 \text{ Па.}$$

Напруження в пружному елементі при робочій деформації:

$$t_2 = \frac{F_2}{F_3} t_3, \quad (3.80)$$

$$t_2 = \frac{80}{95} \times 568,3 \times 10^6 = 478,57 \times 10^6 \text{ Па.}$$

Коефіцієнт, що враховує кривизну витка пружного елемента:

$$k = \frac{4i - 1}{4i + 4} + \frac{0,615}{i}, \quad (3.81)$$

$$k = \frac{4 \times 10,36 - 1}{4 \times 10,36 + 4} + \frac{0,615}{10,36} = 0,9.$$

Довжина розверненого пружного елемента:

$$l \gg 3,2D_{np}n_1, \quad (3.82)$$

$$l = 3,2 \times 0,0228 \times 3,12 = 0,23 \text{ м.}$$

Маса пружного елемента:

$$m \gg 19,25 \times 10^{-6} D_{gh} d_{\delta}^2 n_1, \quad (3.84)$$

де D_{np} , d_{δ} підставляємо в мм.

$$m = 19,25 \times 10^{-6} \times 22,8 \times 2,2^2 \times 3,12 = 0,0066 \text{ кг.}$$

Об'єм, який займає пружний елемент:

$$V = 0,785 D_{np}^2 l_1, \quad (3.85)$$

$$V = 0,785 \times 0,025 \times 0,0153 = 0,0003 \text{ м}^3.$$

Внутрішній діаметр пружини:

$$D_{np2} = D_{np1} - 2d_{\delta}, \quad (3.86)$$

$$D_{np2} = 0,025 - 2 \times 0,0022 = 0,0206 \text{ м.}$$

Максимальна енергія, яка накопичується пружним елементом:

$$U = \frac{F_3 s_3}{2}, \quad (3.87)$$

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

$$U = \frac{95 \times 0,0079}{2} = 0,375 \text{ Дж.}$$

Висновки до третього розділу.

У розділі 3 цієї роботи було проведено низку розрахунків для перевірки ефективності запропонованої конструкції. Зокрема, було розраховано потужність, споживану барабаном пральної машини під час прання. Також було розраховано пускову потужність барабана пральної машини. Було спроектовано та розраховано пружну підвіску барабана пральної машини.

					МРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		69

ВИСНОВКИ

Розглянуто та проаналізовано наявні технічні та технологічні рішення щодо проведення кваліфікаційних випробувань. Визначено шляхи підвищення продуктивності пральних машин барабанного типу.

Розглянуто технічні процеси прання та віджимання в пральних машинах барабанного типу. Проаналізовано гідромеханічні процеси в пральних машинах барабанного типу.

Проведено моделювання форми гребневої поверхні під час віджимання білизни та запропоновано нову форму гребневої поверхні, що забезпечує рівномірніший розподіл білизни під час виходу на режим віджимання.

Запропоновано режим, за якого барабан досягає максимальної швидкості обертання. Для перевірки ефективності запропонованої конструкції було проведено низку розрахунків.

Зокрема, було розраховано споживану потужність і потужність запуску барабана пральної машини під час прання. Для збільшення швидкості обертання барабана під час віджимання та забезпечення плавного руху робочого органу було розроблено конструкцію демпфера.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.
70

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Попович М. Г. Електричні машини та електропривод побутової техніки: Підручник / М. Г. Попович, Л. Ф. Артеменко. – Київ: Либідь, 2004. – 352 с.
2. ДСТУ EN 60456:2017 (EN 60456:2016, IDT; IEC 60456:2010, MOD). Машини пральні побутові. Методи вимірювання функційних характеристик. — Чинний від 2019-01-01.
3. ДСТУ 4351:2014. Енергозбереження. Енергетичне маркування електрообладнання побутової призначеності. Визначення енергетичної ефективності пральних машин. — Чинний від 2015-07-01.
4. ДСТУ 2721-94. Машини пральні побутові. Загальні технічні умови. - Чинний від 01.07.95. К.: Держстандарт України,1994. - 108 с.
5. Блог з ремонту побутової техніки. URL: <https://gayka.com.ua/blog-majstra/> (дата звернення: 03.10.2024).
6. 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 I. - С. 30-32.
7. Петко І.В. Електропобутова техніка / І.В. Петко, О.П. Бурмістенков, Т.Я. Біла, М.Є. Скиба. – Хмельницький: ХНУ, 2017. – 213 с.
8. Бондаренко М. Й. Інженерне проектування та розрахунок електропобутової техніки : навч. посіб. / М. Й. Бондаренко, С. А. Демішонкова. – Київ : КНУТД, 2019. – 185 с.
9. Устаткування для сервісного обслуговування електропобутової техніки : навч. посіб. : [для студентів спец. ”Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка” освіт. програми ”Електропобут. техніка”] / М. Й. Бондаренко, Т. І. Кулік ; М-во освіти і науки України, Київ. нац. ун-т технологій та дизайну. — Київ : КНУТД, 2019. — 267 с. : іл., табл. — Бібліогр.: с. 267.

10. Мандрус В. І., Лещій Н. П., Зв'ягін В. М. Машинобудівна гідравліка. Задачі та приклади розрахунків. – Львів: Світ, 1995. – 264с.

11. Електропобутові товари : навч. посіб. / Г. А. Рижкова ; Дніпропетр. ун-т економіки та права. — Д. : ДУЕП, 2009. — 158 с. : іл., табл. — Бібліогр.: с. 158.

12. Воляник О.Ю. Дослідження взаємодії робочих органів барабана відцентрової машини з оброблюваним матеріалом. Вісник КНУТД №5, 2020. С. 14-22.

13. Кіницький Я.Т. Теорія механізмів і машин[Текст]:підручник/ Я.Т. Кіницький.-К.:Наукова думка,2002.-659с.

14. О. Ю. Воляник, І. В. Петко Дослідження взаємодії обичайки та гребенів барабану з оброблюваним матеріалом під час обертання барабану з підвищеною швидкістю / Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. – 2019. – №2. – С. 32–36.

15. Інноваційна техніка для побуту : навч. посіб. [для викладачів та студентів закл. вищої освіти, які навчаються за спец. 076 "Підприємництво, торгівля та біржова діяльність"] / Доманцевич Н. І. ; Центр. спілка спожив. т-в України, Львів. торг.-екон. ун-т. — Львів : Вид-во Львів. торг.-екон. ун-ту, 2018. — 117 с. : іл., табл. — Бібліогр.: с. 110–113.

16. Системи керування електропобутовими приладами : навч. посіб. / А. О. Лозинський, Б. Л. Копчак, В. В. Бушер ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т "Львів. політехніка", Одес. нац. політехн. ун-т. — Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2010. — 301 с. : іл., табл. — Бібліогр.: с. 301.

17. 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.

18. Основи електропобутової техніки : навч. посіб. / І. В. Петко, О. П. Бурмістенков, Т. Я. Біла ; М-во освіти і науки України, Київ. нац. ун-т техно-

логій та дизайну, Каф. електромеханічних систем. — К. : КНУТД, 2013. — 238 с. : іл., табл. — Бібліогр.: с. 237.

19. Ремонт та діагностика електропобутової техніки : навч. посіб. [для студ. спец. 7(8).05070206 напрям підготов. 6.051602] / М. Й. Бондаренко, І. В. Панасюк ; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Київ. нац. ун-т технологій та дизайну. — К. : КНУТД, 2013. — 326 с. : іл., табл. — Бібліогр.: с. 325–326.

					МРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		73

Додаток А

					МРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		74