

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

Розробка газорідного пристрою для покращення процесу
прання

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


Шифр МРМА 23.00.00.000 ПЗ

Виконав студент 2 курсу
група ЕТмз-22-1


Підпис

В. С. Дацков
Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

В. С. Неймак
Ініціали, прізвище

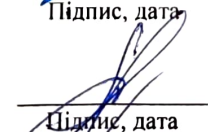
Нормоконтролер


Підпис, дата

О. С. Поліщук
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри МАЕЕС


Підпис, дата

О. С. Поліщук
Ініціали, прізвище

20 12 2023 р.

Хмельницький 2023

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 існуючих конструкцій сучасних пральних машин	до 30.10.23р.	
2. Розробка конструкції пухирцевої пральної машини.	до 10.11.23р.	
3. Експериментальні дослідження	до 20.11.23р.	
4. Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	до 12.12.23р.	

Студент

Підпис



В.С. Дацков
Ініціали, прізвище

Керівник роботи

Підпис



В.С. Неймак
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

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


1. Прізвище, ім'я та по батькові Дацков Василь Сергійович

2. Тема магістерської роботи Розробка газорідинного пристрою для покращення процесу прання

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

4. Об'єм магістерської роботи: креслень 8 арк., сторінок записки 74

5. У повітряно-пухирцевих машинах ефект кип'ятіння виникає в холодній воді. Головним активатором хімічних процесів є кисень, а прання - процес не тільки механічний, але й хімічний, тому витрата прального порошку у повітряно-пухирцевих машинах значно менша. Наявність великої кількості пухирців створює захисний прошарок між шарами тканини, речі менше деформуються й зношуються. В літературі практично немає рекомендацій щодо параметрів та режимів роботи пристроїв для генерації повітряних пухирців. Тому розробка названого вище пристрою є актуальною задачею. Його використання зменшить витрати миючих засобів, що матиме як економічний так і екологічний ефект. Метою роботи було вивчення процесу прання при використанні газорідинного середовища та розробка пристрою для покращення процесу прання в пральній машині. В розрахунково-пояснювальній записці наведено всі необхідні розробки, а також розділи, що відповідають встановленим вимогам. В першому розділі проведено огляд та аналіз існуючих технічних та технологічних рішень з тематики магістерської роботи. В другому розділі розроблено конструкцію пухирцевої пральної машини. В третьому розділі проведено експериментальні дослідження.

Підпис студента 
"24" 12 2023 р.

РІШЕННЯ ЕК:

Протокол №3 від 29 " 12 2023 р.

Оцінка проекту ЕК добре 4,0/5
Рекомендації ЕК _____

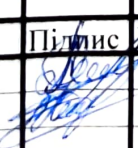


Особливі відмітки _____

Технічний секретар 

"29" 12 2023 р.

ЗМІСТ

	с
Вступ.....	6
1 Огляд та аналіз існуючих конструкцій сучасних пральних машин.....	8
1.1 Аналіз конструктивних концепцій сучасних пральних машин	8
1.2 Огляд та аналіз існуючих конструкцій пральних машин та технологічних процесів прання в них.....	9
Висновки до першого розділу	30
2 Розробка конструкції пухирцевої пральної машини.....	30
2.1 Опис технологічного процесу прання в пухирцевій пральній машині.....	30
2.2 Розробка робочого органу пухирцевої пральної машини.....	42
2.3 Опис електричної схеми пухирцевої пральної машини.....	55
Висновки до другого розділу.....	55
3 Експериментальні дослідження.....	56
3.1 Розробка експериментального стенда.....	56
3.2 Методика проведення досліджень та вибір обладнання.....	58
3.3 Обробка результатів досліджень.....	67
Висновки до третього розділу.....	69
Загальні висновки	70
Перелік джерел посилання.....	71
Додаток А. Програма розрахунку контактного тиску поверхні газового пухирця об поверхню забруднення в залежності від параметрів потоку....	73
Додаток Б. Програма розрахунку відстані від поверхні газового пухирця до поверхні білизни при русі пухирця в потоці рідини.....	74

МРМА 23.00.00.000 ПЗ									
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	Розробка газорідного пристрою для покращення процесу прання	Літера	Аркуш	Аркушів	
Виконав		Дацков В.С.						4	73
Перевір.		Пеймак В.С.							
Н.контр.		Пундик С.І.							
Затвер.		Полещук О.С.				ХНУ гр. ЕТмз-22-1			

1) Нерівномірне розміщення білизни, що призводить до великих динамічних навантажень у процесі віджимання; 2) Високий ступінь автоматизації виробництва: злив пральної рідини та зміна швидкості обертання барабана відбувається тільки при зміні швидкості обертання барабана.

1.2 Огляд та аналіз існуючих конструкцій пральних машин та технологічних процесів прання в них.

1.2.1 Пральні та прядильні машини

В основу корисної моделі [1] покладено завдання створення машини з єдиним робочим органом і підвищення якості процесу прання.

Це завдання вирішується наступною прально-прядильною машиною. Прально-віджимна машина містить основний корпус, нерухомий бак, пральний барабан, що обертається навколо вертикальної осі, двигун, насос, систему керування відповідно до запропонованого рішення, безконтактний жорсткий кріпильний елемент, розташований у пральному барабані, і безконтактний жорсткий кріпильний елемент у пральному барабані. Форма кріпильного елемента може бути конічною, циліндричною або паралелепіпедальною, а центральне положення мийного барабана може змінюватись як у радіальному, так і в осьовому напрямку.

У вертикальних резервуарах необхідно забезпечити нерівномірний рух рідини в різних частинах об'єму. Саме ці умови рідинно-механічного процесу забезпечують найкраще протікання процесу миття. Запропоновано введення в рухомий вертикальний барабан стаціонарних елементів, призначення яких - стримування мийної рідини в окремих об'ємах, що призводить до різних швидкостей руху рідини за об'ємом барабана.

На наведеному кресленні [МРМА 23.00.00.000 ДО, рис. 1] зображено схему прально-віджимної машини. Тут зображено корпус 1, нерухомий барабан

електронного стандартного стандартного програмного управління, подають живлення та відповідне заземлення. Заповніть резервуар для води водою з водопровідної мережі або через отвір у корпусі. Воду можна нагріти в корпусі пристрою за допомогою холодної води, попередньо нагрітої води або стандартного нагрівача. Вакуум атмосферного тиску створюється в контейнері за рахунок роботи вакуумного насоса 19 з електродвигуном через насадку 18, зі стандартним програмним управлінням, що працює в автоматичному режимі роботи пилососа. Вакуум у контейнері 14 змушує мийний засіб безконтрольно рухатися в бік вакууму з відповідною кінетичною енергією, що передається забрудненій поверхні очищуваного виробу. Молекули мийної рідини та повітря механічно впливають на різні поверхні виробу завдяки повітряному вакууму, проникаючи в мікроскопічні зазори, руйнуючи та частково розчиняючи набубнявілі забруднення нехімічного походження, підхоплюючи їх, викидаючи у вільний рідинний простір, змішуючи з порошком, що чистить, і прискорюючи процес очищення. У результаті імпульсів рухомих частинок мийного засобу, що труться об поверхню виробу, змивання забруднень відбувається за рахунок сильного молекулярного впливу молекул мийного засобу. Величина цих ударів залежить від рівня вакууму в ємності 14. Режим роботи вакуумного насоса 19 залежить від заданої стандартної програми і тривалості вакууму в мийному розчині. Забруднений мийний засіб виводиться через отвори 26, жолоб 27 і сопло 28. Верхній шар мийного засобу є найбільш забрудненим і постійно зливається та замінюється додаванням чистої води відповідно до програмного керування процесом прання в автоматичному режимі роботи пральної машини. У пральних машинах, оснащених відцентровими сепараторами, вода зливається і висушується за допомогою вакууму в стандартному режимі.

Для максимального видалення води з одягу і забезпечення вологості 3-5% для виробів із тканини і нульової вологості для виробів із нетканого матеріалу в ємності 14 багаторазово створюється вакуум без води. Ця операція виконується

одночасно з обробкою виробів на центрифuzі. Температура води для вакуумування вибирається залежно від ступеня забруднення виробу. Керування процесом 34 є стандартним і має бути встановлене для автоматичного очищення виробу.

У конструкціях машин, що використовують сітку 36 для очищення стійких плям, процес відбувається таким чином.

Сітка 36 занурюється в розчин для чищення, і різниця потенціалів між матеріалами сітки створює спрямований рух іонів солі/іонних струмів, що генерує локальне електричне поле та притягує заряджені частки бруду з поверхні виробу, що очищується, які вже зважені в розчині для чищення. Такі частинки утримуються на поверхні сітки 36 за рахунок змочування поверхні сітки 36 частинками, а верхній шар такого бруду поступово скидається через отвори 26. Таке поєднання інтенсивності перемішування мийного розчину пілососом та електрохімічної міграції поверхневих забруднень за допомогою іонного струму мийного розчину прискорює процес очищення та скорочує використання прального порошку, що є шкідливим для довкілля та спричиняє алергію в людей і хвороби сільськогосподарських культур. Вакуумування мийного розчину може бути застосовано до пральних машин з барабаном, що обертається, і відцентрових сепараторів, вертикальних пральних машин і пральних машин з повним баком води. Винахід може бути використаний у машинобудуванні для очищення деталей від технологічних забруднень; у харчовій і переробній промисловості для очищення пляшок, банок та іншої тари; у кафе, лікарнях, школах та армії для очищення посуду; у хірургії для очищення хірургічних інструментів після їхнього використання в операціях; у пральнях для очищення мийного устаткування.

