

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Розробка енергоефективної пральної
машини

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


Шифр БРМА 25.00.00.000 ПЗ

Виконав студент
4 курсу група ЕТ-21-1


Підпис

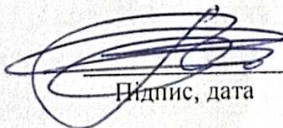
Побута Т.О.
Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

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

Нормоконтролер


Підпис, дата

к.т.н. доц. Тимошук О.Г.
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри МАЕЕС


Підпис, дата

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

2 06 2025 р.

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

к.т.н., доц. Неймак В.С.

2 . 06 . 2025р.

ЗАВДАННЯ
НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Побута Тарас Олександрович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Розробка енергоефективної пральної машини

керівник роботи Неймак Віталій Станіславович, к.т.н., доцент

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

Затверджено наказом ректора університету від 7 02 2025 р. № 23

2. Строк подання студентом роботи на кафедру 2.06.25

3. Вихідні дані до роботи технічні характеристики пральних машин

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

Вступ. 1. Стан питання та постановка задачі. 2. Дослідження пульсаційних процесів прання. 3. Розробка конструкції пульсаційної пральної машини

Перелік джерел посилання.

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

1. Пральні машини (ДО, А1). 2. Експериментальний стенд для дослідження пульсаційних процесів (ДІ, А1). 3. Пральна машина (СК, 2А1). 4. Камера пульсаційна (СК, А1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

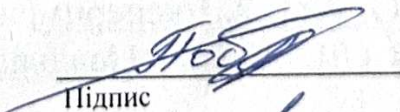
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

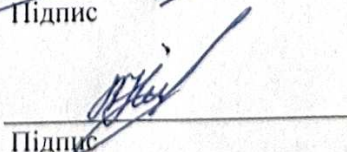
Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Стан питання та постановка задачі	до 20.05.25р.	
2. Дослідження пульсаційних процесів прання.	до 29.05.25р.	
3. Розробка конструкції пульсаційної пральної машини	до 5.06.25р.	
4. Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	до 8.06.25р.	

Студент


Підпис

Т.О. Побута
Ініціали, прізвище

Керівник роботи


Підпис

В.С. Неймак
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

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


1. Прізвище, ім'я та по батькові Побута Тарас Олександрович

2. Тема бакалаврської роботи Розробка енергоефективної пральної машини

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

4. Об'єм бакалаврської роботи: креслень 5 арк., сторінок записки 60

5. В кінці 80-х на початку 90-х років підприємства України почали активно використовувати напівавтоматичні пральні машини з вертикальним баком і активатором. Особливість їх була та, що між пранням і полосканням необхідно було втручання людини, для вилучення розчину. Метою бакалаврської роботи була розробка конструкції енергоефективної пральної машини. В розрахунково-пояснювальній записці наведено всі необхідні розробки, а також розділи, що відповідають встановленим вимогам. В першому розділі проведено аналіз обладнання та патентної інформації з тематики бакалаврської роботи. В другому розділі здійснюється дослідження пульсаційних процесів прання. В третьому розділі розроблено конструкцію пульсаційної пральної машини.

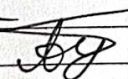
Підпис студента 
" 2 " 06 2025 р.

РІШЕННЯ ЕК:

Протокол 2 від "17" 06 2025 р.

Оцінка проекту ЕК 4,0/С

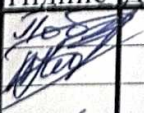

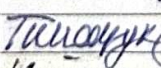



Рекомендації ЕК —

Особливі відмітки —
Технічний секретар 

" 17 " 06 2025 р.

Зміст

	С
Вступ.....	6
1 Стан питання та постановка задачі	8
1.1 Класифікація пральних машин.....	8
1.2 Пральні машини типу ПМ	11
1.3 Пральні машини типу ПМР	13
1.4 Напівавтоматичні пральні машини	16
1.5 Напівавтоматичні пральні машини барабанного типу	21
1.6 Автоматичні пральні машини	22
1.7 Огляд систем керування сучасних автоматичних пральних машин	24
1.8 Висновки до розділу	35
2 Дослідження пульсаційних процесів прання	36
2.1 Розробка експериментального стенда	36
2.2 Визначення тиску в робочій камері	37
2.3 Визначення часу видавлювання води з робочої камери	38
2.4 Визначення часу заповнення водою робочої камери	41
2.5 Розрахунок продуктивності пілососа	43
2.6 Висновки до розділу	45
3 Розробка конструкції пульсаційної пральної машини	46
3.1 Аналіз досвіду використання пульсаційних пристроїв у народному господарстві	46
3.2 Аналіз існуючих систем пульсації	47
3.3 Розрахунок довговічності пари тертя (золотник-корпус) в електромеханічному пульсаторі	50
3.4 Розробка пневмомеханічного пульсатора	53

БРМА 25.00.00.000 ПЗ					
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата	Розробка енергоефективної пральної машини
Виконав		Побута Т.О.			
Перевір.		Неймак В.С.			Літера Аркуш Аркушів
Н.контр.					6 4 48
Затвер.					ХНУ гр. ЕТ-21-1

3.5 Розробка робочих камер	54
3.6 Розробка ескізного проекту пульсаційної пральної машини	56
3.7 Висновки до розділу	57
Висновки	58
Перелік джерел посилання	59

БРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.
5

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

Вступ

Стале зростання якості життя породжує великий попит на речі особистого користування (одяг, взуття, трикотаж), товари для хатніх потреб (різноманітну побутову техніку, машини, прилади). Відтак, цілковите задоволення потреб населення в товарах народного споживання, зокрема в електропобутових приладах та машинах, становить один з найважливіших чинників покращення рівня життя людей.

Наприкінці 80-х – на початку 90-х років підприємства України почали активно використовувати напівавтоматичні пральні машини з вертикальним баком та активатором. Їхньою специфікою було те, що між пранням і полосканням потрібне було втручання людини, для вилучення розчину.

Побутові автоматичні пральні машини типу ПМА розроблені для прання білизни за визначеною програмою. Прання, замочування й полоскання відбуваються механічним переміщенням білизни, поміщеної в перфорований барабан у пральному розчині. Віджим білизни виконується центрифугуванням у тому ж барабані. Автоматичні пральні машини принципово відрізняються від інших типів за конструкцією та складністю електросхем, у них широко застосовуються елементи автоматики. Процеси прання в цих машинах повністю автоматизовані: залив і злив води для всіх операцій, додавання мийних засобів, замочування, прання з нагріванням води з білизною в баку пральної машини до заданої температури, полоскання й віджим. Різноманітний набір програм дає змогу прати білизну різного ступеня забруднення, міцності з тканин різної хімічної структури, якісно й не знижуючи ступеня зношування.

									Арк.
									6
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

Завдання бакалаврської роботи:

- аналіз конструкцій і типів сучасних пральних машин;
- експериментальна оцінка пульсаційного методу прання;
- експериментальне дослідження пульсаційних процесів прання;
- розробка основних елементів пральної машини.

					Арк.
					7
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	

1 Стан питання та постановка задачі

1.1 Класифікація пральних машин

Пральні машини зародилися в минулому столітті, та випрана в них білизна швидко втрачала свій вигляд. Протягом часу машини ставали кращими. Пральний процес реалізовувався через обертовий активатор, змішувач, барабан, що обертася, або вібрацію. Кожен метод має свої сильні та слабкі сторони.

Вітчизняні підприємства випускають пральні машини різноманітних конструкцій, що згідно з ГОСТ 8051 – 83, класифікуються за типами, наведеними в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Класифікація пральних машин

№ п/п	Позначення	Тип пральної машини
1	ПМ	Пральна машина без віджиму
2	ПМР	Пральна машина з ручним віджимним пристроєм
3	ПМП	Пральна машина напівавтоматична, в якій керування окремими процесами виконується оператором
4	ПМА	Пральна машина автоматична, в якій керування процесами обробки виконується у відповідності до заданої програми

Технічний рівень сучасних побутових пральних машин визначається сукупністю факторів: техніко-експлуатаційні

характеристики; надійність роботи машини протягом усього терміну служби; рівень автоматизації та механізації операцій з білизною; ступінь уніфікації ключових вузлів і деталей.

Оцінка технічного рівня здійснюється на основі ряду ключових функціональних та технічних параметрів: ефективність прання тканини; знос тканини в процесі прання; ефективність віджиму; енергоспоживання; витрати електроенергії; вага машини; максимальна маса завантаження білизни; габарити машини; витрати води на цикл прання; загальний час прання сильно забрудненої бавовняної білизни; рівень шуму під час роботи; кількість програм прання.

Важливим критерієм для пральних машин також є наявність таких компонентів, як реле часу, гідронасоси, нагрівальний елемент, терморегулятор та блокування віджимного пристрою, які забезпечують автоматизацію та механізацію окремих етапів та процесів прання.

На основі цих показників можна оцінити технічний рівень пральних машин як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва.

Одним із способів покращення технічного рівня пральних машин є зменшення їх ваги. Цього можна досягти за рахунок застосування пластмасових деталей в конструкції, зменшення маси комплектуючих, оптимізації конструкції віджимних пристроїв та інших компонентів.

Ще одним напрямком удосконалення якості побутових пральних машин є розширення їх функціональності та вдосконалення дизайну.

Підвищення функціональних можливостей реалізується шляхом впровадження двошвидкісного реверсивного електродвигуна для приводу активатора, реле часу з вбудованим механізмом реверсу електродвигуна, програмованих перемикачів, індукційних нагрівачів, терморегуляторів, електронасосів, а також сигналізаторів завершення циклу прання.

«Золушка»	720*690*420	45	44	36	615	9	2600	500
«Аурика»	720*690*420	43.2	43	36	615	7.5	2600	600
«Чайка-3»	733*675*416	45	45	33	615	7.8	2800	600
«Рига-30»	955*530*530	60	-	42	690	-	875	600
«Аурика-100»	720*420*690	46.2	43	36	600	8	2600	600

Таблиця 1.5 - Машини типу ППА

Показники	«Кишиневу-2»	«Еврика-автом»	«Волга-10»
Максимальна загрузка машини, кг	4.0	2.5	4.0
К-сть програм	12	11	16
Напруга, В	220	220	220
Потужність, кВт	2.4	2.2	3.5
Потужність нагрв., кВт	2.0	1.5	1.3
Габарити, мм	850*500*595	600*415*615	700*580*430
Маса, кг	110	80	90

1.2 Пральні машини типу ПМ

Пральні машини типу ПМ (без віджиму білизни) розраховані на завантаження відразу 0.75 – 1 кг сухої білизни. Вони надзвичайно зручні для прання дрібних речей (дитяча білизна, хустинки, шкарпетки тощо).

Прання в таких машинах здійснюється шляхом інтенсивної циркуляції мильного розчину, який проникає крізь шари та пори тканини, не зазнаючи механічного впливу.

Циркуляцію мильного розчину забезпечують вихрові потоки, утворені активатором – швидко обертовим диском певної форми.

Рівномірне та ретельне прання досягається за рахунок того, що білизна вихровими потоками постійно обертається в різних напрямках.

Пристрою для віджиму в машині немає.

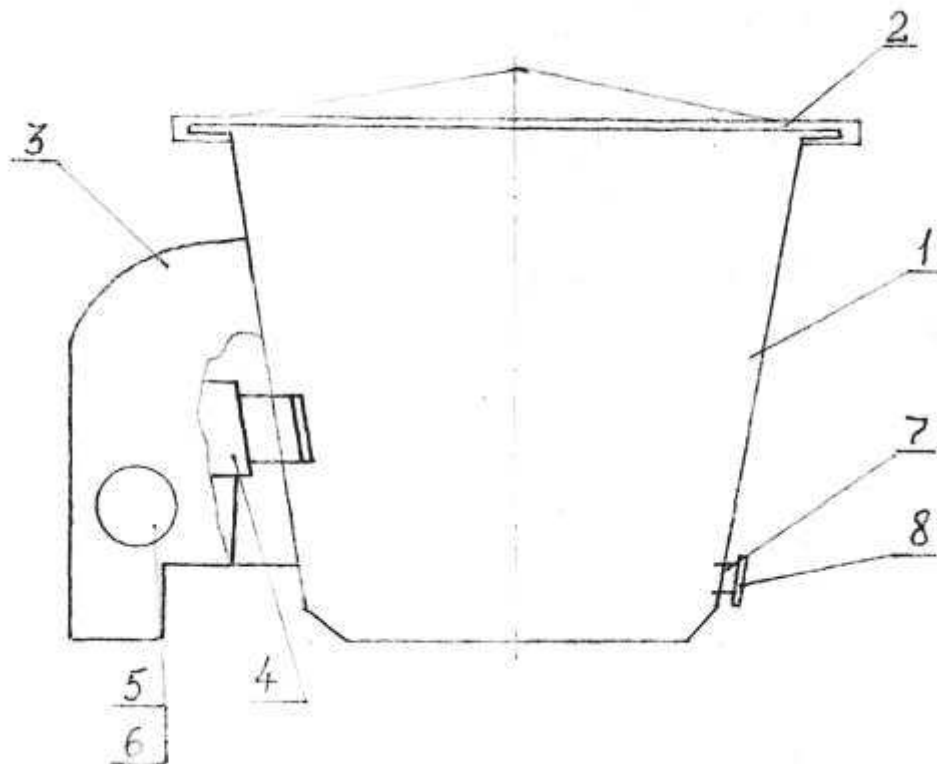
Представниками цієї підгрупи є машини "Лотос" та "Малютка". Це малогабаритні пристрої, які під час роботи ставлять на стіл чи табурет. Корпус машини виготовлений з поліпропілену або ударостійкого полістиролу.

Машина "Лотос" має корпус опуклої форми з пазом на боковій стінці, в якому розташовано з'ємний блок, що складається з двох половинок корпусу з ручкою, всередині якого міститься колекторний електродвигун.

Конструкцію пральної машини "Малютка - 2" показано на рисунку 1.1. Пральна машина складається з бака 1, кришки бака 2 та кожуха, в якому встановлено електродвигун 4 та інше електрообладнання. Бак, кришка та кожух виготовлені з пластмаси.

Кожух з електрообладнанням має різьбовий фланець, на який накручується корпус активатора. У фланці встановлена манжета, що запобігає витіканню води. До валу електродвигуна приєднано активатор з лівою різьбою.

						Арк.
						12
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



1 – бак; 2 – кришка; 3 – кожух; 4 – електродвигун; 5 – вимикач; 6 – ковпачок гумовий; 7 – штуцер; 8 – пробка.

Рисунок 1.1 – Пральна машина «Малютка - 2»

Штуцер 7 зливного отвору бака або замикається пластиковим ковпачком, або, за потреби, до нього приєднується зливний шланг, інший кінець якого фіксується у отворі у верхній частині бака.

На стінці бака є позначка, що вказує на межу рівня рідини. Кришка бака міцно фіксується за допомогою засувки. [3]

1. 3 Пральні машини типу ПМР

Пральні машини типу ПМР із ручним віджимом білизни розраховані на одночасне прання 1.5 – 2 кг сухої білизни. Прання в машинах такого типу відбувається під дією інтенсивної циркуляції

мильного розчину (який утворюється за рахунок роботи дискового активатора), що проникає між шарами та порами тканини без механічного впливу на неї.

В машинах такого типу почали частіше використовувати так зване дворежимне прання, розраховане на різні типи тканин. Віджим білизни здійснюється за допомогою ручного віджимного пристрою (валків).

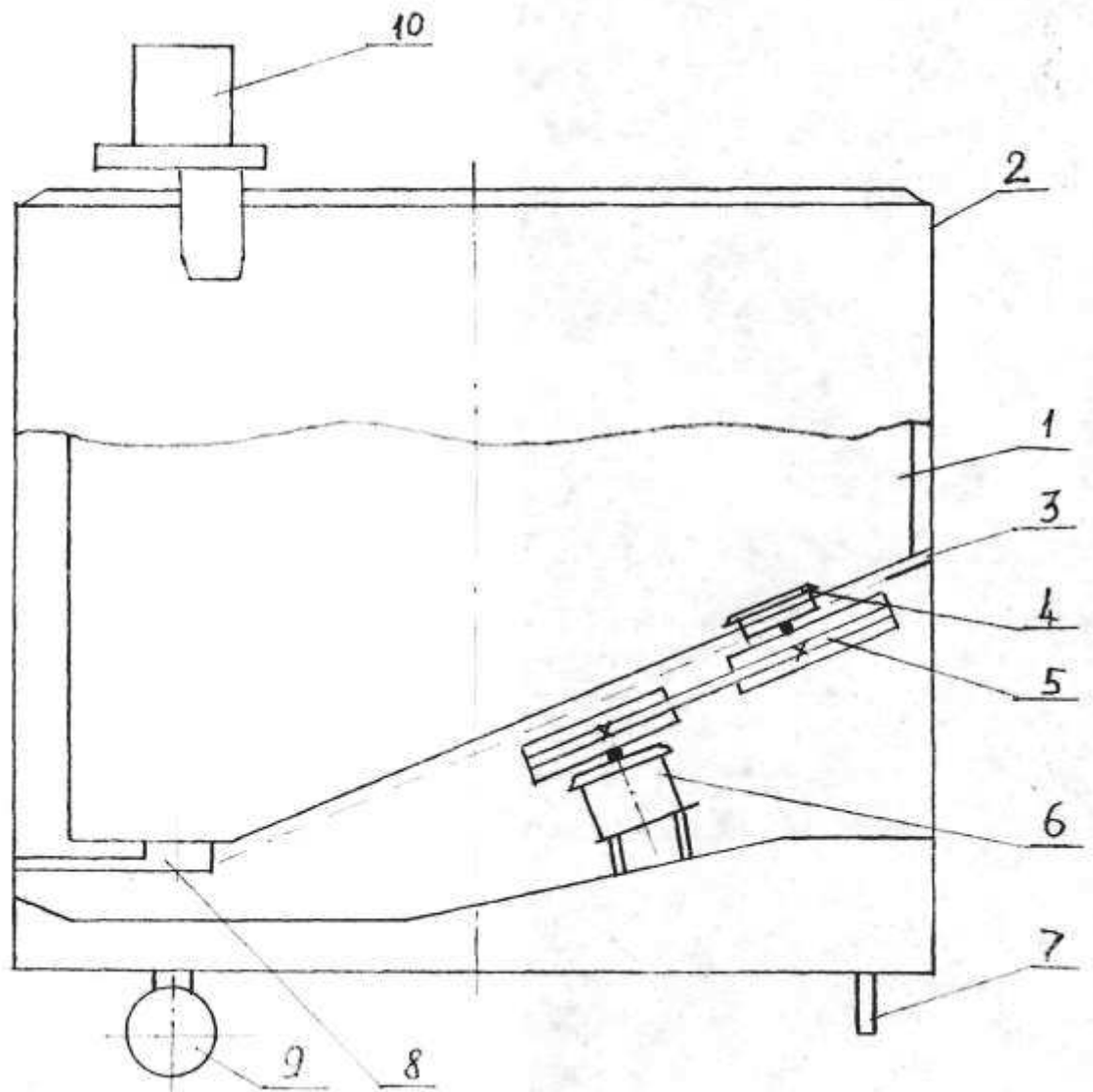
Представниками цієї підгрупи є машини «Рига-8», «Рига-12», «Рига-13», «Приморье-6», «Ока-7», «Таврія-2», «Волга-8». Конструкцію ПМР розглянемо на прикладі пральної машини «Волга-8».

Бак машини 1, виготовлений з нержавіючої сталі, змонтовано в циліндричному корпусі 2 (рисунок 1.2). На похилому дні бака розташований активатор 4 з диском із волокнистого матеріалу. На одному валу з активатором встановлено відцентровий насос, який слугує для відкачування рідини з бака.

Рідина через зливний отвір у дні бака, закрите знімною решіткою, по шлангу 8 потрапляє в насос та через шланг 3, виведений з корпуса машини, зливається. Патрубок, закритий різьбовим ковпачком, призначений для зливу рідини, що залишилася в гідросистемі машини. Потужність насоса 16 л/хв.

Привід активатора та насоса здійснюється від асинхронного електродвигуна засобами клинопасової передачі. Електродвигун встановлено на похилій рамі, поздовжні пази якої дозволяють переміщенням електродвигуна регулювати натяг приводного паска.

Віджимний пристрій 10 встановлюють та закріплюють стопорними гвинтами в кронштейнах корпуса машини.



1 – бак; 2 – корпус; 3 – зливний шланг; 4 – активатор; 5 – ремінцева передача; 6 – електродвигун; 7 – скоба; 8 – шланг; 9 – ходовий ролик; 10 – віджимний пристрій;

Рисунок 1.2 - Пральна машина «Волга-8»

На верхній частині бака є видавлена смуга, що показує дозволений об'єм рідини; переміщується машина двома роликами. Скоба 7 слугує опорою. Для транспортування машини на корпусі передбачені пластикові ручки.

Інші ПМР подібні за конструкцією до машини «Волга - 8» [2]

Пральні машини типу ПМР удосконалені порівняно з машинами типу ПМ.

1.4 Напівавтоматичні пральні машини

Напівавтоматичні пральні машини еволюціонували порівняно з застарілими ПМР з ручним відтисканням, пропонуючи відчутні покращення. В ПМП процесом відтискання керує механіка, а якість покращується завдяки застосуванню центрифуги. Якщо білизну відтискати правильно в центрифугі, вона вбере вдвічі менше вологи, ніж при відтисканні гумовим валиком, відсутній ризик пошкодження гудзиків, немає потреби у фізичній силі, а тривалість відтискання скорочується у 4–5 разів. Відпрацьована вода з пральної машини видаляється та перекачується спеціальним відцентровим насосом.

По завершенню прального циклу, визначеного часом, машина автоматично вимикається, активуючи реле.

У напівавтоматичних пральних машинах зустрічаються чотири основні типи конструкції корпусу.

1. Головною опорною деталлю корпусу є верхня панель (приміром, пральна машина "Ауріка"). До панелі приєднано зварюванням пральний бак і бак центрифуги, які, в свою чергу, виконують функцію підтримки електрообладнання машини.

2. Опорну функцію реалізують усі бічні стінки корпусу, а також частково основа-рама. Верхня панель корпусу знімна (наприклад, машина ЗВІ).

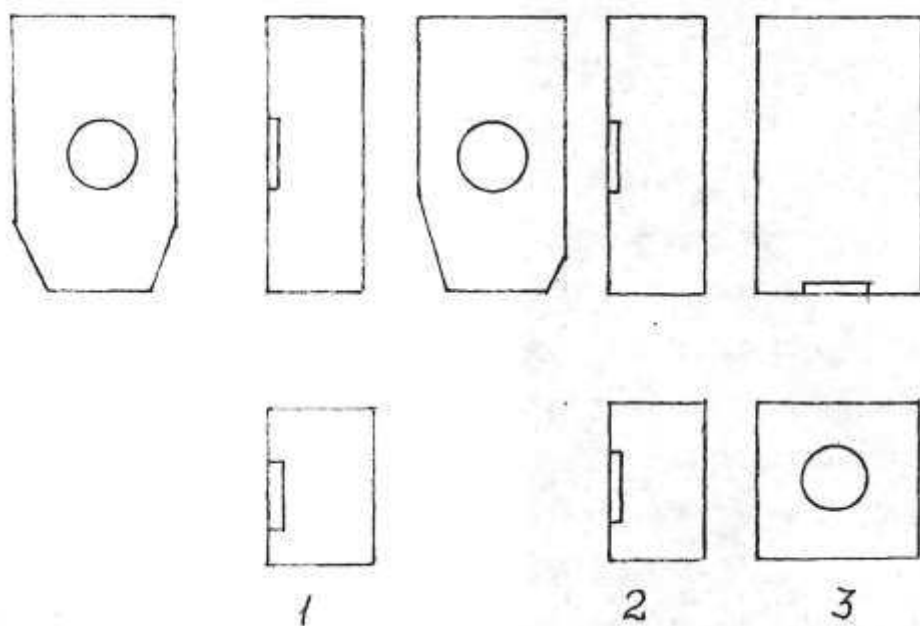
3. Машини, що мають опорну раму основи (скажімо, машини "Бджілка", "Хвиля"). Вузли машини кріпляться до рами та, частково, до

бічних стінок. Задня панель корпусу – знімна. Наявність опорної рами збільшує масу машини, але завдяки такій конструкції корпусу вузли машини є доступними, тому вона є найбільш розповсюдженою.