1.2.3 Прально-віджимна машина

В основу винаходу [3] покладено завдання вдосконалення конструкції шляхом забезпечення надійного вивантаження і підйому білизни в барабані під час прання, полоскання і віджимання, а також спрощення подачі рідини до барабана, щоб прання, полоскання і віджимання білизни могли здійснюватися як у ручному, так і в автоматичному режимах. В основі винаходу лежить завдання створення прально-віджимальної машини, здатної здійснювати прання, полоскання і віджимання за короткий час і з високою ефективністю.

Завдання вирішується за допомогою пральної машини, що включає корпус, у якому нерухомий бак, установлений у ньому пральний барабан, що обертається навколо вертикальної осі, виконаний у вигляді ріжучої конічної поверхні, що розширюється догори, ріжуча конічна поверхня якої має дно, тангенс кута нахилу поверхні відносно вертикалі. Нерухомий резервуар утворено круговою перегородкою, перегородка обмежує контейнер між ним і корпусом, контейнер має вікно у верхній частині, яке відкривається в атмосферу, канал у нижній частині контейнера. Швидкість обертання можна змінювати відповідно до програми; обмежувач прання і підйому рідини виконаний у вигляді балансувального кільця, а задана програма розташована на панелі управління і повторює схему циклу, що змінюється, в одному і тому самому пральному барабані, з технічним циклом прання - полоскання - віджимання. Передбачена автоматизація.

В основі конструкції прально-віджимної машини лежить конічна еластична (наприклад, гумова) оболонка, натягнута на конічну поверхню прального барабана, водночас білизна та рідина під дією відцентрових сил циклічно підіймаються до обмежувача підйому під час зливання білизни, коли оберти двигуна знижуються завдяки конічній еластичній оболонці, що забезпечує високу продуктивність прання, полоскання та віджиму в одному пральному барабані за заздалегідь заданою програмою, а також для поліпшення

вивантаження білизни - конічний круговий роздільник. Полички та отвори дають змогу їй повністю надходити до прального барабана і, піднімаючись угору, до стаціонарного баку через отвори у верхній частині конічної еластичної оболонки та в конічній поверхні прального барабана.

Конструкція даної прально-відтискної машини також забезпечує автоматизацію процесів прання, полоскання та віджимання в одному пральному барабані без збільшення потужності та габаритів машини порівняно з пульсаторними та барабанними пральними машинами.

Порівняльний аналіз із прототипами показує, що такі технологічні рішення не є сучасними, але є новими і відповідають критерію "новизна".

Проаналізувавши сучасний рівень техніки в досліджуваній галузі, можна зробити висновок про відсутність ознак, подібних до суттєвих ознак рішення, яке розглядається, та визнати його таким, що володіє винахідницьким рівнем.

МРМА 23.00.00.000ДО, фіг. 3, а] показано принципову схему пральної машини після завантаження білизни та рідини (прального засобу або води). - А] показана схема пральної машини під час прання, супроводжувана діаграмою положення білизни та потоку рідини. Панель управління 41 розташована на основному корпусі 1, усередині якого розміщено конічний нерухомий резервуар 2, що розширюється донизу, з проточними каналами 42 і 43 та керувальним клапаном 44 на дні, утворений конічною круглою перегородкою 45, з проточними каналами 47 і 48 на дні, перший із яких з'єднаний із всмоктувальним проточним каналом 42 через керувальний клапан 49, другий проточний канал з'єднаний із нагнітальним проточним каналом 51 насоса 8 через керувальний клапан 50, а нагнітальний проточний канал 51 з'єднаний зі зливною трубою 53 через керувальний клапан 52. Другий проточний канал з'єднаний із нагнітальним проточним каналом 51 насоса 8 через регулювальний клапан 50, а нагнітальний проточний канал 51 з'єднаний із нагнітальним проточним каналом зливною трубою 53 через регулювальний клапан 52. Корпус

винаходу, привід має має порожнистий конічний консольний виступ зі зрізаною голівкою в нижній частині, електродвигун розташовано коаксіально в порожнині виступу, виступ виконано так, що його вісь нахилена відносно горизонтальної площини та направлено до центра. Завдяки тому, що в приводний блок введено консольний виступ, електродвигун розташовано в порожнині виступу під кутом до горизонтальної осі, а пульсатор, жорстко пов'язаний з електродвигуном, встановлено над виступом, прання можна здійснювати рівномірно й інтенсивно по всьому баку, а також запобігати накопиченню грудок білизни. Таким чином, поліпшується якість прання.

У [МРМА 23.00.00.000ДО, рис. 4] показано схематичний поздовжній розріз пральної машини.

Пральна машина містить пральний бак 2, привід, встановлений на його верхній частині корпусу 1, і знімну кришку 65. У нижній частині корпусу 1 є порожнистий конічний консольний виступ 66 зі зрізаною голівкою, в якому розташований електродвигун 55. Консольний виступ і електродвигун розташовані коаксіально таким чином, що їхні вали розташовані під кутом до горизонтальної площини в центрі резервуара 2. На валу 54 електродвигуна 55 закріплений високошвидкісний куполоподібний пульсатор 67 з ультразвуковою сиреною 68.

Резервуар 2 заповнюється мийним розчином, і вал 54 електродвигуна 55 приводиться в рух. Одночасно з валом 54 обертається куполоподібний пульсатор 67, до якого приєднана ультразвукова сирена 68. Куполоподібний пульсатор з отворами у своїй поверхні створює під час обертання усмоктувальний циркуляційний потік мийного розчину та насичує мийний розчин кавітаційними бульбашками під дією ультразвукових коливань, які створює ультразвукова сирена 68. Одночасно білизна обертається в діагональній площині навколо пульсатора 67, встановленого в центрі бака,

76 теплообмінника 75 з'єднаний з водопровідною мережею 64, вихід 79 з'єднаний з робочою зоною 69 машини, вхід 80 дренажного каналу 77 теплообмінника 75 з'єднаний з робочою зоною 69 машини, а вихід 81 з'єднаний з дренажним трубопроводом 82. Робоча зона 69 машини також забезпечена дренажним каналом 83, сполученим із входом 80 дренажного каналу 77 теплообмінника 75 через клапан 84 відкриття/закриття, між дренажним каналом 83 та робочою зоною 69 машини встановлений датчик температури 85, а в клапані 84 відкриття/закриття передбачено привод 86, сполучений із датчиком температури 85. передбачено. У робочій зоні 69 машини передбачено пряму лінію 53 подачі мережевої води, сполучену з виходом 78 основного каналу 76 теплообмінника 75 через клапан 87 відкриття/закриття з приводом 86, сполученим із командним блоком 74 машини. Пральна машина працює таким чином.

Під час замочування білизни або інших речей водопровідна мережа 64 безпосередньо, тобто минаючи теплообмінник 75, під'єднується до робочої зони 69 пральної машини через розподільний клапан 87. Холодна мережева вода надходить у робочу зону 69 машини, де нагрівається за рахунок енергії, що надходить із мережі. Після прання нагріта стічна вода надходить на датчик температури 85, який за допомогою приводу 86 перемикає клапан 84, що з'єднує вихід із робочої зони 69 машини із входом 80 каналу стічної води 77 теплообмінника 75. Гаряча стічна вода заповнює канал 77. У режимі ополіскування мережева вода обходить теплообмінник 75 і надходить до робочої зони 69 машини через клапан 87, а після ополіскування надходить на датчик 85 холоду, що за допомогою приводу 86 перемикає клапан 84, перекриваючи вхід 80 каналу 77 теплообмінника 75 від виходу робочої зони 69 машини, а вихід робочої зони 69 з'єднується зі зливною трубою 82, і холодна стічна вода виводиться з робочої зони 69 машини. Під час наступного прання командний блок 74 подає команду на виконавчий механізм 86, який перемикає

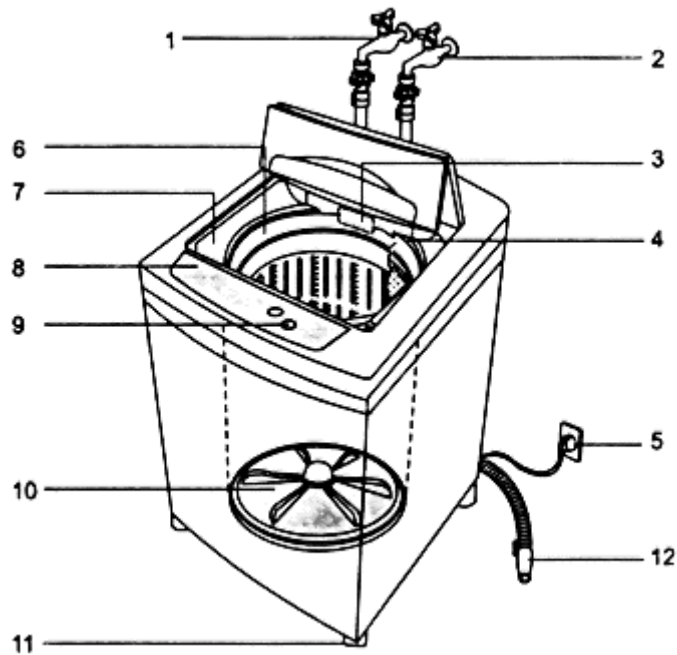
клапан 87, щоб спрямувати мережеву воду у водяний канал 76 теплообмінника 75. Мережева вода, нагріта дренажем у водяному каналі 77 теплообмінника 75, надходить до робочої зони 69 машини; після другого прання датчик 85 повертає гарячий дренаж через клапан 84 у водяний канал 77 теплообмінника 75, де він виштовхує дренаж, який уже віддав тепло мережевій воді. У цьому варіанті здійснення винаходу виключається можливість потрапляння холодного стоку в канал 77 теплообмінника 75, підвищується загальна температура теплообмінника 75 (тобто обох його каналів 76 і 77), у такий спосіб збільшується ступінь утилізації тепла стоків і нагріву мережевої води, що надходить у робочу зону машини 69. Споживання енергії знижується. Водночас у режимах роботи машини, коли наявна холодна вода, наприклад, під час ополіскування, блок керування 74 перемикає клапан 87 на під'єднання робочої зони 69 машини безпосередньо до водопровідної мережі 64, минаючи теплообмінник 75. У результаті мережева вода, що надходить до робочої зони 69 машини, не втрачає тепло від стічної води в теплообміннику 75, що додатково знижує витрату енергії на нагрівання мережевої води.

У другому варіанті здійснення винаходу пральна машина [МРМА 23.00.00.000ДО, фіг. 5 b] має, як і в попередньому варіанті, корпус 1 з робочою зоною 69, у якій розташовані секція замочування 70, секція прання 71, секція полоскання 72 та секція сушіння 73, та тепловий Він містить у собі теплообмінник 75. У цьому разі впуск 78 каналу 76 чистої води теплообмінника 75 з'єднаний із водяною мережею 64, випуск 79 з'єднаний із робочою зоною 69 машини, впуск 80 дренажного каналу 77 теплообмінника 75 з'єднаний із робочою зоною 69 машини, а випуск 81 з'єднаний із дренажною трубою 82. Робоча зона 69 машини також забезпечена дренажним трубопроводом 83, сполученим із входом 80 дренажного каналу 77 теплообмінника 75 через клапан 84 відкриття/закриття, між дренажним трубопроводом 83 і робочою зоною 69 машини передбачений датчик

Висновок до глави 1.

Розвиток нової конструкції пральних машин характеризується такими параметрами

- Скорочення виробництва ручних роторних і напівавтоматичних пральних машин і збільшення виробництва автоматичних пральних машин;
- Збільшення кількості програм ручного віджиму для полегшення обробки білизни з різних тканин;
- перехід від пральних машин з баком до пральних машин барабанного типу. Це пов'язано з тим, що пральні машини барабанного типу мають вищу продуктивність і менші габарити, ніж пральні машини з баком;
- Підвищення ступеня автоматизації пральних машин за рахунок використання елементів автоматики;
- Використання нових активаторів мийних засобів, які покращують і прискорюють процес прання;
- Збільшення випуску малих пральних машин без віджимання, призначених для малих пралень;
- Використання реверсивного руху пульсатора з роздільними швидкостями обертання, що значно знижує знос білизни і покращує якість прання;
- Використання в пральних машинах електронагрівачів для підігріву мийного розчину;
- Використання елементів управління та регулювання процесу прання - елементів автоматики та електроприводів - як ключових компонентів сучасних автоматичних пральних машин.



1, 2 — крани холодної й гарячої води, 3 — відділення для прального порошку, 4 — з волокон, 5 — шнур живлення, 6 — відділення для пом'ягчувача білизни, 7 — відділення для відбілювача, 8 — панель керування, 9 — кнопка «ВКЛ/ВИКЛ», 10 — пульсатор, 11 — регульована ніжка, 12 — зливний шланг

Рисунок 2.1 – Вигляд повітряно-пухирцевої пральної машини

Під час під'єднання адаптера спочатку від'єднайте його від шланга (мал. 2.2, а), викруткою виверніть кріпильний гвинт на верхній частині А фартуха, щоб він не випав із гнізда (мал. 2.2, б), приєднайте адаптер до крана, затягніть кріпильний гвинт і поверніть нижню частину В адаптера відносно верхньої частини А (мал. 2.2, с), потім під'єднайте шланг подачі води (мал. 3.2, d).

Вода зливається через фітинг у нижній частині пральної машини. Особливістю пральних машин є те, що більшість моделей поставляються як зі зливним насосом, так і без нього. В останньому випадку на дні пральної машини є зливний клапан, який під час відкривання (за умови, що зливний

Пульсатор (мал. 2.4) являє собою диск із лопатями в нижній частині барабана, обертання якого змушує воду в барабані рухатися складним чином.

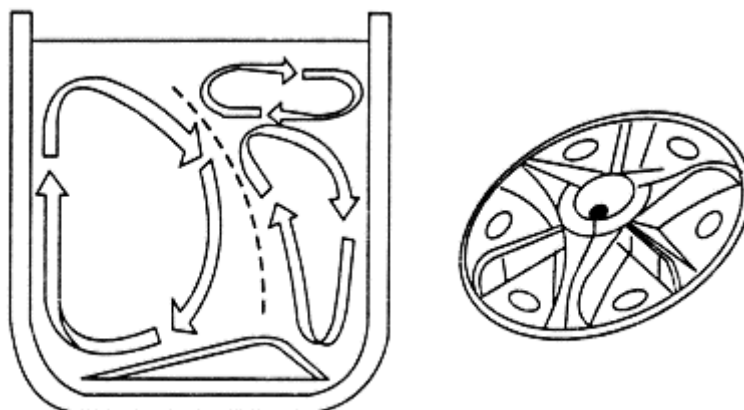


Рисунок 2.4 – Пульсатор пральних машин

Пульсатор сконструйований асиметрично, лопаті зміщені щодо осі обертання. Це дає змогу забезпечити асиметрію руху водного вихору і мінімізувати кількість застійних зон у потоці.

Дозатор добавок розташований біля верхнього краю барабана і призначений для введення в порожнину бака спеціальних добавок, наприклад, пом'якшувачів білизни. На пом'якшувач впливають два фактори: відцентрові сили, що виникають під час обертання барабана (швидкість обертання має бути не менше 100 об/хв), і сила ваги пом'якшувача, що протікає через відсіки дозатора в паузах між обертаннями дозатора, коли пом'якшувач перетікає з одного відсіку дозатора з одного відділення в інше.

На рис. 2.5 показано етапи перетікання добавки з відділення А у відділення D. На рис. 2.6 показано розташування цих відділень біля краю барабана.

Наливши молоко у відсік А, ви можете перевірити роботу дозатора: на останньому етапі полоскання молоко має з'явитися на виході з дозатора.

Зрозуміло, цю перевірку слід проводити, не поміщаючи білизну в машину.

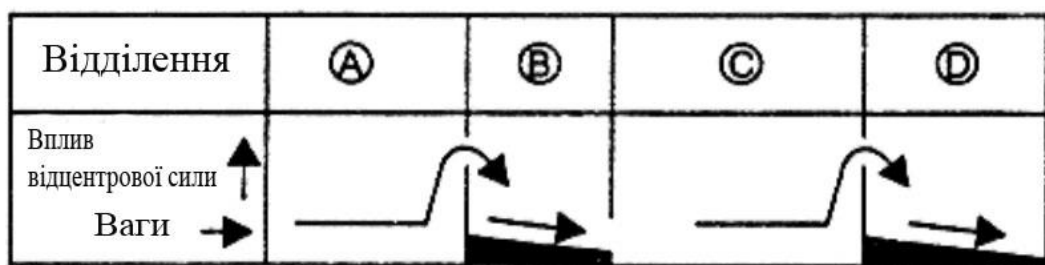


Рисунок 2.5 – Перетікання добавок по відділеннях дозатора добавок

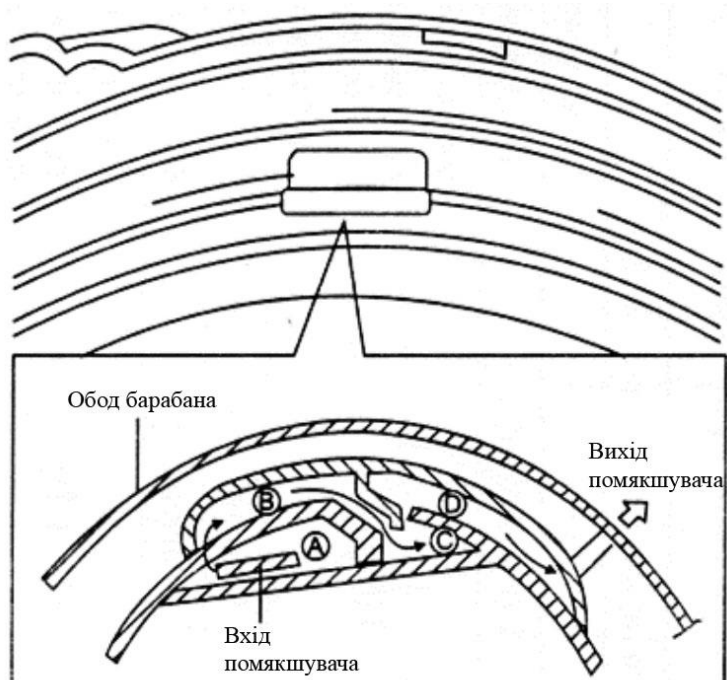


Рисунок 2.6 – Розташування відділень дозатора добавок

Коли кришка закрита, активується пристрій блокування верхньої кришки (рис. 2.7). Якщо під час віджимання завантаження барабана стає незбалансованим, важіль А відхиляється, блокування розмикається і віджимання зупиняється.

Відкривши кришку, користувач може перерозподілити білизну в барабані. Коли кришка знову закривається, звуковий сигнал припиняється.

Фільтр прикріплений до верхнього краю барабана.