4. Корпус пральної машини "Сибір – 5М" складається з основи (шасі) у вигляді короба. На основі монтується другий короб, розділений перегородкою на пральний бак і бак центрифуги. Спереду машина має окрему панель. Отже, роль корпусу із задньою та частково боковими сторонами машини виконують стінки прального баку та бака центрифуги.

За формою баків та розташуванні в них активатора ПМП можна поділити на три групи (рисунок 1.3)

1) з дисковим активатором, розташованим на боковій стінці прального бака.



1 – машин «Бджілка», «Ауріка», «Хвиля», «Зоря-2»; 2 - машин «Сибір-5М», «Харківчанка»; 3 – машин ЗВІ.

Рисунок 1.3 – Форми пральних баків ПМП та розташування активаторів

Пральний бак має прямокутний переріз у горизонтальній площині, кути дна закруглені (типу «Бджілка», «Ауріка», «Попелюшка» та інших);

2) з дисковим активатором, закріпленим на бічній стінці прального бака. Пральний бак має фігурне дно та квадратний переріз у горизонтальному вимірі («Харків'янка» та інші);

3) з дисковим активатором, розміщеним по центру дна бака прямокутної форми (ЗВІ).

Активатори виготовляють з пластмаси (поліпропілену, волокніту), вони відрізняються між собою діаметром, формою ребер та висотою їх виступів.

На рисунку 1.4 показано дві схеми вузла центрифуги. Найбільш поширена схема - перша. У цій конструкції ротор центрифуги змонтовано на валу ротора електродвигуна. До другого кінця валу електродвигуна кріпиться насос. Вал електродвигуна з'єднано з валом ротора центрифуги через електроізолюючу муфту.

Привід реалізується за допомогою пасової передачі від електродвигуна.

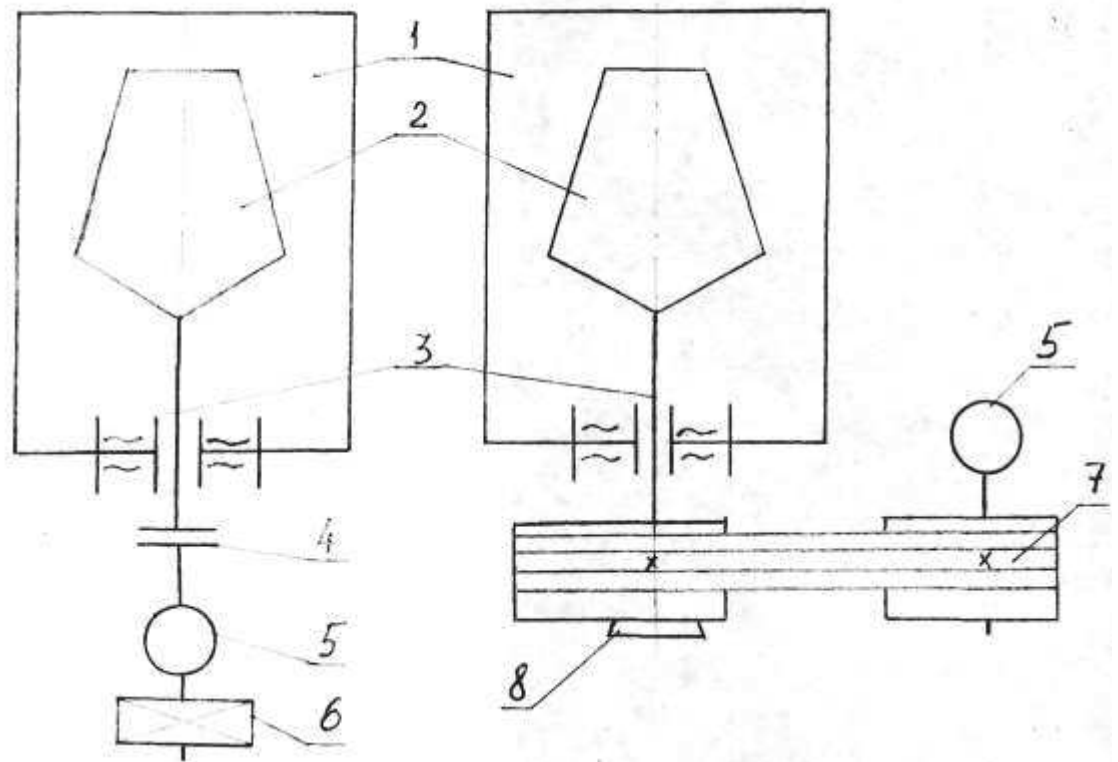
Щоб уникнути передчасного зносу привідного паска, шкіф на валу ротора центрифуги розташовують якнайближче до опори.

Гідравлічна система пральної машини включає в себе пральний бак, бак центрифуги, насоси, сполучні шланги, зливний шланг, а в окремих конструкціях додатково двоходовий кран та перепускний клапан.

Гідравлічні системи в різних машинах виконані по-різному. У перших вітчизняних машинах часто використовували один насос з двоходовим краном, важіль керування яким розміщувався на передній панелі.

Для спрощення управління пральною машиною, а також у зв'язку з установкою двох двигунів (для приводу активатора та приводу

центрифуги) виробництво перейшло до випуску машин з двома електродвигунами, але з одним насосом.



а – з кріпленням корзини на валу електродвигуна; б – з пасовою передачею від електродвигуна; 1 – бак центрифуги; 2 – ротор центрифуги; 3 – вал ротора; 4 – електроізолююча з’єднувальна муфта; 5 – електродвигун; 6 – насос; 7 – клинопасова передача; 8 – опорний підшипник;

Рисунок 1.4 – Схема конструкції вузла центрифуги ПМП

Отже, серед машин, що випускаються, розрізняють гідравлічні системи трьох типів конструкцій.

1. Система з двома насосами: один, що розташований на валу електродвигуна центрифуги, а інший – або на валу електродвигуна (як у

машинах "Бджілка", "Хвиля"), або ж розміщений окремо та приводиться у дію через пасову чи фрикційну передачу. У випадку з фрикційною передачею існує можливість відключення насоса під час процесу прання білизни (що неможливо у випадку з іншими видами передач). У цьому випадку насос забезпечує аналогічну циркуляцію прального розчину, як і в уніфікованих машинах типу ПМР – 1.5.

Під час віджиму білизни перший насос перекачує воду до прального бака. Воду з прального бака виводять за допомогою насоса, що приводиться в дію двигуном активатора.

2. Система з одним насосом, який обертається від двигуна центрифуги, передбачає наявність двооходового крана (наприклад, у машині ЗВІ).

Зливні шланги, що виходять від баків, під'єднуються до двох вхідних патрубків двооходового крана. Від третього патрубка відходить шланг до насоса, з якого вода спрямовується до зливного шланга. Двооходовий кран виконаний з пластмасового корпусу, усередині якого знаходиться Г-подібний кран із гумовою кулькою. Кран зв'язаний із кермом керування за допомогою системи важелів. Шляхом перемикання керма відбувається перекриття шлангів від прального бака центрифуги.

3. Система з одним насосом і перепускним клапаном ("Ауріка").

Насос також отримує оберти від двигуна центрифуги. Зливний шланг, коли пральний бак заповнений, повинен бути опущений у бак, оскільки вихід із прального бака не перекривається. Вода, що надходить знизу, підпирає перепускний клапан, запобігаючи її підняттю в бак центрифуги. Під час віджиму білизни тиск у шлангу від прального бака знижується, і перепускний клапан відкриває шланг із центрифуги. Перепускний клапан у машині "Ауріка" представлений конічним дзвіночком з двома направляючими по осі гумовими стержнями, які

розміщені між пластмасовими конічними перфорованими зірочками. Верхня зірочка є єдиним цілим з корпусом крана, а в нижню вставляють кран.

У всіх типах машин встановлені відцентрові насоси продуктивністю 10-25 л/хв.

Для видалення залишків води з гідравлічної системи після завершення процесу прання у нижній частині корпусу передбачені патрубки, що закриваються різьбовими ковпачками (зливні пробки). [2].

1.5 Напівавтоматичні пральні машини барабанного типу

Пральні машини «Еврика» і «Сніжинка» розроблені для прання, полоскання та віджиму білизни у домашньому побуті. На противагу ПМП активаторного зразка, у машинах барабанного типу всі цикли виконуються в єдиному перфорованому барабані з виступами на внутрішній поверхні. Віджим білизни відбувається при підвищеній частоті обертання барабана, а при пранні передбачено циклічне реверсування обертання барабана. Підігрів рідини машина не здійснює. Кожна операція (прання, полоскання, злив, віджим) та зупинка машини автоматизовані. Запуск і перемикання операцій виконуються шляхом повороту ручки реле часу, що дає змогу встановити тривалість кожної операції.

У порівнянні з двобаковими машинами активного типу, ПМ барабанного типу компактніші; відбувається менше пошкодження білизни; можливе прання синтетичних, шовкових і вовняних виробів, спостерігаються менші витрати води та миючих засобів; зменшується ручна праця, що вдосконалює процес прання, полоскання та віджиму в одному баку пральної машини.

									Арк.
									21
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

Машина барабанного типу має прямокутну форму. Її основою є штампований зі сталі корпус з чавунної плити, що запобігає ковзанню машини під час роботи.

Принцип дії ПМП полягає у наступному: білизна завантажується в перфорований барабан з виступами всередині, які захоплюють білизну під час обертання барабана.

Барабан поміщений в пральний бак, який після завантаження барабана білизною заповнюється водою. Миючі засоби засипаються через верхній завантажувальний отвір прального бака.

При пранні в реверсивно-обертаючому барабані білизна захоплюється виступами, підіймається, під дією власної ваги падає в миючий розчин. Одночасно білизна треться об виступи барабана.

Для запобігання скручуванню білизни у джгут, передбачено циклічне реверсійне обертання барабана (13 с – обертання в один бік, 2 с – пауза, 13 с – обертання в інший бік).

Віджим білизни здійснюється в тому ж пральному барабані при збільшеній частоті обертання.

В електричну схему машини входять: електродвигуни приводу барабана, механізму реверса та насоса; перемикач режимів прання; перемикач напрямку обертання барабана; загальний вимикач та блокування кришки.. [3]

1.6 Автоматичні пральні машини

Побутові автоматичні пральні машини типу ПМА розроблені для прання білизни відповідно до визначеної програми. Прання, замочування та полоскання реалізуються шляхом механічного переміщення білизни,

розташованої у перфорованому барабані в миючому розчині. Віджимання білизни проводиться центрифугуванням у тому ж барабані.

Автоматичні пральні машини суттєво відрізняються від моделей, що вироблялися раніше, конструкцією та будовою електричних схем; у них активно використовуються елементи автоматики, які раніше не застосовувались у побутових пральних машинах. Процес прання в цих машинах повністю автоматизований, включаючи залив та злив води для всіх операцій, дозування миючих засобів, замочування, прання з підігрівом води разом з білизною в баку пральної машини до заданої температури, полоскання та віджимання. Різноманітність програм дозволяє прати білизну різного ступеня забруднення, міцності та хімічного складу тканини, зберігаючи якість та мінімізуючи знос.

Для автоматичного керування процесами прання з урахуванням фізико-хімічних та механічних властивостей матеріалів у ПМА встановлено низку приладів контролю та регулювання процесу прання, що здійснюються взаємодією елементів машини у заздалегідь визначеній послідовності з використанням: командоапарата, пристрою для програмування, датчика-реле температури прального розчину.

Безпосередній процес прання реалізується в барабані прального бака за допомогою виконавчих пристроїв: електромагнітного клапана, електродвигуна привода барабана, електронасоса, електронагрівача (ТЕН).