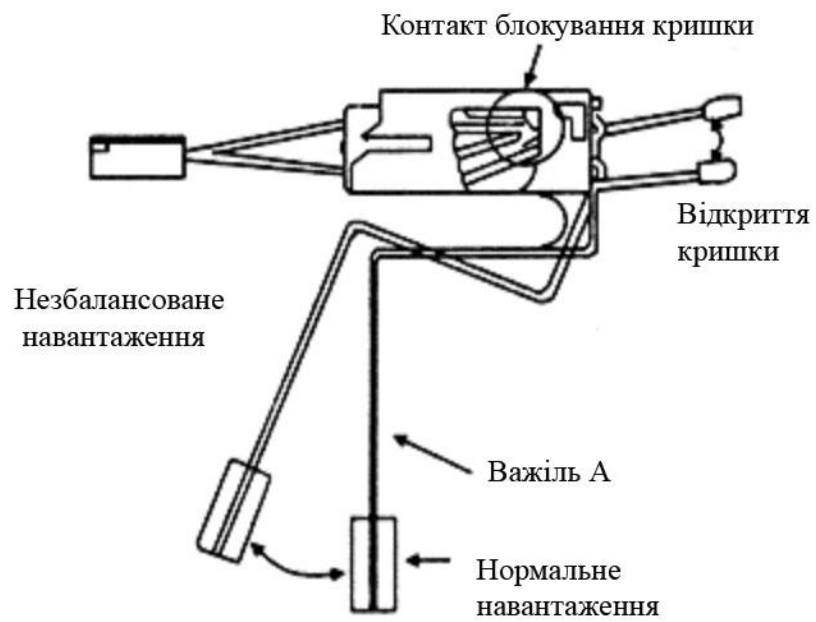


Рисунок 2.7 – Пристрій блокування верхньої кришки

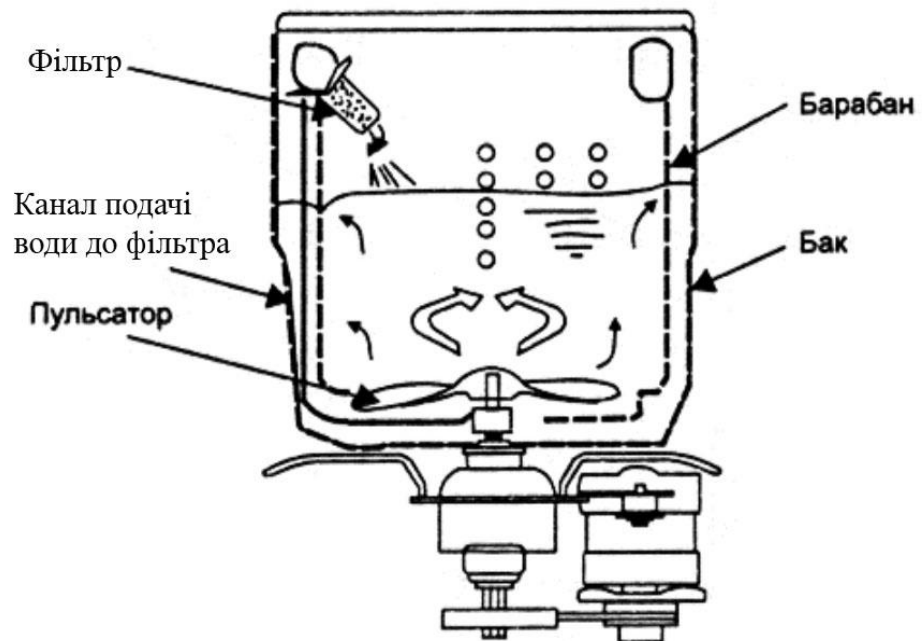


Рисунок 2.8 – Надходження води до фільтра -вловлювача волокон

Після проходження через фільтр у барабан заливається вода. Фільтр періодично знімається з краю барабана і промивається у воді. Швидкість обертання вала двигуна зливу становить 900 обертів на хвилину, тому для зниження швидкості крутний момент передається на шків пральної машини через передавальний механізм (редуктор). Під час обертання шків трос намотується і відкривається зливний клапан (рис. 2.10).

При цьому обертальний рух шків перетворюється на поступальний. Натяг троса приводить у дію гальмівний важіль, який механічно від'єднує передавальний механізм від електродвигуна. Під час вимкнення електродвигуна трос відпускається і повертається у вихідне положення.

Механізм перемикання передач (коробка передач) призначений для передавання крутного моменту від електродвигуна до пульсатора і барабана пральної машини. Механізм показаний на малюнку 2.11.

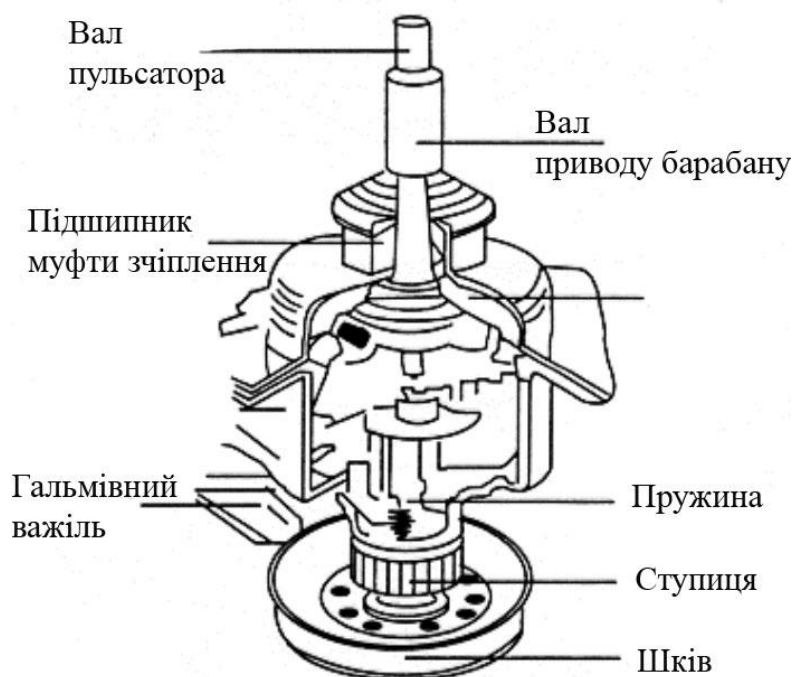


Рисунок 2.11 – Пристрій механізму передачі (редуктора)

Вал редуктора співвісний, причому внутрішня частина вала служить для приводу пульсатора, а зовнішня - для приводу барабана пральної машини.

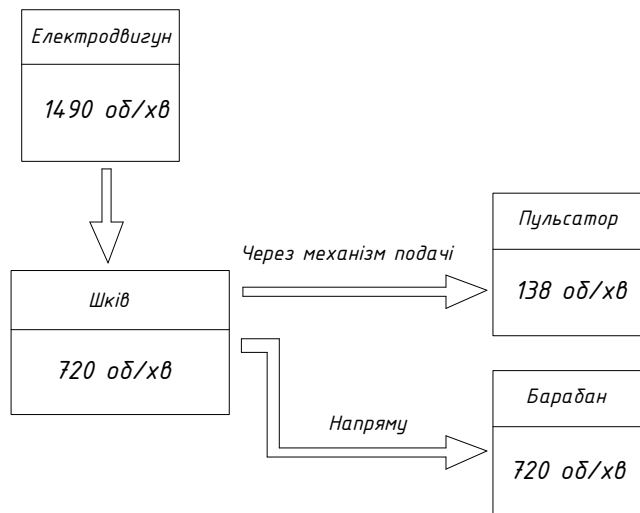
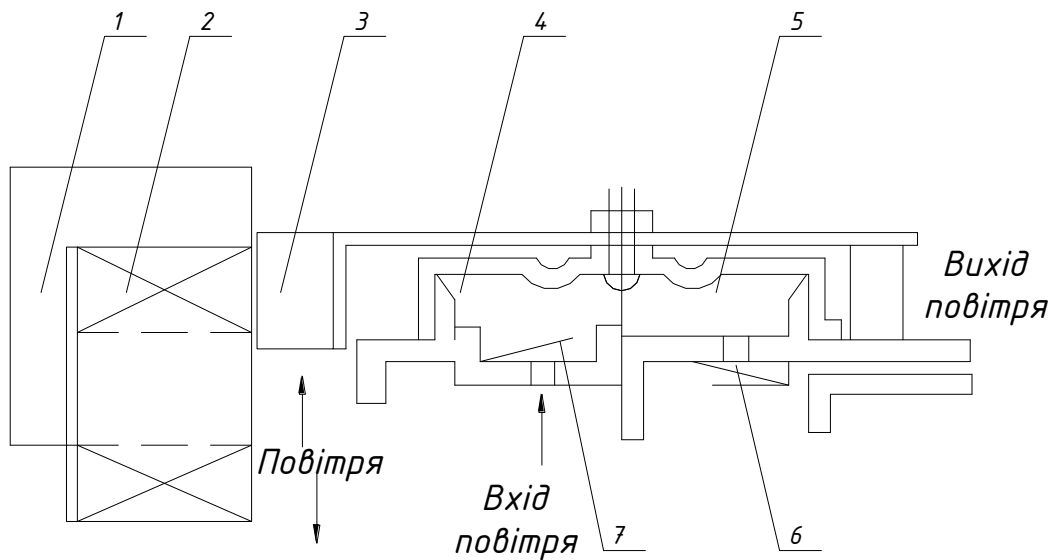


Рисунок 2.14 – Значення швидкості обертання вала електродвигуна, шків, пульсатора й барабана

Пристрій генератора пухирців показано на рисунку 2.15.



1 - сердечник, 2 - обмотка, 3 - магніт, 4 - якір, 5 - сильфон,
6 - заслонка А, 7 - заслонка В

Рисунок 2.15 – Пристрій генератора пухирців

Коли якір із прикріпленим до нього магнітом рухається вгору, сиффон розширюється, заслінка В відкривається, заслінка А закривається, і повітря потрапляє в порожнину сиффона..