ПМА містить ряд допоміжних елементів, які забезпечують функціонування виконавчих приладів: загальний мережний вимикач, мікровимикач блокування кришки, конденсатори, резистори, сигнальна помпа. [БРМА 25.00.00.000ДО].

1.7 Огляд систем керування сучасних автоматичних пральних машин

Сучасні автоматичні пральні машини оснащені електромагнітними модулями, які дають змогу діагностувати основні режими роботи ПМ та відстежувати справність електронних компонентів [2-5].

1.7.1 Електронний модуль управління пральної машини, його функціональність

Електронний модуль управління, на кшталт DMPU, використовується у пральних машинах та відповідає за управління наступними вузлами пральної машини:

- колекторним двигуном змінного струму;
- клапаном подачі холодної води;
- зливним насосом;
- двигуном програматора (таймера);

На модуль DMPU надходять сигнали від наступних вузлів пральних машин:

- контактних груп програматора;
- від кнопок та регуляторів додаткових функцій;
- від терморезистора та регулятора температури;
- від реле рівня води в баку;
- від тахометра швидкості обертання барабана.

В електронних модулях застосовуються мікроконтролери, зокрема типу HC08, що мають значний потенціал використання.

1.7.2 Функціональна схема пральної машини „Ardo” на основі електронного модуля управління

									Арк.
									24
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

Функціональна схема пральної машини „Ardo” на основі електронного модуля DMPU включає наступні елементи:

- мікроконтролер серії HC05;
- модуль живлення;
- модуль формування команд;
- модуль регулювання команд;
- модуль контролю температури;
- модуль тахогенератора;
- модуль контролю максимального рівня води;
- модуль управління двигуном;
- модулі управління zalивним клапаном, зливною помпою, двигуном таймера;
- модуль захисту.

1.7.3 Мікроконтролер серії HC05

Опис мікроконтролера подано на зразку мікросхеми MC68HC705P6ACP. Мікроконтролер зчитує дані про стан компонентів пральної машини через порти введення та, керуючись заздалегідь записаною програмою, формує сигнали управління на портах виведення мікросхеми.

Мікроконтролер включає в себе такі блоки::

- 8-розрядного процесора;
- внутрішньої пам'яті, що вмикає ОЗП(176 байт) та однократно програмуючого ПЗУ(4,5 кбайт);
- паралельних та послідовних портів вводу/виводу;
- тактового генератора;
- таймера;
- аналого-цифрового перетворювача.

Для керування процесором використовуються зовнішні сигнали RESET та IRQ. Після отримання сигналу RESET=логічне 0 відбувається скидання всіх регістрів мікроконтролера до вихідного стану, а після наступної установки RESET=логічне 1 процесор починає виконання програми з нульової адреси ПЗП. Якщо запуск процесора обумовлений увімкненням живлення або сигналами внутрішнього блоку контролю функціонування, процесор сам встановлює на цьому виводі значення RESET=логічне 0.

Зовнішні запити переривання представлені сигналами, що надходять на вхід IRQ. Активний рівень сигналу переривання IRQ (високий або низький) задається при програмуванні мікроконтролера.

1.7.4 Паралельні порти введення-виведення даних

Для обміну даними з зовнішніми пристроями в мікроконтролері можуть бути використані чотири паралельні порти PA, PB, PC, PD. Двонаправлені порти служать для введення/виведення даних, деякі порти забезпечують лише введення або виведення даних – їх функціональне призначення програмується в мікроконтролері.

Виводи деяких портів суміщені з входами/виходами інших периферійних пристроїв АЦП, таймерів, послідовного порту. В процесі початкового налаштування (при отриманні зовнішнього сигналу RESET) вони запрограмовані на введення даних і на їх виводах є значення лог."0". При запуску процесора ці входи програмуються відповідно до програми і можуть змінити своє значення на лог."1", в цьому випадку вони використовуються для виводу даних.

1.7.5 Послідовні порти введення/виведення даних

Для послідовного обміну даними у мікроконтролері застосовується спрощений варіант синхронного послідовного порту SIOP. Для прийому/передачі даних порт використовує три виводи порту PB: SDO, SDI та SCK. Прийом та передача кожного біта здійснюється при надходженні позитивного фронту синхросигналу SCK, який формується при активному стані реле рівня води. Це означає, що мікроконтролер використовує команди, що надходять на виводи портів SDO та SDI лише за наявності води у баку пральної машини.

1.7.6 Внутрішній генератор тактових імпульсів

Генератор формує тактові імпульси для синхронізації всіх блоків мікроконтролера. Для його функціонування до виводів 27 та 28 підключений зовнішній кварцовий резонатор частотою 4 МГц. Частота внутрішніх тактових імпульсів, що формуються, де f_{clk} - власна частота резонатора.

1.7.7 Блок таймера

Мікроконтролери серії MC68HC705 оснащені 16-розрядним таймером, що функціонує в режимах захоплення та порівняння. Таймер має такі зовнішні сигнали:

- вхід захоплення TCAP (вивід 25), куди надходить сигнал з тахогенератора привідного двигуна;
- вихід співпадіння TCMP (вивід 24), що не використовується в електронному модулі DMPU.

У режимі захоплення, поява сигналу на вході TCAP фіксує поточне значення таймера в регістрі лічильника. Наступне зчитування з цього регістра дозволяє визначити час надходження сигналу. Це дає змогу вимірювати швидкість обертання ротора привідного двигуна.

									Арк.
									27
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

В режимі порівняння, до регістра порівняння записується певне число. Коли значення лічильника збігається із заданим числом, на виході TCMP формується сигнал співпадіння, який може мати логічне значення "0" або "1", в залежності від налаштувань.

Застосування таймера спільно з блоком переривань дозволяє вимірювати інтервали часу між подіями з заданою затримкою, періодично виконувати потрібні підпрограми, формувати імпульси з визначеною частотою та тривалістю, а також виконувати інші процедури.

1.7.8 Аналогово-цифровий перетворювач

Мікроконтролер MC68HC705P6A містить 4-канальний АЦП: AD0-AD4 (виводи 16-19). Для роботи АЦП потрібна опорна напруга, яка генерується модулем температури Vrefh та Vrl.

В MC68HC705P6A опорна напруга Vrefh підключена до виводу PC7 (вивід 15), а Vrl з'єднана із загальним проводом (вивід 14).

Напруги мають знаходитись в діапазоні. Для модуля DMPU вхідні напруги складають: .

Мікроконтролер живиться від напруги 5В та працює в широкому діапазоні температур -40 ... +85°C.

Оскільки мікроконтролер виготовлено за КМОП-технологією, він споживає небагато енергії (в робочому режимі – 20 мВт, в режимі очікування – 10 мВт) при тактовій частоті 2,1 МГц.

Вхідні сигнали, що надходять на мікроконтролер модуля DMPU від компонентів пральної машини, можуть бути імпульсними, потенційними або аналоговими. Вихідні сигнали мають вигляд логічного сигналу або імпульсу. Імпульсні вихідні сигнали мікроконтролера використовуються

для керування вузлами на симісторах, а логічні – транзисторними ключами.

1.7.9 Модуль живлення

Модуль живлення (МЖ) служить для перетворення змінної напруги 220 В на стабілізовані постійні напруги 24 та 5 В. Напруга 24 В використовується для живлення виконавчих реле К1 та К2 модуля керування електродвигуном, а напруга 5 В – для живлення мікроконтролера та інших компонентів схеми. МЖ виконано на безтрансформаторній схемі, що містить гасячі резистори R51A, R51B, випрямляч на елементах D16, C20 та стабілізатори напруги DZ4 (24 В) та U3 (5 В).

1.7.10 Модуль формування команд

Цей модуль призначений для отримання команд від вузлів, які задають режим роботи пральної машини (таймер, кнопки відповідних функцій), їх перетворення та передачі на відповідні входи мікроконтролера U1.

Модуль складається з шести однотипних каскадів, виконаних за схемою діодних ключів. Кожний каскад має два входи та один вихід. На один із входів надходить сигнал команди від таймера, на інший – сигнал від відповідної кнопки додаткових функцій. На виходах каскадів формуються такі сигнали:

- 1-й каскад (діоди D7-D8), формує сигнал SDO, який надходить на послідовний порт синхронного інтерфейсу SIOP;
- 2-й каскад (діоди D15-D23) формує сигнал SDI, який надходить на послідовний порт синхронного інтерфейсу SIOP;

- 3-5-й каскади (діоди D3-D4, D5-D6, D1-D2) формують на виходах паралельного порту PC0-PC2;

- 6-й каскад (діоди D9-D10) формує на вході сигнал паралельного порту PD5.

Виходячи з вхідних сигналів МК U1 формує сигнали на виходах паралельного порту PA0-PA7 для управління елементами та вузлами пральної машини відповідно до вибраної програми.

1.7.11 Регульований модуль команд

Призначений для перетворення механічного положення регуляторів температури та швидкості віджиму у відповідні аналогові напруги. До його складу входять відповідні схеми (резисторні дільники) для вибору температури нагрівання води та швидкості центрифуги.

Регулятори швидкості або температури являють собою комутовані набори постійних резисторів, що ввімкнені в середню точку дільників швидкості (температури), з яких і відбувається зчитування вихідних напруг.

Відповідно до положення ручки регулятора швидкості та коду команди, що надійшла з модуля формування команд на вхід AD2 (вивід 18 U1), мікроконтролеру надходить аналоговий сигнал. Він перетворюється АЦП в цифровий код, на основі якого МК U1 видає відповідні вихідні сигнали на зміну обертів центрифуги на фазі віджиму. У режимі прання шерсті модуль видає команду, відповідно до якої віджим відбувається на знижених обертах. При ввімкненні режиму „без віджиму” вихід на будь-яку швидкість віджиму виключено.

У деяких моделях пральних машин замість ручки плавного регулювання швидкості віджиму встановлена кнопка Low/High Speed, що включає два режими віджиму. Виходячи з цих змін, мікроконтролер U1

програмується виробником під конкретну конфігурацію пральної машини.

При наявності на вході AD1 (вивід 17 U1), АЦП переводить його в цифровий код команди та порівнює його з кодом сигналу на вході AD0 (вивід 16).

На основі порівняння кодів підтримується задана температура в баку при виконанні наступних операцій:

- делікатне прання, при температурі до 65°C;
- інтенсивне прання, при температурі вище 65°C з наступним доливом води (якщо температура перевищить 70°C).

Слід виділити наступну особливість машин з модулем DMPU. Сам модуль безпосередньо не комутує живлення ТЕНа – це робить командоапарат. Модуль керує роботою нагрівального елемента таким чином: якщо необхідне нагрівання води в баку, мікроконтролер у складі модуля переводить командоапарат (через включення двигуна) в положення, коли відповідні контактні групи замкнуть ланцюг живлення ТЕНа, і далі виконується процес прання відповідно до вибраної програми.

Модуль температури спільно з терморезистором TR, встановленим в кришці баку пральної машини, виробляє напругу, пропорційну температурі води, що надходить на вхід АЦП (AD0, вивід 16 U1).

Крім того, модуль формує опорну напругу V_{refh} (2,8 В), необхідну для роботи АЦП, та подає на вхід U1.

1.7.12 Модуль тахометру

Модуль тахометра сконструйовано для перетворення змінної синусоїдальної напруги зі змінною амплітудою та частотою, що надходить з виходу тахогенератора приводного двигуна, у послідовність

									Арк.
									31
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

прямокутних імпульсів фіксованої амплітуди. Складовими модуля є діод D18 та транзистори Q4, Q5.

Тахометр представляє собою малопотужний безщітковий генератор із ротором, закріпленим на роторі приводного двигуна машини. Під час обертання ротора тахометра, в статорній обмотці наводиться змінна ЕРС із частотою та напругою, що прямо пропорційна швидкості його обертання. Сигнал з тахометра передається на з'єднувач А03 модуля DMPU та далі – на вхід модуля тахометра, де він перетворюється на послідовність прямокутних імпульсів позитивної полярності амплітудою 5 В та частотою, яка залежить від швидкості обертання двигуна. Перетворений сигнал далі поступає на блок таймера мікроконтролера U1 у вигляді сигналу ТСАР (вивід 25 U1).

Працюючи в режимі захоплення, таймер фіксує час надходження кожного наступного імпульсу позитивної полярності відносно попереднього, за яким визначається швидкість обертання приводного двигуна. Чим коротший інтервал між імпульсами, тим вища швидкість. Оцінюючи інтервал між імпульсами і коди команд на вході портів РВ, РС та РD мікроконтролера, відповідно до записаної у ПЗП програми, формуються сигнали керування двигуном, які з виходів РА7-5 (виводи 3-5 U1) надходять на вхід модуля керування двигуном. Вихідний сигнал РА7 регулює швидкість обертання двигуна шляхом зміни часу надходження відмикаючих імпульсів симістора. Вихідні сигнали РА6, РА5, залежно від версії виконання модуля керування двигуном, забезпечують реверсивний рух та зупинку двигуна відповідно до виконуваної операції.

У режимі порівняння таймер функціонує тільки під час операції віджиму: він порівнює періоди надходження імпульсів ТСАР від модуля тахометра – стабільність періодів вказує на рівномірність обертання

барабана та збалансованість білизни у пральній машині. У випадку фіксації дисбалансу, мікроконтролер повертає операцію на етап розкладки білизни – таких спроб може бути до шести, після чого віджим відбувається з меншою кількістю обертів.

1.7.13 Модуль верхнього рівня води

Призначений для генерування імпульсів SCK позитивної полярності, які забезпечують зчитування сигналів SDO та SDI на вході послідовного інтерфейсу SIOP.

Модуль виконаний за схемою діодного ключа та обмежувача на основі елементів D12, D22, R53, R21 та R24.

При замиканні контактів P11-P13 реле рівня води на резисторі R53 (1 МОм) відбувається падіння змінної напруги, в результаті чого формується сигнал SCK. Зчитування мікроконтролером сигналів SDO та SDI, що надходять з каскадів 1 і 2 модуля формування команд, можливе тільки при наявності позитивного напівперіоду сигналу SCK, що формується модулем верхнього рівня води.

1.7.14 Модуль керування двигуном, тип А

Модуль призначений для посилення та перетворення вихідних сигналів мікроконтролера U1 для управління роботою приводного двигуна.

До складу модуля входять наступні вузли:

- керуючі ключі та реле K1, K2;
- підсилювач сигналу керування симістора TR2;
- симістора приводного двигуна TR2.

Залежно від конфігурації модуля DMPU, існують різноманітні модифікації схем модулів керування двигуном. Умовно їх класифікують як версію А та версію В.

Розглянемо взаємодію модуля керування двигуном з іншими пристроями на прикладі версії А, що застосовується в модифікації Н7 DMPU.

Ключ управління реле К1 побудований на транзисторі Q3, навантаженням якого є обмотка реле К1. Діод D11, з'єднаний паралельно обмотці реле, захищає транзистор Q3 від пробую. Живлення ключа відбувається напругами 24 В та 5 В. У вихідному стані транзистор Q3 закритий, реле К1 знеструмлене, а його контакти К1.1 з'єднують статор двигуна послідовно з ротором та з верхнім виводом симістора TR2. Після отримання сигналу лог. "1" на базу Q3, транзистор відкривається, реле К1 спрацьовує та розриває ланцюг живлення приводного двигуна контактами К1.1 та К1.2.

Ключ керування реле К2 виконаний на транзисторі Q1, аналогічно, з відмінністю в ланцюзі зміщення бази Q1. У початковому положенні ключ закритий, контакти реле К2.1 та К2.2 підключають обмотку ротора в ланцюг живлення двигуна таким чином, що вивід статора М5 з'єднаний з виводом ротора М9, а інший вивід ротора М8 з'єднується із фазою мережі ("F") через контактну групу К2.2 та термозахист двигуна (ТМ7-ТМ8). При такому підключенні ротора та статора, обертання приводного двигуна відбувається за годинниковою стрілкою. Після надходження на вхід ключа лог. "1", він відкривається, і реле своїми контактами К2.1 та К2.2, через контакти реле К1.2, змінює схему включення ротора. Статор М5 з'єднується з ротором М8, а ротор М9, через контактну групу К2.2 та термозахист двигуна (ТМ7-ТМ8), з'єднується з фазою мережі. Таке

включення змінює напрям струму в роторній обмотці та напрямок обертання двигуна (проти годинникової стрілки).

Обидва ключі активуються сигналами лог. "1", що надходять з виводів 5 та 4 мікроконтролера U1. Сигнал з виводу 5 (РА5) використовується лише для розриву живлення між ротором та статором двигуна. Сигнал з виводу 6 (РА6) забезпечує реверсивне обертання барабану під час прання та розподілу білизни.

1.8 Висновки до розділу

В даному розділі проведено огляд конструкцій пральних машин та проаналізовано їх переваги та недоліки

						Арк.
						35
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

2 Дослідження пульсаційних процесів прання

2.1 Розробка експериментального стенда.

Для тестування працездатності пульсаційної камери було збудовано експериментальний стенд.

Він складається з таких основних деталей (див. графічний розділ): корпусу 1, який через штуцер 7 сполучається з манометром, а через перехідники 6 — з зовнішнім джерелом стисненого повітря.

Зверху до корпусу за допомогою гвинтів 10 кріпиться кришка 4, яка забезпечує герметичність пульсаційної камери.

В нижній частині корпусу знаходиться прозора скляна колба 2, всередині якої розташовано клапан 5, виконаний у вигляді легкої кульки.

За допомогою клапана ми наочно бачимо момент витискання води з робочої камери та момент наповнення водою робочої камери.

Пульсаційна камера функціонує так: камеру поміщають у ємність з водою, після заповнення скляної колби водою, з'єднуємо камеру з манометром та джерелом стисненого повітря.

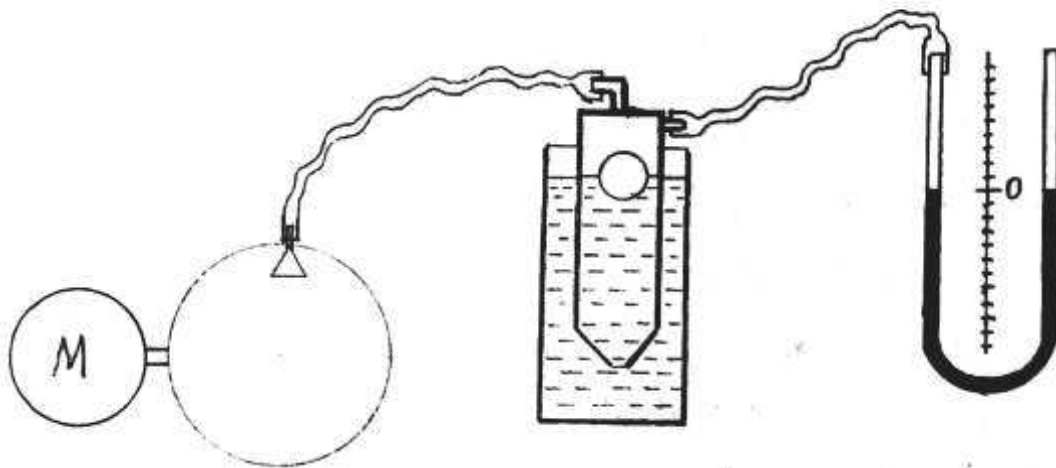
У разі ввімкнення джерела стисненого повітря, вода під дією тиску витісняється з робочої камери, момент витіснення ми фіксуємо за клапаном, а за манометром — тиск у камері.

За секундоміром ми визначаємо час, за який вода витісняється з робочої камери.

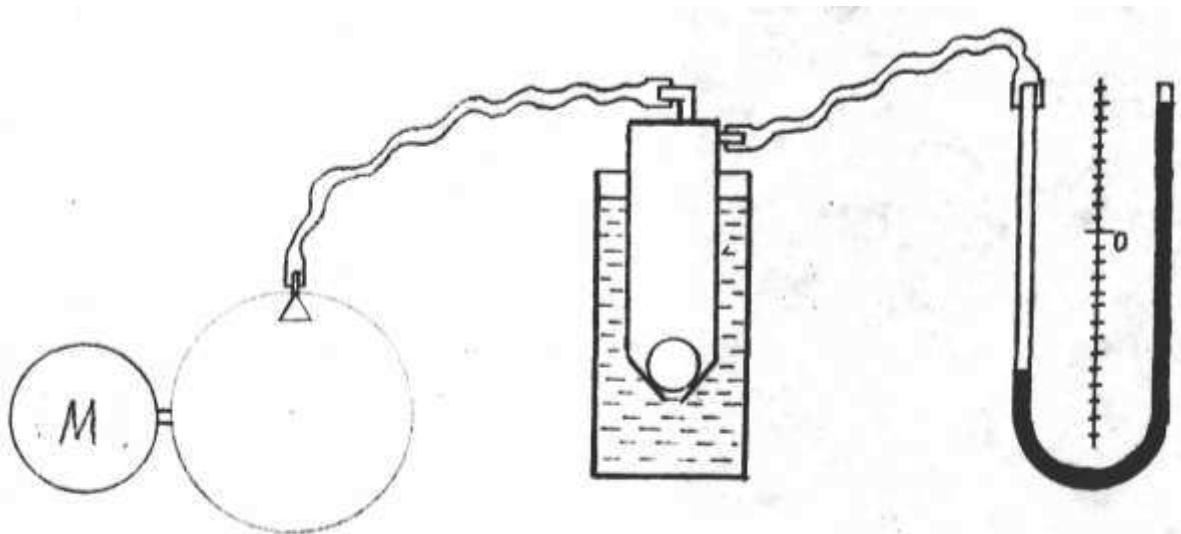
Щоб визначити час наповнення робочої камери водою, у момент повного витіснення води з камери вимикаємо джерело стисненого повітря і запускаємо секундомір.

В момент досягнення клапаном вихідного положення у колбі пульсаційної камери за секундоміром фіксуємо час, потрібний для її заповнення водою.

2.2 Визначення тиску в робочій камері



а)



б)

а) до включення; б) при вимірі.

Рисунок 2.2 – Схема дослідної установки для визначення тисків у робочій камері.

Вимір показань манометра.

Таблиця 2.1 – Тиск у робочій камері.

№	max	min	№	max	min
П/П	ММ. ВОД. СТ	ММ. ВОД. СТ.	П/П	ММ. ВОД. СТ	ММ. ВОД. СТ.
1	80	80	11	95	90
2	75	78	12	95	90
3	80	80	13	90	90
4	80	80	14	95	95
5	85	85	15	80	80
6	75	75	16	80	80
7	75	75	17	95	90
8	75	75	18	85	85
9	90	85	19	80	80
10	90	90	20	85	85

Визначимо середнє значення тиску у робочій камері.

$$\max_{cp.} = \frac{\sum \max}{N}, \quad (2.1)$$

де $\sum \max$ - сума max показань манометра;

N - кількість вимірів.