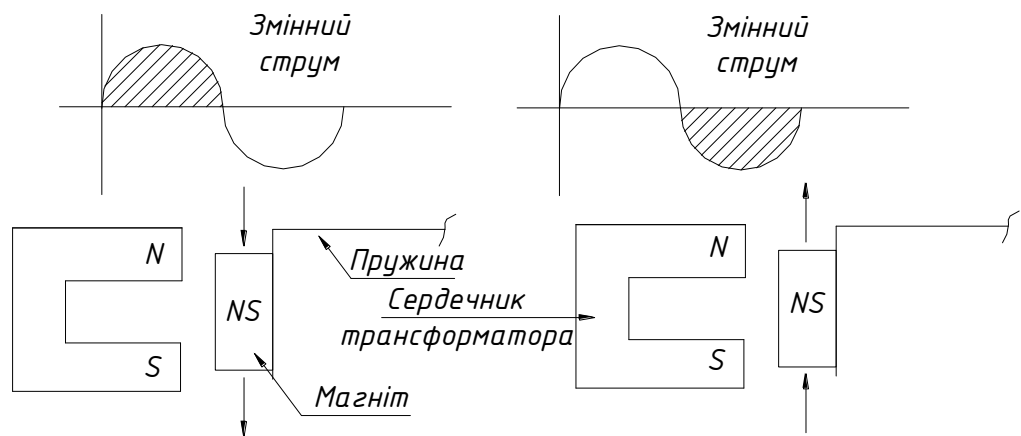
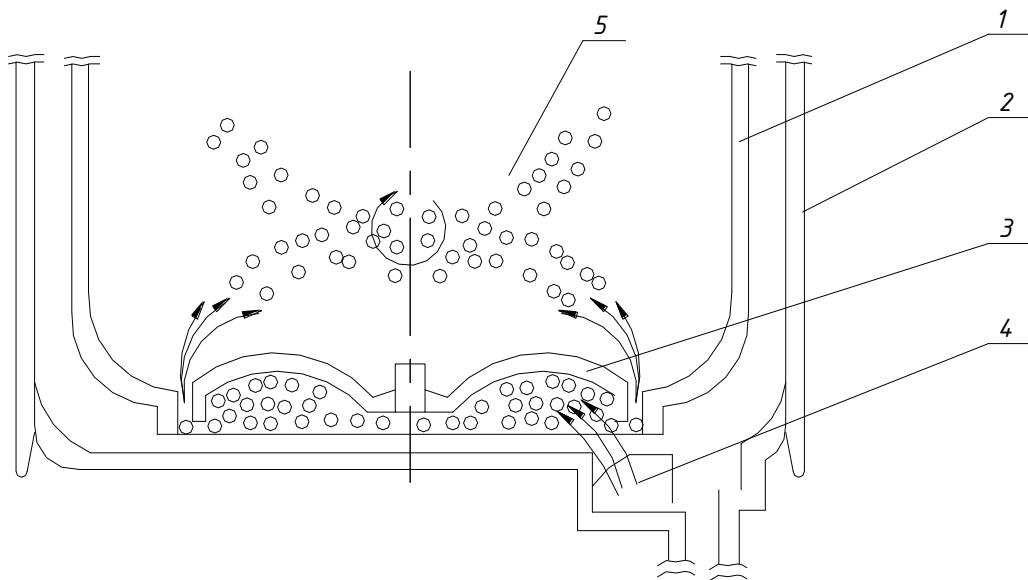


Рисунок 2.16 – Рух якоря під дією змінного магнітного поля

Коли якір рухається вниз, сиффон стискається у зворотному напрямку, заслінка В закривається, заслінка А відкривається, і повітря витісняється з порожнини сиффона через випускний патрубок. Якір же приводиться в рух періодичним рухом прикріпленого до нього магніту в змінному магнітному полі (рис. 2.16). Частота руху якоря становить приблизно 3600 хв-1.

За такої частоти частина повітря, що проходить через сопло в нижній частині пральної машини, утворює численні повітряні бульбашки, які одразу ж викидаються в порожнину барабана обертовим пульсатором, що обертається (рис. 2.17).



1 - барабан, 2 - бак, 3 - пульсатор, 4 - сопло,
5 - повітряні пухирці

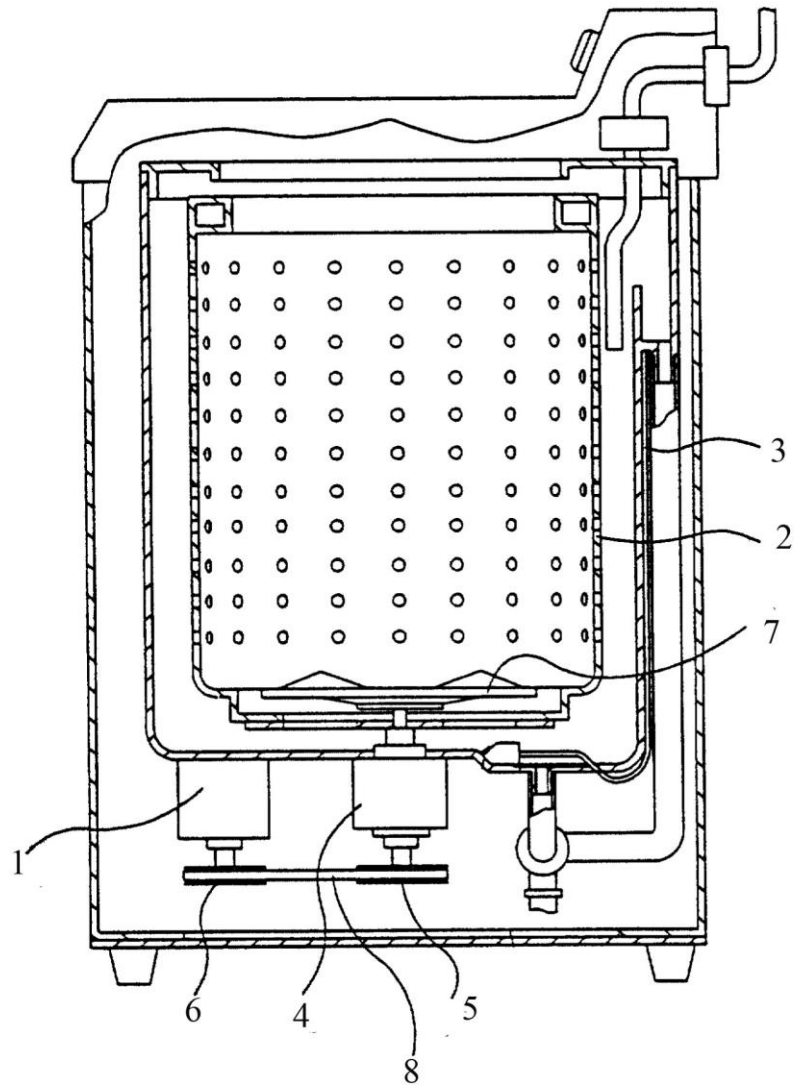
Рисунок 2.17 – Утворення повітряних пухирців у порожнині пральної машини

2.2 Розробка робочого органу пухирцевої пральної машини

Мета дослідження - розробити пульсатор для пральних машин, який плавно передає сили тертя, що створюються потоком води, на білизну та мінімізує скручування білизни, спричинене потоком води.

Для досягнення цієї мети представлено два варіанти пульсаторів для пральних машин. Згідно з першим варіантом, пульсатор складається з основи, закріпленої на валу пральної машини, яка обертається разом із ним, і лопатей мішалки у вигляді секторів на верхній поверхні основи, скошених донизу від центру основи до її зовнішнього краю, що утворюють щонайменше один увігнутий збірний резервуар між сусідніми лопатями мішалки. забезпечений.

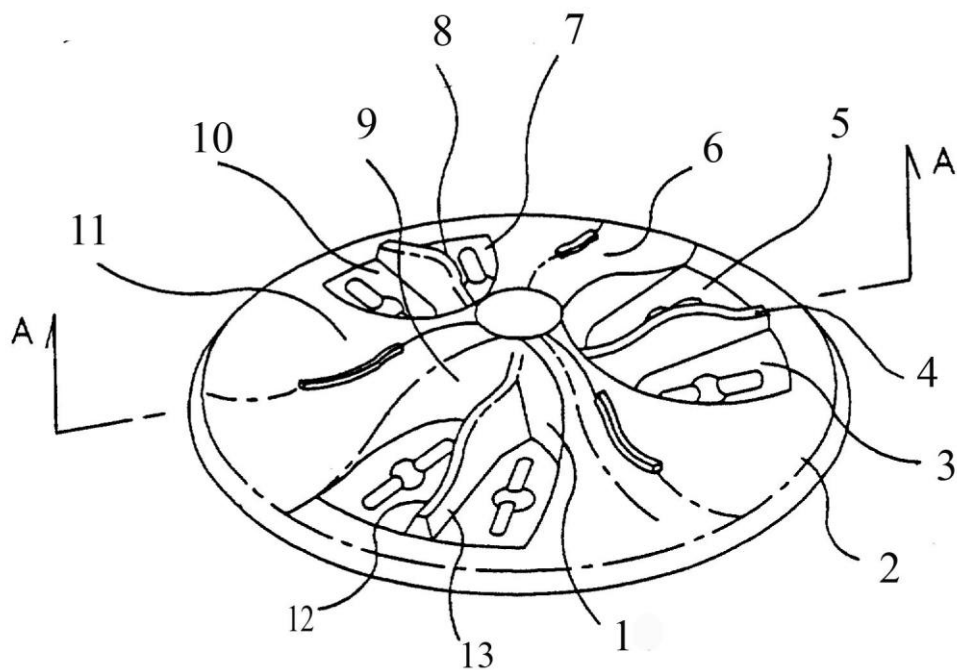
Переважно, пульсатор має дзвоноподібну форму. Ще більш переважно, пульсатор додатково забезпечений допоміжними перемішувальними лопатями, сформованими радіально між основними перемішувальними лопатями, які



1 – двигун, 2 – бак, 3 – резервуар, 4 – корпус, 5 – вал, 6 – блок, 7 –
пульсатор, 8 - ремінь

Рисунок 2.19 – Схематичний перетин пральної машини, що прийнята
базовою для розробки

На кресленні показано три лопаті мішалки 1. Пульсатор 7 пральної
машини має приблизно дзвоноподібну форму на вигляді в перспективі.

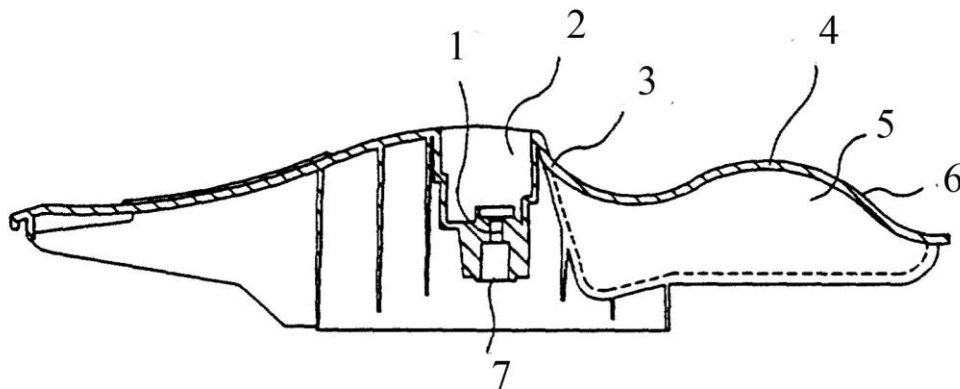


1... Друга бічна стінка лопаті мішалки, 2... Основа, 3... Перша верхня поверхня перемішувальної лопаті, 4... Друга верхня поверхня перемішувальної лопаті, 5... Збірний резервуар, 6... Лопать мішалки, 7... Вал, 8... Увігнута ємність для збору, 9... Перша бічна стінка основи, 10... Перший увігнутий збірний резервуар, 11... Вигнута секція, 12... Друга бічна стінка, 13... Перша бічна стінка перемішувальної лопаті.

Мал. 2.20 - Вигляд у перспективі, що показує конфігурацію пульсатора пральної машини відповідно до першого варіанта конструкції розробленої пральної машини

На малюнках 2.21 і 2.22 з'єднання вала 2 утворено в центрі основи 2. Стопорний паз 1 розташований уздовж центральної осі основи 2. Основа 2 кріпиться до вала 7 у корпусі за допомогою шпонкового паза 1 і встановлюється в пральний бак. Основа 2 має принаймні верхню поверхню 3, яка розділена на першу верхню поверхню 3 і другу верхню поверхню 4. Основа 2 приводиться в рух валом 7 і скидає воду під дією відцентрової сили. Основа 2 являє собою тонку пластину у формі диска.

A-A



1 – замкова канавка, 2 – порожнина, 3 – перша нижня поверхня основи,
4 – опукла частина, 5 – ввігнутий збираючий резервуар, 7- вал

Рисунок 2.21 - Перетин пульсатора по осі А-А на рисунку 2.20

Три перемішувальні лопаті 6 скошені вниз від центру основи 2 до її зовнішнього краю в секторі на верхній поверхні основи 2, утворюючи три увігнутих збірники 5 між сусідніми перемішувальними лопатями на верхній поверхні 3 основи 2. У першому варіанті здійснення три змішувальні лопаті 6 мають однакову форму та розмір і переважно колоподібно встановлені на верхній поверхні основи 2 під кутом 120 градусів до сусідніх лопатей. Кожна з трьох змішувальних лопатей 6 включає вигнуту ділянку 11, першу бічну стінку 9 і другу бічну стінку 1. Вигнута ділянка 11 має фаску вниз від центру основи 2 у напрямку до зовнішнього краю і має форму сектора. Простір між першою бічною стінкою 9 і другою бічною стінкою 14 у верхній частині 3 основи 2 утворює поглиблений резервуар для збору води 8. Увігнутий збірний резервуар 8 містить у собі верхню поверхню 3 основи 2 і першу та другу стінки 9, 1 лопатей мішалки 6. Верхня поверхня 3 має майже еліптичний переріз, якщо дивитися згори, і частково зрізана вздовж лінії, паралельної одній з еліптичних осей. Три лопаті мішалки обертаються разом з основою 2, створюючи тим

самим потік води в пральному баку. Вода і білизна рівномірно розподіляються по зовнішній поверхні зігнутої ділянки 11 трьох лопатей мішалки 6.

Пульсатор 7 пральної машини відповідно до першого варіанта реалізації розробленої пральної машини містить безліч допоміжних перемішувальних лопатей 4. На кресленні показано три допоміжні перемішувальні лопаті 4, розташовані радіально між трьома перемішувальними лопатями 6. Розмір кожної з допоміжних перемішувальних лопатей відрізняється від розміру основних перемішувальних лопатей 6, і відповідно до першого варіанта реалізації розробленої пральної машини допоміжні лопаті мають менші розміри. Переважно, три допоміжні перемішувальні лопаті 4 мають однакову форму та розмір і розташовані під кутом 120° між перемішувальними лопатями 6. Кожна допоміжна перемішувальна лопать виступає вгору з нижньої частини основи 2 в центральній частині першого і другого резервуарів 10, 7 і містить у собі першу і другу бічні стінки 13, 12, розташовані під постійним кутом до основи 2. Перший і другий заглиблені резервуари 10 і 7 утворюють заглиблений резервуар 8. Верхня частина 3 (рис. 2.21) кожної лопаті 4 допоміжної мішалки має першу увігнуту частину 3, випуклу частину 4 і другу увігнуту частину 6. Верхня частина допоміжної лопаті 4 виступає в середині свого радіусу і має фаски вниз по обидва боки від середньої частини.

Перший простір між першою бічною стінкою 9 перемішувальної лопаті 6 і другою бічною стінкою 12 допоміжної перемішувальної лопаті 4 на першій нижній поверхні 3 основи 2 утворює першу увігнуту збірну ємність 10. Перша увігнута збірна посудина 10 містить у собі першу нижню поверхню 3 основи 2, першу бічну стінку 9 і другу бічну стінку 12 допоміжної перемішувальної лопаті 4. Другий простір між другою бічною стінкою 6 перемішувальних лопатей і першою бічною стінкою 13 допоміжних перемішувальних лопатей 4 на другій нижній поверхні 12 основи 2 утворює другу увігнуту ємність для збору 7. Друга увігнута ємність 7 містить другу нижню поверхню 4 основи 2 (рис. 2.21), другу

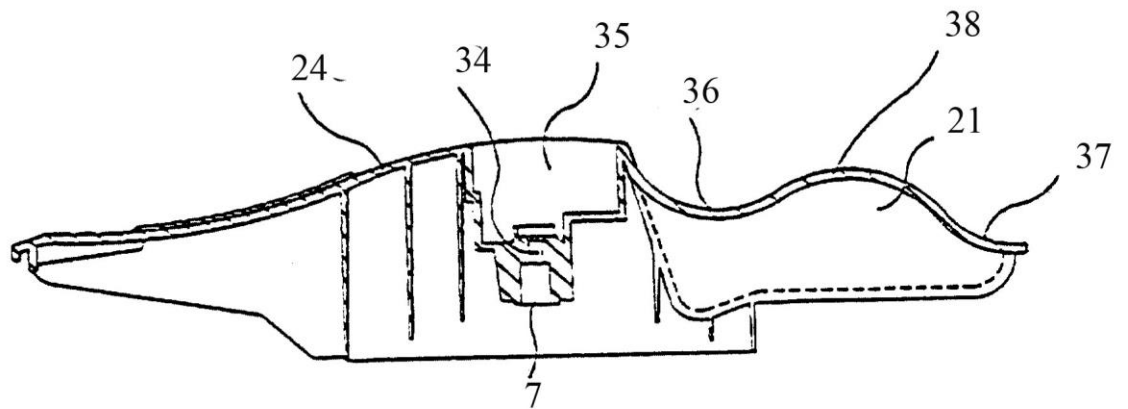


Рисунок 2.24 – Перетин пульсатора по осі В-В на рисунку 3.5

На рис. 2.20 і 2.23 показано, що з'єднання вала 35 розташоване в центрі основи 4. Шпонковий паз 34 розташований по центральній осі основи 4. Основа 4 кріпиться до вала 7 (мал. 2.21) у корпусі за допомогою шпонкового паза і встановлюється в ємність для очищення. Основа 4 містить верхню поверхню, утворену першою і другою верхніми поверхнями 1 і 7, яка обертається разом із валом і викидає воду назовні під дією відцентрової сили. Основа 4 являє собою тонку пластину у формі диска.

Дві перші лопаті 3 мішалки мають секторну фаску, спрямовану вниз від центру основи 4 до зовнішнього краю на першій верхній поверхні 1 основи 4, утворюючи щонайменше одну першу увігнуту місткість 21 для збору води між сусідніми лопатями мішалки на першій верхній поверхні 1. Кожна перша лопать мішалки 3 містить у собі вигнуту ділянку 5, першу бічну стінку 19 і другу бічну стінку 2. Вигнута ділянка 5 має фаску, спрямовану вниз від центру основи 4 до зовнішнього краю, утворюючи форму сектора. Простір між першою бічною стінкою 19 і другою бічною стінкою 2 на першій верхній поверхні 1 основи 4 утворює перший увігнутий контейнер для збору сміття 27. Перший увігнутий контейнер 27 містить у собі першу бічну стінку 19 і другу бічну стінку 2 першої перемішуючої лопаті 3 і першу верхню поверхню 1 основи 4. Перша верхня

поверхня 1 має форму поперечного перерізу, схожу на еліпс, якщо дивитися згори, і частково розрізана вздовж лінії, паралельної одній осі еліпса. Перший увігнутий бак 27 складається з двох увігнутих ємностей 29 і 32 однакової форми та розміру. Вода і білизна рівномірно викидаються назовні вздовж кривизни 5 лопатей мішалки 3.