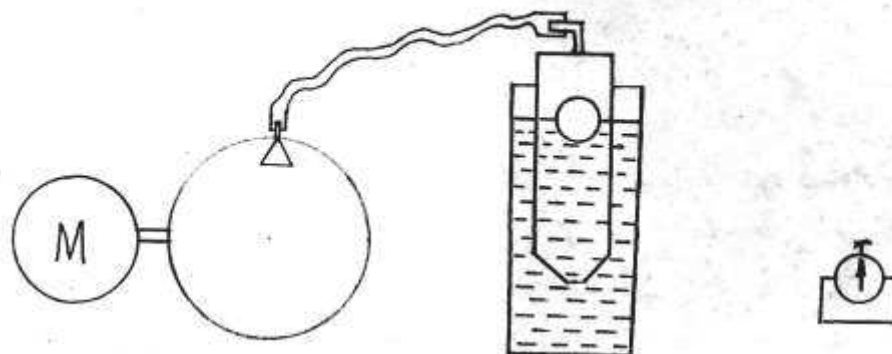
$$\min_{cp.} = \frac{\sum \min}{N}, \quad (2.2)$$

де $\sum \min$ - сума міні показань манометра;

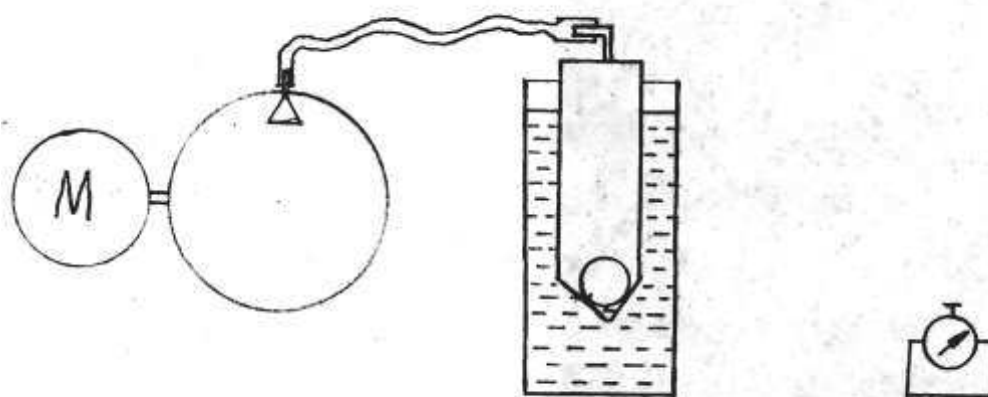
$$\max_{cp.} = 84,25 \text{ мм.вод.ст.}$$

$$\max_{cp.} = 83,0 \text{ мм.вод.ст.}$$

2.3 Визначення часу видавлювання води з робочої камери



а)



б)

а) початковий момент; б) момент виміру

Рисунок 2.2 – Схема проведення вимірів

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

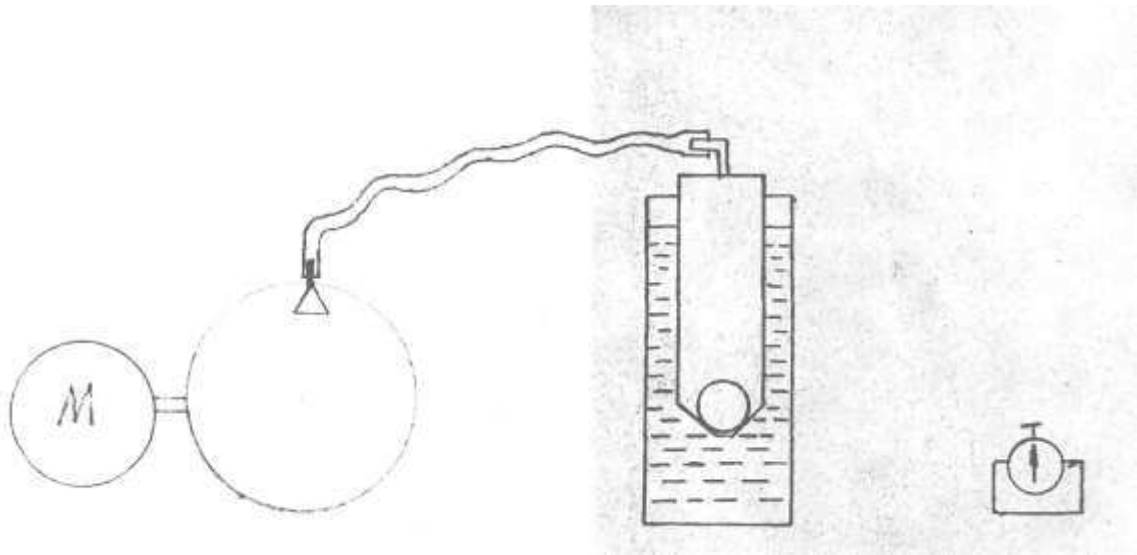
Таблиця 2.2 – Час видавлювання води з робочої камери.

№ п/п	Час видавлювання, с	№ п/п	Час видавлювання, с
1	0,60	16	1,16
2	0,85	17	1,09
3	0,58	18	1,09
4	0,66	19	0,75
5	0,75	20	0,81
6	0,53	21	0,97
7	0,66	22	0,91
8	1,44	23	1,10
9	1,09	24	1,07
10	0,90	25	0,82
11	1,00	26	1,19
12	0,97	27	1,00
13	1,15	28	1,00
14	1,13	29	0,72
15	0,96	30	0,87

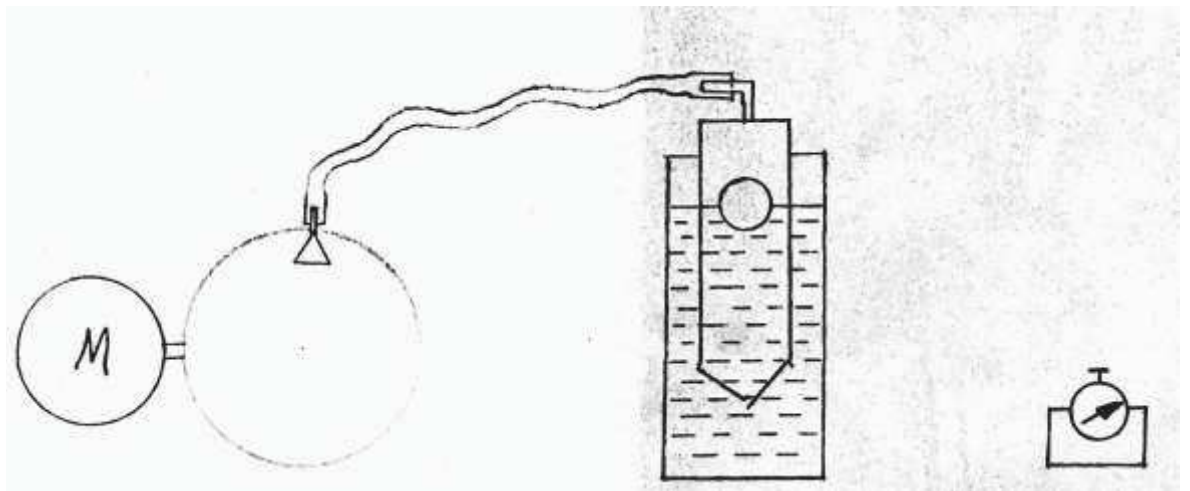
Визначимо середній час видавлювання води з робочої камери.

$$t_{\text{выд.ср.}} = \frac{27,87}{30} = 0,929 \text{ с}$$

2.4 Визначення часу заповнення водою робочої камери



а)



б)

а) початковий момент; б) момент виміру.

Рисунок 2.3 – Схема проведення вимірів

Час заповнення води з робочої камери.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Таблиця 2.3 – Час заповнення води з робочої камери.

№ п/п	Час, с	№ п/п	Час, с	№ п/п	Час, с
1	1,72	14	1,53	27	1,76
2	1,28	15	1,72	28	1,54
3	1,56	16	1,65	29	1,60
4	1,21	17	1,48	30	1,59
5	1,28	18	1,63	31	1,56
6	1,41	19	1,50	32	1,72
7	1,51	20	1,63	33	1,91
8	1,40	21	1,75	34	1,75
9	1,59	22	1,51	35	1,69
10	1,79	23	1,72	36	1,63
11	1,69	24	1,88	37	1,56
12	1,75	25	1,60	38	1,53
13	1,66	26	1,81	39	1,72

Визначимо середній час заповнення води з робочої камери.

$$t_{\text{зан.ср.}} = \frac{\sum t_i}{N} = \frac{64.32}{40} = 1.608 \text{ с} \quad (2.3)$$

де $\sum t_i$ - сума часу вимірів, с.

2.5 Обчислення продуктивності пиłosоса.

Як постачальник стисненого повітря для наших дослідів, було взято пиłosос, здійснимо обчислення його продуктивності.

2.5.1 Розрахунок питомої ваги повітря

$$\gamma = 12.7 \cdot \frac{273}{273+t} \cdot \frac{\beta}{760} \quad (H / m^3) \quad (2.4)$$

де t - температура повітря в приміщенні, $^{\circ}C$;

β - атмосферний тиск, мм. рт. ст.

$$\gamma = 12.7 \cdot \frac{273}{273+t} \cdot \frac{760}{760} = 11,996 \quad (H / m^3) \quad (2.5)$$

2.5.2 Визначення швидкості повітря

$$V = \sqrt{\frac{2g \cdot H_{дин}}{\gamma}} \quad (m / c) \quad (2.6)$$

де g - прискорення вільного падіння, m/c^2 ;

$H_{дин}$ - динамічний тиск повітряного потоку у вимірювальній камері, H/m^2 .

$$H_{дин} = l \cdot \rho \cdot g \cdot \sin \alpha \quad (H / m^3) \quad (2.6)$$

Де l - різниця висот стовпів рідини в трубках манометра, м;

ρ - щільність рідини манометра, $кг/м^3$;

						Арк.
						43
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

α - кут нахилу манометра, град.

$$H_{\text{дин}} = 0.16725 \cdot 10^3 \cdot 9.81 = 1640.72 \text{ (Н/м}^3\text{)}$$

Швидкість повітря буде дорівнює

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot 9.81 \cdot 1640.72}{11.996}} = 51.8 \text{ (м/с)}$$

2.5.3. Продуктивність пирососа

$$Q = V \cdot S = V \cdot \frac{\pi d^2}{4} \text{ (м}^3\text{/с)} \quad (2.7)$$

Об'єм вимірювальної камери

$$V_{\text{кам.}} = 845860 \text{ мм}^3 = 0,000845 \text{ м}^3$$

Діаметр вихідного отвору камери

$$d_{\text{кам.}} = 32 \text{ мм} = 0,032 \text{ м}$$

Діаметр вимірювальної камери

$$d = 82 \text{ мм} = 0,082 \text{ м}$$

де S – площа внутрішнього перетину вимірювальної камери, м²;

						Арк.
						44
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

d - внутрішній діаметр вимірювальної камери , м.

$$Q = V \cdot \frac{\pi d^2}{4} = 51.8 \cdot \frac{3.14 \cdot 0.082^2}{4} = 0.2735 \text{ (м}^3/\text{с)}$$

2.6 Висновки до розділу

Зважаючи на результати проведених вимірювань, стає зрозуміло, що для належного функціонування пульсаційної пральної машини необхідно мінімум чотири пульсаційні камери.

						Арк.
						45
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

3 Розробка конструкції пульсаційної пральної машини

3.1 Аналіз досвіду використання пульсаційних пристроїв у народному господарстві

Сфери застосування пульсаційних апаратів є доволі різноманітними, і їх перелік може бути суттєво розширений.

Найбільшого поширення пристрої цього типу отримали в хімічній технології.

У харчовій промисловості почали використовувати пульсаційні перемішуючі пристрої для запобігання розшаруванню рідких гетерогенних систем (зокрема, молока в цистернах перед його зливом) та для отримання гомогенних систем (у виробництві різних спиртових настоянок). При цьому пульсація передається через занурювальні в цистерни ППУ.

Випробувано та введено в експлуатацію колону діаметром 3.1 м, висотою 17 м для відмивання та згущення твердих часток.

Впроваджено сорбційну колону діаметром 0.8, висотою 10 м із суцільним шаром для регенерації іоніту, що забезпечила можливість роботи в умовах, коли в процесі змінюється знак різниці густин між сорбентом і розчином.

Триває проектування кількох установок для очищення стічних вод машинобудівних заводів на основі пульсаційних колон. За габаритними, технологічними та економічними характеристиками вони значно перевершують традиційні.

Існуючі автоклави з механічним перемішуванням ненадійні та потребують частих ремонтів, а новіші - пневматичні - вимагають більших енергетичних витрат. Тим часом, для ефективного вилучення багатьох речовин з руд необхідна обробка їх під підвищеним тиском.

									Арк.
									46
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

Нещодавно розпочата розробка пульсаційних автоклавів для делігніфікації деревини підтвердила реальність створення економічних апаратів такого типу як для целюлозно-паперової, так і для інших галузей промисловості.

На даний час в експлуатації перебуває близько 1000 пульсаційних апаратів.

Річна економія від їх застосування становить мільйони гривень.

3.2 Аналіз існуючих систем пульсації

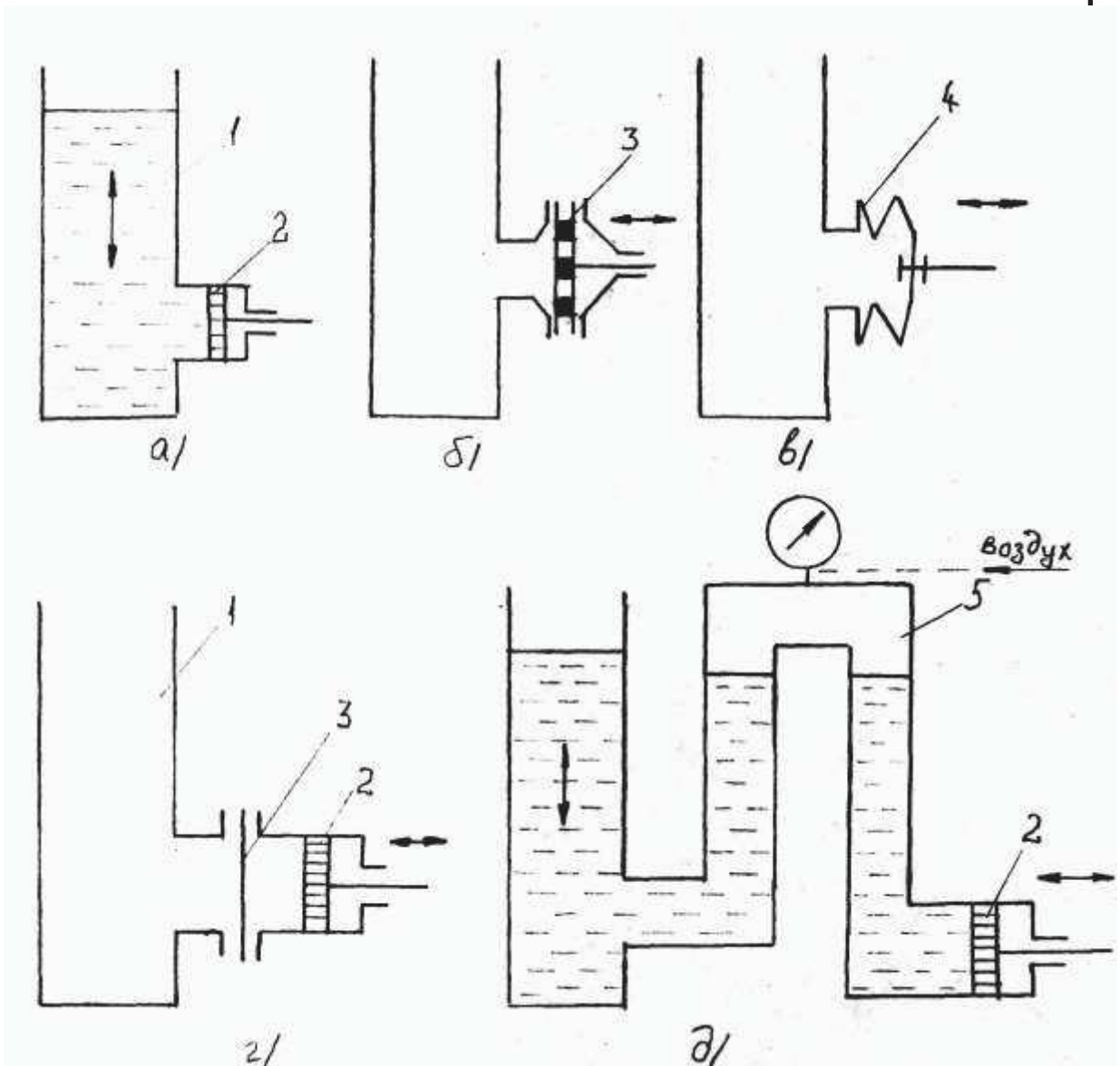
Спільною рисою усіх пульсаційних апаратів є те, що вони наповнені рідиною, котра перебуває у коливальному (зворотно-поступальному) русі. Цей коливальний рух створюється спеціальними генераторами імпульсів, які називають пульсаторами. За допомогою нерухомих пристроїв-перетворювачів, котрі розміщені в апараті, він може доповнюватися обертальним, пральним або іншим типом руху.

До елементів пульсаційної апаратури відносять наступне:

- систему пульсації, куди входять власне пульсатор (пристрій, що генерує зворотно-поступальний рух рідини в апаратурі);
- пульсопровід та пульсаційну камеру - складові, необхідні для передачі коливань від пульсатора до реагентів в апаратурі;
- корпус апарата;
- пристрій для перетворення коливання рідини на спрямований рух.

Одним з ключових елементів пульсаційної техніки виступає система пульсації.

За її допомогою в апаратах формується коливання реагентів з визначеною частотою, амплітудою та формою.



а – поршневий;

в – сифонний;

б – мембранний;

м – комбінований;

д - з газовим буфером.

1 -апарат; 2 – поршень; 3 - мембрана; 4 – сифон; 5 – газовий буфер

Рисунок 3.1 – Механічні пульсатори

Механічна система пульсації має особливість: коливання рідини у реакторі виникає завдяки робочому органу спеціального механізму - пульсатора, котрий безпосередньо впливає на рідину. Це так звані

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

пульсатори прямої дії. Вони приваблюють відносною простотою конструкції і відсутністю необхідності у системах автоматизації.

Поршневі пульсатори (рисунок 3.1, а) створюють коливання внаслідок зворотно-поступального руху поршня 2, що безпосередньо контактує з робочою рідиною в апараті. За конструкцією поршневі пульсатори подібні до насосів і можуть бути виготовлені на основі них шляхом видалення клапанної системи та закриття всмоктувального патрубка. Недоліки їх: контакт рухомих частин з агресивними рідинами, неминучі витіки цих рідин, потреба у постійному обслуговуванні та короткий строк експлуатації.

Витоків реагентів можливо уникнути в мембранних, сільфонних і комбінованих пульсаторах (рисунки 3.1 б - г).

Робочі органи таких пульсаторів (мембрани, сільфони) можуть бути виготовлені з корозійно стійких матеріалів (гума, фторопласт, поліетилен). Проте ресурс мембранних пульсаторів у промислових умовах невеликий внаслідок рівномірного зношування мембран.

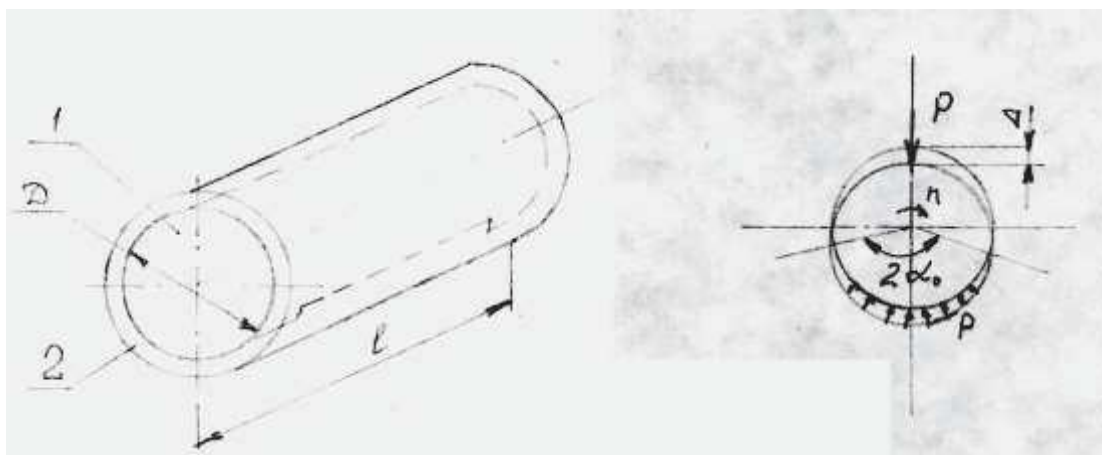
Сільфонні пульсатори (рисунок 3.1, г) більш надійні, ніж мембранні, але великогабаритні сільфони складні у виготовленні, термін їхньої роботи обмежений, що призводить до потреби їх частотої заміни.

Комбіновані пульсатори (рисунок 3.1, д), де використовуються і поршень, і мембрана, характеризуються меншим зношуванням мембран, ніж мембранні, оскільки динамічне навантаження сприймається поршнем; останні ж не зазнають руйнівного впливу реагентів, тому що занурені у нейтральну рідину.

Однак такий пульсатор складний в експлуатації через те, що необхідно як обслуговувати механізм пульсатора, так і слідкувати за сталістю об'єму рідини та станом мембран.

						Арк.
						49
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

3.3 Розрахунок довговічності пари тертя (золотник-корпус) в електромеханічному пульсаторі



1 золотник; 2 - корпус

Рисунок 3.2 – Розрахункова схема

Вихідні дані:

Частота обертання $n = 1 \text{ c}^{-1}$;

Матеріал: вал - сталь 20Х;

підшипник Броф 10 - 1;

Діаметр шийки вала $D = 20 \text{ мм}$;

Довжина підшипника $l = 42 \text{ мм}$;

Навантаження на вал $P = 250 \text{ дані}$;

Початкове значення зазору $\Delta_n = 10 \text{ мкм}$;

Кінцеве /припустиме/ значення зазору $\Delta_{до} = 30 \text{ мкм}$;

Кут обхвату при кінцевому зазорі $2\alpha_{про} = 150^\circ$

Розв'язок

1. Визначаємо критичне навантаження на підшипник

$$P_{кр} = 2P_{ср} \quad (3.1)$$

$$P_{cp} = P/S_n = P/2\alpha_0 \cdot \frac{D}{2} \cdot l$$

де P – навантаження на вал;

S_n – площа опорної поверхні підшипника;

D – діаметр шийки вала;

l – довжина підшипника;

$2\alpha_0$ – кут обхвату вала в кінцевому зазорі;

$$P_{cp} = \frac{250}{2,62} \cdot \frac{2,0}{2} \cdot 4,2 = 22,7 \text{ даН/см}$$

$$P_{кр} = 2 \cdot 22,7 = 45,4 \text{ даН/см}$$

Визначимо показники зношення матеріалів даної пари тертя [5, ст. 17]

1-ша деталь: $\delta o_l = 4,6 \cdot 10^{-12}$; $m_l = 1,58$

2-га деталь : $\delta o_l = 1,3 \cdot 10^{-13}$; $m_l = 1,77$

2. Визначимо швидкість відносного ковзання

$$V = 2\pi \cdot r \cdot n \quad (3.2)$$

де n – частота обертання вала, $з^{-1}$;

$$V = 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{2,0}{2} \cdot 1 = 6,28 \text{ см/з} = 0,0628 \text{ м/с}$$

2.3 знайдемо значення швидкості зношення вала й підшипника

$$\gamma = k \cdot p^m \cdot V^n \quad (3.3)$$

де k – коефіцієнт зносу, характеризує матеріали пари і завдання зношування;

p – питомий тиск, даН/см²;

V – швидкість взаємного переміщення елементів пари, м/с;

m, n - безрозмірні коефіцієнти.

$$\gamma_1 = k_1 \cdot P_{кр}^{m_1} \cdot V^n = 4,6 \cdot 10^{-12} \cdot 45,4^{1,58} \cdot 0,0628^{1,0} = 1,199 \cdot 10^{-10} \text{ мкм/з}$$

$$\gamma_2 = k_2 \cdot P_{кр}^{m_2} \cdot V^n = 1,2 \cdot 10^{-13} \cdot 45,4^{1,77} \cdot 0,0628^{1,0} = 6,996 \cdot 10^{-12} \text{ мкм/м}$$

Оскільки нас турбує не темп зношування конкретних деталей, а збільшення проміжку до заданої величини, то обчислюємо швидкість збільшення зазору за формулою:

$$\gamma_{1-2} = \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{\cos \alpha} = \gamma_1 + \gamma_2 \quad (3.4)$$

$$\gamma_{1-2} = 1,199 \cdot 10^{-10} + 6,996 \cdot 10^{-12} = 1,2689 \cdot 10^{-10} \text{ мкм/з}$$

Знайдемо значення припустимого зазору в парі тертя

$$U_{1-2} = \frac{U_1 + U_2}{\cos \alpha} = U_1 + U_2 = \Delta k - \Delta n \quad (3.5)$$

де U_1, U_2 - зношення першого і іншого тіл;

U_{1-2} - загальний знос сполучення;

α - кут між напрямками U_{1-2} і U_1, U_2 .

$$U_{1-2} = 30 - 10 = 20 \text{ мкм}$$

Знаючи, що величина зносу пропорційна швидкість зношування, можна записати відношення

Диск виготовлено таким чином, що в місці, де корпус має перемичку, він звужується, а у верхній частині має спеціальну лопать.