Друга перемішувальна лопать 12 сформована окремо від перших двох лопатей 3 через рівні проміжки. Друга перемішувальна лопать 12 має інший розмір і ту саму форму, що й перша перемішувальна лопать. Вона також включає вигнуту ділянку 13, першу бічну стінку 11 і другу бічну стінку 14. Вигнута ділянка 13 має фаску, спрямовану вниз від центру основи 4 до зовнішнього краю, і має форму сектора. Друга перемішувальна лопать 12 утворює дві другі увігнуті ємності 21 між двома другими перемішувальними лопатями. Простір між першою бічною стінкою 11 і другою бічною стінкою 13 на другій нижній поверхні 7 основи 4 утворює два другі увігнуті резервуари для збору 21. Два других увігнутих резервуари 21 мають інший розмір і ту саму форму, що й перший увігнутий резервуар 55. У другому варіанті здійснення винаходу перша перемішувальна лопать 501 більша за другу перемішувальну лопать 502, а перший увігнутий збірний резервуар 55 ширший за кожен із других увігнутих збірних резервуарів 56. Два других увігнутих збірних резервуари 56 включають чотири увігнутих збірних резервуари 22, 15, 10 і 7 однакової форми і розміру. Перша і друга лопаті мішалки 3 і 12 обертаються разом з основою 4, створюючи постійний потік води в пральному резервуарі.

Пульсатор пральної машини другого варіанта здійснення винаходу також містить щонайменше одну першу і другу допоміжні перемішувальні лопаті 26 і 20. На мал. 2.23 показано одну першу допоміжну агітаційну лопать 26, сформовану через рівні проміжки і радіально відокремлену від двох перших агітаційних лопатей 3 між ними. Форма і розмір першої допоміжної перемішувальної лопаті 26 відрізняються від форми і розміру першої

перемішувальної лопаті 3 і другої перемішувальної лопаті 12. Кожна перша допоміжна перемішувальна лопать 26 виступає вгору з нижньої частини основи 4 і містить у собі першу бічну стінку 33 і другу бічну стінку 31, розташовані під фіксованим кутом до основи 4. Верхня частина першої допоміжної перемішувальної лопаті 26 має перше заглиблення 16, опуклу частину 25 і друге заглиблення 28. Іншими словами, верхня частина першої допоміжної перемішувальної лопаті 26 виступає в середині її радіального напрямку та має фаски вниз по обидва боки від середньої частини.

Друга допоміжна перемішувальна лопать 20 сформована в радіальному напрямку між двома першими перемішувальними лопатями 3 і 12. Друга допоміжна перемішувальна лопать 20 відрізняється за розміром від першої допоміжної перемішувальної лопаті 26, але має таку саму форму. У другому варіанті здійснення розробленої пральної машини перша допоміжна перемішувальна лопать 26 переважно більша, ніж друга допоміжна перемішувальна лопать 20. Друга допоміжна перемішувальна лопать виступає вгору з нижньої частини основи 4 і має першу бічну стінку 9 і другу бічну стінку 17, нахилену під певним кутом до основи 4. Верхня частина другої допоміжної перемішувальної лопаті 20 має перше заглиблення 38, опуклу частину та друге заглиблення 37. Інакше кажучи, верхня частина 36 другої допоміжної лопаті 20, що перемішує, виступає в середині свого радіального напрямку і має фаски вниз по обидва боки від середньої частини.

Нижче описана робота пульсатора пральної машини в другому варіанті реалізації розробленої пральної машини. У пральний бак заливається вода для прання білизни. Коли затискачі (не показані) задіяні, обертання двигуна передається на пульсатор, і він циклічно обертається у зворотному напрямку. Обертання пульсатора створює постійний потік води в пральному баку. Перша частина води, що знаходиться на перших двох лопатях мішалки 3, викидається назовні до нижньої частини основи 4, уздовж вигнутої ділянки 5, скошеної від

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Розробка експериментального стенда

Для експериментальної перевірки пульсаційного методу очищення було розроблено випробувальний стенд, представлений у листі МРМА 23.00.00.000ВЗ.

Основним робочим органом бульбашкової мийки є пульсатор. Його робота ґрунтується на перемішуванні розчину і матеріалу в промивному баку та створенні струменя, який активізує процес очищення. Згідно з [3], для отримання високоефективного струменя необхідно визначити співвідношення між конструктивними розмірами та швидкісним режимом. Це співвідношення визначається за емпіричною залежністю:

$$\frac{N}{\rho n^3 d^5} = \left[1,23 + \frac{27,7}{R_{em}^{0,2}} \right] \left(\frac{d}{D} \right)^{0,8}; \quad (3.1)$$

Де N - потужність, споживана пульсатором, Вт;

- густина рідини, т/м³;

d - діаметр пульсатора, м; D - діаметр баку, м;

n - частота обертання, 1/с;

R_{em} - число Рейнольдса.

Критерієм вибору головного розміру потенціалу є рушійна сила N . Виходячи з цього, рівняння набуває вигляду:

$$N = \rho n^3 d^5 \left[1,23 + \frac{27,7}{R_{em}^{0,2}} \right] \left(\frac{d}{D} \right)^{0,8}; \quad (3.2)$$

Щоб обрати оптимальне співвідношення, встановіть межі вимірювання змінної та зміну значення в цих межах.

1. швидкість обертання пульсатора $n = 700; 1200; 1500; 2000; 3000$ обертів.

2. співвідношення: 0,2; 0,3; 0,4; 0,5.

3. розміри $d = 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5$ м.

Аналіз отриманих результатів дав змогу визначити оптимальні співвідношення розмірів за різних частот обертання пульсатора (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 - Співвідношення розмірів за різних частот обертання пульсатора

N об/хв	$\frac{d}{D}$	d	N
700	0,2;	0,2	38,7
	0,3;		156
	0,4.		235
1000	0,2;	-	113
	0,3;		156
	0,4.		235
1200	0,2;	-	64
	0,3;		96
	0,4.		340
1500	0,2;	-	125
	0,3;		157
	0,4.		188
2000	0,2;	-	904
	0,3;		1250

Продовження таблиці 3.1

N об/хв	$\frac{d}{D}$	d	N
	0,4.		1882
3000	0,2;	-	1001
	0,3;		1260
	0,4.		1507

Остаточно обираємо конструктивні розміри при частоту обертання $n=1000$ об/хв, $d=0,2$ м.

3.2 Методика проведення досліджень та вибір обладнання

Загальні умови експлуатації випробувальної машини повинні відповідати вимогам ГОСТ 14087-80.

Температура випробування для пральних машин з додатковою функцією подачі гарячої води, а в разі використання гарячого водопостачання в пральних машинах з повною функцією подачі гарячої води - температура води, що витрачається на це прання, має бути $(55 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Для перевірки якості прання, випробування мийних засобів і випробування на нагрівання в пральних машинах із пластиковими ваннами максимальна температура води, що подається, має становити $75-80^\circ\text{C}$.

Під час зовнішнього огляду перевіряється наявність і розташування окремих пристроїв, комплектність, маркування, точність, якість і відсутність задирок і гострих кромek на робочій поверхні мийної ванни.

У разі періодичних випробувань сертифікат відповідності видається після проведення випробувань за спеціальною програмою.

Завантаження має бути виконане з бавовняної тканини площею $4800-5000$ см і шириною не менше 55 см.

Якщо під час роботи машини білизна не віджимається належним чином, кількість білизни має бути зменшена до досягнення максимальної потужності двигуна.

Зважування машини повинно проводитися на вагах з похибкою зважування $\pm 0,2$ кг за допомогою приладу, що входить в комплект поставки.

Визначення якості прання. Цей метод полягає у вимірюванні відбивної здатності штучно забруднених зразків за допомогою глікометра або електронного фотометра.

Глікометр Karl Zeiss (рис. 3.1) призначений для вимірювання інтегральної відбивної здатності (1-100 %, похибка $\pm 0,2$ %) світлозабарвлених зразків у системі координат ХУ та колірному відтінку світлозабарвлених зразків.

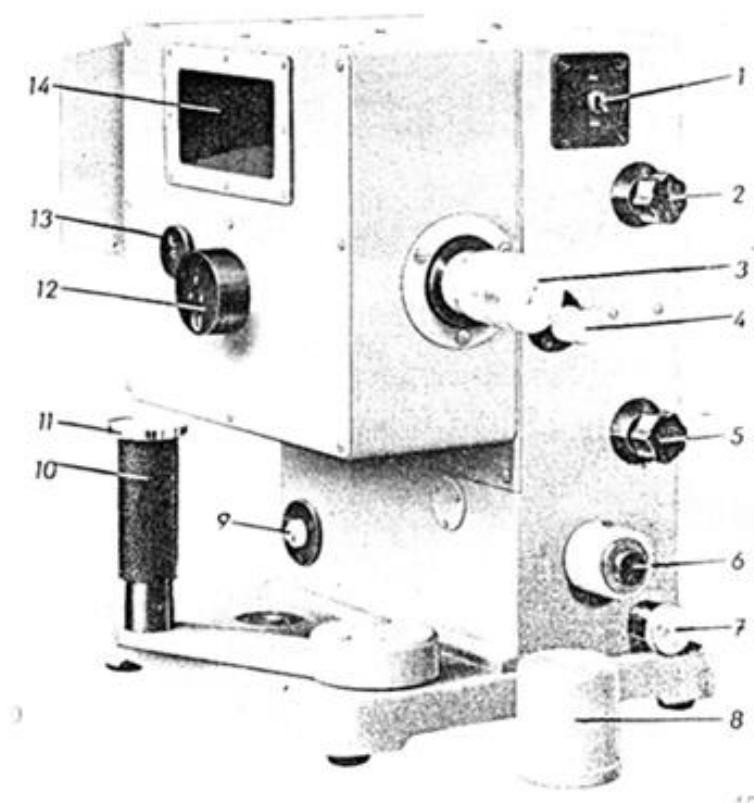


Рисунок 3.1 – Лейкометр фірми "Карл Цейс"(Йена)

Запишіть результати вимірювання білизни та прозорості відібраних зразків як середні значення плюс або мінус помилка вимірювання.