Для налаштування необхідної швидкості обертання диску 13, на валик 12 встановлено гальмо 14 у вигляді колодки, котра за допомогою болта 21 і пружини 15 регулює швидкість обертання диску 13 та швидкість надходження повітря в пульсаційні камери.

Пульсатор функціонує наступним чином:

стиснене повітря від компресора (пилососа) надходить в основну частину пульсатора і через отвір в диску 13 потрапляє в одну з чотирьох камер корпусу 11, а звідти в пульсаційну камеру.

Бічний штуцер корпусу з'єднується з всмоктувальною частиною пилососа. Повітря проходить через верхню частину пульсатора та тисне на лопаті диску, примушуючи його обертатись; диск по черзі сполучає поступово-статичне повітря з однією з пульсуючих камер. Швидкість обертання диску 13 регулюється за допомогою гальма 14.

В момент, коли пульсаційна камера не перебуває під тиском стисненого повітря, вона через невеликі зазори між корпусом і диском з'єднується з всмоктувальною частиною пилососа, внаслідок чого досягається більш швидке заповнення пульсаційної камери.

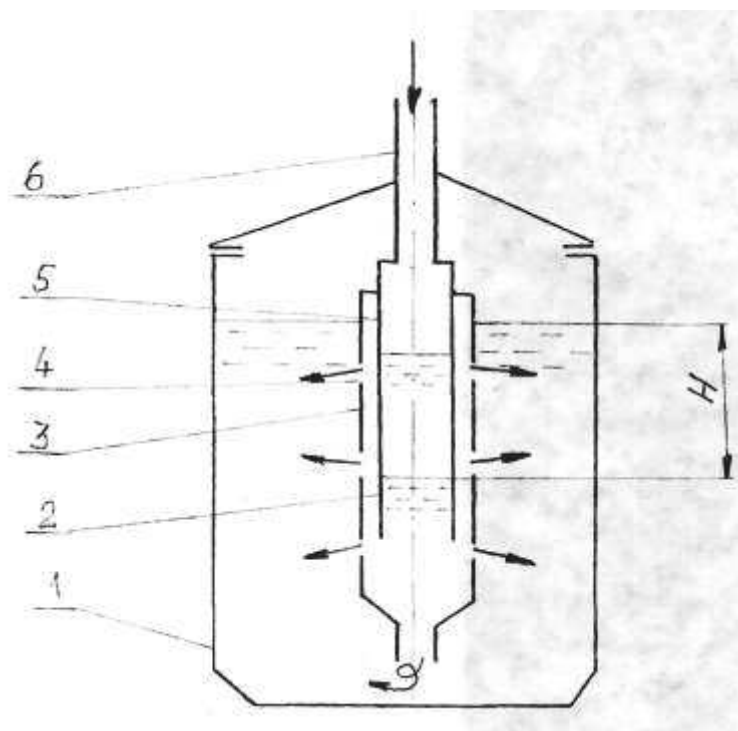
3.5 Розробка робочих камер

Перемішування в ємностях різного цільового призначення – один з найбільш поширених процесів.

Розроблені пульсаційні перемішувачі пристрої (ППП) дозволяють повністю герметизувати апаратуру при достатньо високій інтенсивності перемішування. ППП характеризуються тим, що не містять рухомих частин в реакційній зоні, що виключає потребу в сальниках.

									Арк.
									54
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

Їх можна вмонтовувати в апаратуру зі складною конфігурацією та створювати практично будь-яку гідродинамічну обстановку в реакційному об'ємі. Ці властивості дозволили успішно застосовувати та експлуатувати ППП в апаратурі різного призначення.



- 1- апарат
- 2- - пульсаційна камера
- 3- - корпус
- 4- - сопло
- 5- розподільна частина
- 6- штуцер пульсаційний.

Рисунок 3.3 – Конструктивна схема ППП

На малюнку 3.3 зображено типову конструктивну схему ППП. Основними компонентами ППП є пульсаційна камера та розподільна частина із соплами. Для приведення в дію ППП застосовується джерело стисненого повітря, завдяки якому над рівнем рідини у пульсаційній

камері створюються коливання тиску у газовій (повітряній) фазі. Ці коливання змушують рідину в пульсаційній камері рухатись зворотно-поступально. Цей рух характеризується потрібною частотою, амплітудою та формою.

Коли пульсатор вимкнений, рівень рідини у пульсаційній камері 2 та в апараті 1 однаковий.

Під час подачі тиску в пульсаційну камеру (прямий хід пульсатора), рівень рідини в ній знижується, і рідина через розподільну частину 5 та сопло 4 викидається в реакційний об'єм.

Коли тиск із пульсаційної камери скидається, під впливом створеної різниці рівнів рідина заповнює пульсаційну камеру. Потім цикл повторюється.

Через те, що рідина потрапляє у пульсаційну камеру під дією створеного рівня, швидкість надходження є невисокою. Щоб отримати достатній об'єм імпульсу, доводиться час циклу перерозподілити на користь часу затікання: час сполучення з атмосферою – твix у декілька разів перевищує час впуску стисненого повітря.

Використовуються пульсатори з $t_{вх}/t_{вих} = 1/3 \div 1/5$.

3.6 Розробка ескізного проєкту пульсаційної пральної машини

Пульсаційна спіральна машина складається з наступних основних частин (див. графічну частину):

бак 1 з перегородками, в яких просвердлено отвори; за перегородками розташовані пульсаційні камери 2, які з'єднуються з пневморозподільвачем 4. Пневморозподільник з'єднаний з штуцером 6, який підключено до зовнішнього джерела стисненого повітря. Бак 1

розміщено в корпусі 3 і закривається кришкою 5, запобігаючи розбризкуванню мийного розчину з бака.

Бак у нижній частині має пробку 9, яка використовується для зливу води.

Машина [БРМА 25.00.00.000СК] працює наступним чином:

У бак заливають пральний розчин, а потім закладають білизну. Далі до штуцера приєднують джерело стисненого повітря, яке через пневморозподільник надходить у пульсаційну камеру. Там, під його впливом, вода починає рухатися зворотно-поступально та частково обертально. Така дія на речі призводить до прання.

3.7 Висновки до розділу

В даному розділі розроблено конструкцію пульсаційної пральної машини та проаналізовано роботу основних її елементів

						Арк.
						57
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Висновки

1. Існує три головних різновиди пральних машин:

ПМР – пральні машини, де віджим білизни відбувається вручну;

ПМН – пральні машини напівавтоматичного типу;

ПМА – пральні машини автоматичного типу.

2. На сьогоднішній день загалом застосовуються два основні способи прання – активаторний та баковий, кожен з котрих має як переваги, так і недоліки.

3. Головний недолік активаторного способу – неможливість автоматизувати процес віджиму.

4. Основний недолік барабанного способу – великі динамічні навантаження під час прання та віджиму.

5. Наразі існує потреба у розробці та дослідженні принципово нових способів прання.

6. Пульсаційний спосіб прання є одним із методів, що дозволяє об'єднати побутову техніку.

7. Розроблено пульсаційну пральну машину для використання в домашніх умовах. Досліджено процес пульсації рідини та роботу пральної машини з електромеханічним пульсатором. Створено пральну машину з пневмомеханічним пульсатором.

8. Комплексні експериментально-теоретичні дослідження засвідчили перспективність розробок пральних машин на основі пульсаційного способу перемішування рідини.

Перелік джерел посилання

1. Патент України на корисну модель 38153, МКВ D06F 27/00. Прально-віджимна машина/ Г.Б. Параска(UA); Д.М. Скригуль(UA). – №u200809237; заявл. 15.07.2008; опубл. 25.12.2008, Бюл. №24. – 2 с.
2. Патент України на корисну модель 45559, МКВ D06F 35/00. Вакуумна пральна машина/ М.О. Лицишин(UA); О.І. Лицишин(UA); Г.О.Куцаба(UA); О.І. Лицишин(UA). – № 2000127213; заявл. 15.12.2000; опубл. 15.04.2002, Бюл. № 4/2002. – 4 с.
3. Патент України на корисну модель 33731, МКВ D06F 21/00, D06F 33/00. Прально-віджимна машина / Г.П.Черменський(UA); О.Б. Гуменюк(UA). – №99031744; заявл. 30.03.1999; опубл. 15.02.2001, Бюл. №1/2001. – 2 с.
4. Патент України на корисну модель 3211, МКВ D06F 17/00. Пральна машина/ О.І. Смирнов(UA); В.П. Ткаченко(UA). – №5009983/SU; заявл. 08.07.1991; опубл. 26.12.1994, Бюл. №5-I/1994. – 6 с.
5. Патент України на корисну модель 57799, МКВ D06F 21/00. Пральна машина/ В.П. Педанов(UA); В.Е. Костро(UA). – № 2000031364; заявл. 09.03.2000; опубл. 15.07.2003, Бюл. №7/2003. – 3 с.
6. «Electric Washing Machine the Latest. Housewives can do Washing in one-third the Time», Des Moines Daily Capitol, November 12, 1994, p. 13.
7. Mario Theriault, Great Maritime Inventions 1833—1950, Goose Lane, 2001, p. 28
8. Електропобутова техніка : підруч. для студентів ВНЗ / І. В. Петко, О. П. Бурмістенков, Т. Я. Біла, М. Є. Скиба. – Хмельницький : ХНУ, 2017. – 213 с. : іл., табл. – Бібліогр.: с. 211.

9. Попович М. Г. Електричні машини та електропривод побутової техніки: Підручник / М. Г. Попович, Л. Ф. Артеменко. – Київ: Либідь, 2004. – 352 с.

10.Бондаренко М. Й. Інженерне проектування та розрахунок електропобутової техніки : навч. посіб. / М. Й. Бондаренко, С. А. Демішонкова. – Київ : КНУТД, 2019. – 185 с.

11.Сучасні пральні машини. Серія „Ремонт”, випуск 53. В.В. Коляда. Видавництво „СОЛОН – Р. 2001 р., -247 с.

12.Кваліфікаційна робота: методичні рекомендації та настанови для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» / О.С. Поліщук, С.В. Смутко, В.С. Неймак. – Хмельницький: ХНУ, 2024. – 31 с.

13.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.

14.Прилади побутові та аналогічні електричні. Безпека : [пер. з англ.], Ч. 1. Загальні вимоги (EN 60335-1:2012; A11:2014; AC:2014; A13:2017, IDT; IEC 60335-1:2010, MOD). — Київ : ДП ”УкрНДНЦ”, 2019. — VIII, 147 с., включ. обкл. — (Національний стандарт України).

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.Електропобутова техніка : підруч. для студентів ВНЗ / І. В. Петко, О. П. Бурмістенков, Т. Я. Біла, М. Є. Скиба. – Хмельницький : ХНУ, 2017. – 213 с. : іл., табл. – Бібліогр.: с. 211.

17.Методичні вказівки до виконання розрахункової роботи з навчальної дисципліни "Технологія виробництва електропобутової техніки" для студентів електротехнічних спеціальностей усіх форм навчання / М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т" ; [уклад. О. М. Гречко]. — Х. : НТУ "ХПІ", 2015. — 59 с. : іл., табл. — Бібліогр.: с. 59.

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 технологій 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.

20.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.

21.Електропобутова техніка : [навч. посіб.] / І. В. Петко [та ін.] ; М-во освіти і науки України, Київ. нац. ун-т технологій та дизайну. — К. : КНУТД, 2009. — 203 с. : іл., табл. — Бібліогр.: с. 202.

						Арк.
						61
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

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

						Арк.
						62
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

						Арк.
						63
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		