Якість білизни після щонайменше трьох прань у спеціальному режимі.

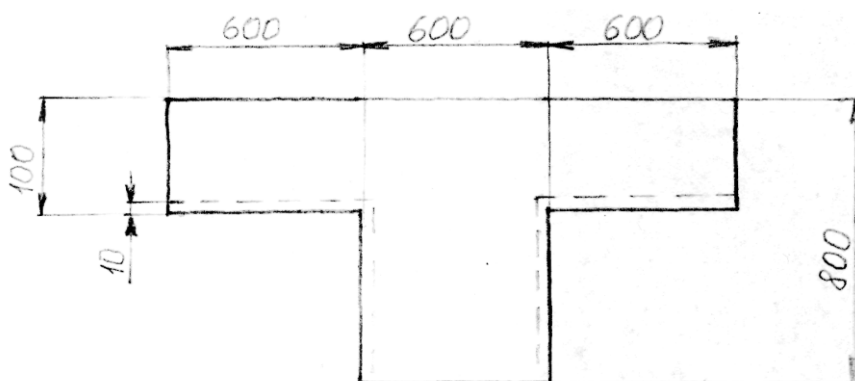
Жорсткість води, використовуваної для випробування, має бути еквівалентною 1-6 мг на літр і має бути підтверджена в протоколі випробування.

Для випробування використовують чисто вирізані зразки білої, хімічно вибіленої бавовняної тканини без оптичного відбілювання, ГОСТ 11680-76, 227, з такими характеристиками:

Число ниток на 100 мм нитки основи - 276, щільність нитки 29 текс;

число ниток на 100 мм уточної пряжі - 240, щільність пряжі 29 текс; маса 1 м - 150 г.

Розміри зразка тканини у вигляді сорочки повинні відповідати розмірам, зазначеним на малюнку 3.2.



----- лінія прикладання стрічки

Рисунок 43.2 – Зразок тканини

Розміри, зазначені на малюнках, відносяться до зразка без обрізків, вимірюного на подвоєній товщині тканини. Допускається відхилення від загальних розмірів на ± 20 мм. Під час формування навантаження зразки розташовують відповідно до вимог таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Розташування зразків

Номінальне завантаження, кг	Кількість простирадл, шт	Кількість сорочок, шт
1	0	1
2	1	2
3	1	2
4	2	4

Загальна вага серветки та носової хустки становить додаткову вагу, необхідну для створення номінального навантаження, при цьому кількість носових хусток і серветок відповідає співвідношенню 1:2.

Для номінальних навантажень, зазначених у таблиці 3.2, кількість простирадл і сорочок відповідає меншим значенням навантаження.

Маса випробувального навантаження вимірюється після 24 годин впливу на тканину температури навколишнього середовища (20 ± 5) °C і відносної вологості (65 ± 5) %.

Якщо вищевказана підготовка неможлива, можна замінити сушіння зразка в сушильній шафі за температури (60 ± 10) °C протягом 10-40 хв залежно від маси вантажу.

Зразок виймають і відразу ж зважують (до охолодження). Цю операцію повторюють з моменту висушування протягом 10 хвилин доти, доки кінцева маса не зміниться більш ніж на 1%. Отримана таким чином маса збільшується на 8% і використовується як завантажувальна маса.

Зразки тканини, що використовуються для завантаження, піддають не менше 20, але не більше 60 циклів прання в нормальному режимі для машин РМ, РМР і РМР і без біопроеграми, що регулює використання біологічно активних мийних засобів, для машин РМА, відповідно до програми обробки

розчинення. Отриманий розчин казеїну, 0,048 л 25% водного розчину аміаку та 0,1 л дистильованої води додають до жиру-фарбувальної суміші та розтирають протягом 1 год до отримання однорідної маси.

У ємність для емульгування додають $(0,1 \pm 0,001)$ г аскорбінової кислоти і 12 л дистильованої води та емульгують за допомогою механічної мішалки за 4000 об/хв протягом 10 хв.

Після цієї операції відбивна здатність забрудненого зразка, виміряна лейкоцитометром або потенціометром, має становити (38 ± 2) %.

Штучно забруднені зразки мають бути проклеєні з двох боків паралельно до продукту в місцях, показаних на рисунку 3.3.

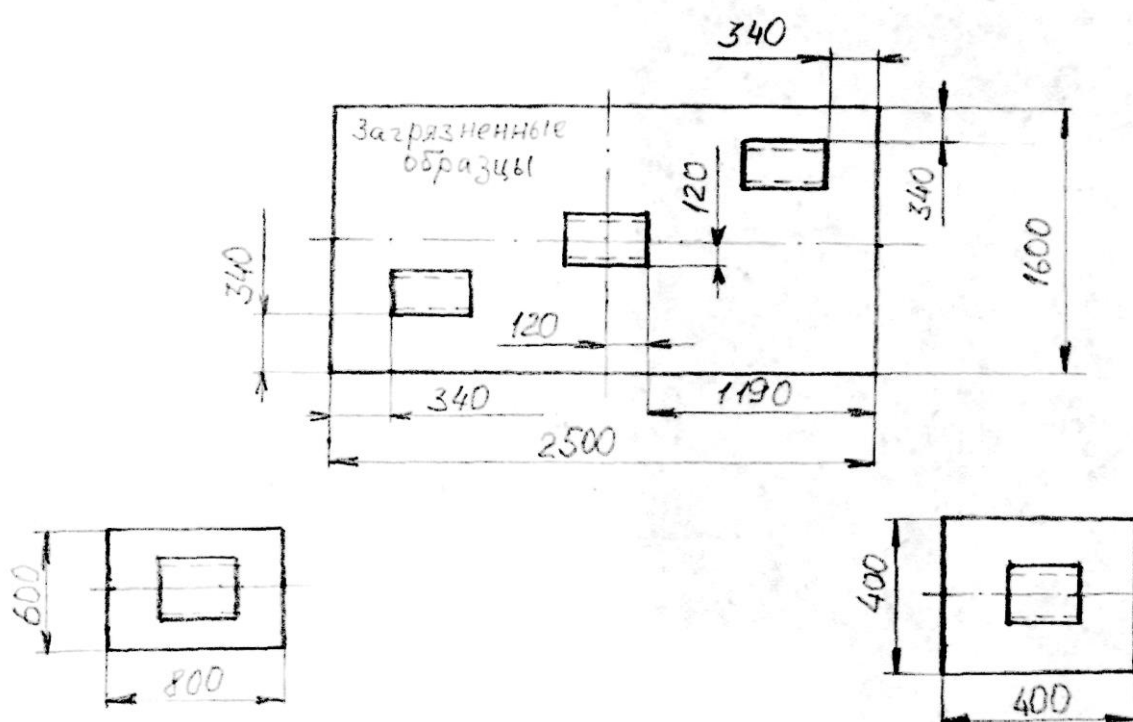


Рисунок 3.3 – Кріплення зразків

Зразки розташовуються таким чином:

- Наклейте три зразки на один аркуш відповідно до малюнка 3.3;
- Наклейте по одному зразку в центр кожного аркуша серветки;

- наклеїти по одному зразку в центр кожного з трьох носових хусток.

Якщо стандартний вантаж не включає простирадла, зразки розподіляються таким чином:

- По одному в центрі кожної з шести серветок;

- по одному в центрі кожної з двох носових хусток.

Використовуваний мийний засіб - "Ера-автомат" зі зниженим піноутворенням і перекисними солями для прання і відбілювання виробів із бавовняних і льняних волокон за ГОСТ 25644-83.

Мийні засоби для випробувань повинні поставлятися одним виробником.

Кількість мийного засобу має відповідати зазначеним у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Кількість мийного засобу

Тип машини	Кількість мийного засобу 2, на 1 кг сухих зразків тканини при застосуванні води жорсткістю (мг·екв/л)		
	1,0	3,0	6,0
З лопасним диском:			
попереднє прання	2,5*	3*	4*
основне прання	2,5*	3*	4*
Барабанного типу:			
без попереднього прання	20	25	30
для попереднього прання	12	15	20
для основного прання	15	20	27

* Кількість мийного засобу вказано з розрахунку на 1 літр прального порошку.

Режим прання пральної машини наступний:

Попереднє прання за початкової температури води (50 ± 5) °С протягом 2 хвилин;

Основне прання протягом 4 хвилин за початкової температури мийного засобу $(85 \pm 2) \text{ } ^\circ\text{C}$ у мийному баку;

2 хвилини за початкової температури води $(50 \pm 5) \text{ } ^\circ\text{C}$ - 1 полоскання;

2 хвилини за початкової температури води $(20 \pm 5) \text{ } ^\circ\text{C}$ - 2 полоскання;

2 хвилини за початкової температури води $(50 \pm 5) \text{ } ^\circ\text{C}$ - три полоскання;

Вимірювання проводяться в чотирьох зовнішніх точках на кожному зразку. Зразок повинен бути поміщений перед отвором приладу таким чином, щоб основа тканини була паралельна передній стінці панелі приладу в поздовжньому напрямку.

Прання за один цикл прання (B) являє собою відсоток і розраховується за формулою [6]:

$$B = \frac{B_c - B_z}{B_e - B_z} \cdot 100\% \quad (3.4)$$

Де B_z - зазначена ємність штучно забрудненого зразка після прання;

B_z - індикаторна ємність зразка тканини після штучного забруднення;

B_e - індикаторна ємність зразка тканини у вихідному стані.

Кінцевим результатом дослідження є середнє арифметичне значення виміряних величин після трьох циклів прання.

Для впливу на властивості сильно вивільненого ПМС і на параметри прання штучно забруднених зразків було введено показник відновлювального прання.

Відновлювальна мийна здатність (R_w) розраховується за рівнянням (3.5):

$$B_{np} = \frac{B_{u.c.}}{B_{e.c.}} \cdot B_{e.e.} \quad (3.5)$$

