

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавра

бакалавр

РОЗРОБЛЕННЯ ЗАХОДІВ З МОНТАЖУ, ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА РЕМОНТУ РОЗЛИВОЧНО-УКУПОРЮВАЛЬНОЇ МАШИНИ МАРКИ ВДР-6А

Виконав: студент _____ IV _____ курсу, групи МО-41, _____
спеціальності: 133 Галузеве машинобудування _____
(шифр і назва спеціальності)

_____ Бартух К.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Деркач А.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____ Кравець О.І.

Т.в.о. зав. кафедрою _____ Пилипець О.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2026

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра обладнання харчових технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Т.в.о. завідувача кафедрою ОХ

Пилипець О.М.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

“ ”

2026р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

студентці Бартух Катерині Василівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розроблення заходів з монтажу, експлуатації та ремонту розливочно-укупорювальної машини марки ВДР-6А

керівник роботи Деркач Андрій Васильович к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 02.02.2026 року № № 4/9-93 _____

2. Строк подання студентом проекту : 10 червня 2026 року

3. Вихідні дані до проекту: Технічний паспорт розливочно-укупорювальної машини марки ВДР-6А

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

У кваліфікаційній роботі необхідно провести аналіз сучасного обладнання для розливу і закупорювання безалкогольних напоїв, дослідити конструктивні особливості та принцип роботи фасувально-закупорювальних машин. Виконати аналіз патентних матеріалів, науково-технічної літератури та сучасних напрямів розвитку обладнання для розливу і закупорювання харчових продуктів. Розглянути конструкцію, технічні характеристики та особливості роботи розливочно-закупорювальної машини марки ВДР-6А, а також сформулювати мету і завдання кваліфікаційної роботи.

У конструкторській частині необхідно дослідити будову та принцип роботи машини ВДР-6А, розробити її структурну схему та виконати аналіз кінематичної схеми. Провести розрахунки основних вузлів і кінематичних передач машини, зокрема виконати розрахунок циліндричної передачі приводу каруселі та розрахунок вала черв'ячного редуктора приводу розливочно-закупорювальної машини. На основі отриманих результатів оцінити працездатність і надійність основних елементів конструкції обладнання.

У технологічній частині необхідно розробити заходи з монтажу машини ВДР-6А, визначити основні вимоги до її встановлення та підготовки до роботи. Обґрунтувати організацію технічного обслуговування обладнання та заходи щодо підвищення його довговічності.

У розділі охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях необхідно провести аналіз умов праці при обслуговуванні фасувально-закупорювальної машини ВДР-6А, визначити основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Розробити заходи щодо забезпечення безпеки праці на підприємствах харчової галузі в умовах надзвичайних ситуацій та оцінити стійкість функціонування підприємства за таких умов.

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

1. Машина марки ВДР-6А для дозування розливу і закупорювання безалкогольних напоїв. Вигляд загальний. Ф А0.
2. Машина марки ВДР-6А для дозування розливу і закупорювання безалкогольних напоїв. Кінематична схема. Ф А1.
3. Закупорювальний патрон машини марки ВДР-6А для дозування розливу і закупорювання безалкогольних напоїв. Складальне креслення. Ф А1.
4. Підйомний столик. Складальне креслення. Ф А1.
5. Фасувальний пристрій. Складальне креслення. Ф А1.
6. Графічне представлення технологічного процесу виготовлення Ф А1.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Кравець О.І. – к.т.н., доцент		
Нормоконтроль	Кравець О.І. – к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання _____ 2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітки
1.	1. Аналіз стану питання та визначення задач кваліфікаційної роботи	до 01.04.2026р.	
2.	2. Обґрунтування конструкції і розрахунки	до 15.04.2026р.	
3.	3. Заходи з монтажу, експлуатації та технічного обслуговування машини марки вдр-ба	до 25.04.2026р.	
4.	4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.	до 01.05.2026р.	
5.	Загальні висновки.	до 05.05.2026р.	
6.	Перелік посилань	до 10.05.2026р.	
7.			
8.	1. Машина марки ВДР-6А для дозування розливу і закупорювання безалкогольних напоїв. Вигляд загальний. Ф А0.	до 15.05.2026р.	
9.	2. Машина марки ВДР-6А для дозування розливу і закупорювання безалкогольних напоїв. Кінематична схема. Ф А1.	17.05.2026р.	
10.	3. Закупорювальний патрон машини марки ВДР-6А для дозування розливу і закупорювання безалкогольних напоїв. Складальне креслення. Ф А1.	до 20.05.2026р.	
11.	4. Підйомний столик. Складальне креслення. Ф А1	до 20.05.2026р.	
12.	5. Фасувальний пристрій. Складальне креслення. Ф А1.	до 25.05.2026р.	
13.	6. Графічне представлення технологічного процнсу виготовлення Ф А1.	до 01.06.2026р.	

Здобувач _____ Бартух
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Деркач А.В.

Анотація

Автор: Бартух Катерина Василівна

Розроблення заходів з монтажу, експлуатації та ремонту розливочно-закупорювальної машини марки ВДР-6А.

Проведено аналіз конструкції, принципу роботи та технологічних особливостей обладнання, а також досліджено його місце у загальній структурі виробничого процесу.

У роботі проаналізовано сучасний стан обладнання для дозування, розливу та герметичного закупорювання рідких харчових продуктів, визначено основні тенденції його розвитку, зокрема підвищення рівня автоматизації, продуктивності та енергоефективності. Встановлено, що роторні фасувально-закупорювальні машини, до яких належить ВДР-6А, забезпечують високу продуктивність, однак мають низку експлуатаційних обмежень, пов'язаних із складністю кінематичних схем, чутливістю до технологічних параметрів та зношуванням механічних вузлів.

Розглянуто конструктивні особливості машини. Розроблено рекомендації щодо монтажу, експлуатації та технічного обслуговування машини ВДР-6А, а також заходи з підвищення її довговічності в умовах виробництва. Окремо розглянуто питання охорони праці та безпеки експлуатації обладнання в нормальних та аварійних умовах.

Ключові слова: закупорювальні машини, безалкогольні напої, дозування.

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Бартух К.В.			Анотація	Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Деркач А.В.							
Н. контр.		Кравець О.І.				ТНТУ, ФМТ, МО-41			
Затверд.		Пилипець О.М.							

Abstract

Author: Kateryna Bartukh

Development of measures for installation, operation, and repair of the VDR-6A filling and capping machine

An analysis of the machine design, operating principle, and technological features was carried out, as well as its role within the overall production process was investigated.

The thesis analyzes the current state of equipment used for dosing, filling, and hermetic sealing of liquid food products and identifies the main trends in its development, including increased automation, productivity, and energy efficiency. It was established that rotary filling and capping machines, including the VDR-6A model, provide high production capacity but have a number of operational limitations related to the complexity of their kinematic systems, sensitivity to technological parameters, and wear of mechanical components.

The design features of the machine were examined. Recommendations for the installation, operation, and maintenance of the VDR-6A machine were developed, along with measures aimed at increasing its service life under production conditions. Special attention was paid to occupational safety and the safe operation of the equipment under both normal and emergency conditions.

Keywords: capping machines, soft drinks, dosing.

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Бартух К.В.			Abstract	Лім.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Деркач А.В.							
Н. контр.		Кравець О.І.				ТНТУ, ФМТ, МО-41			
Затверд.		Пилипець О.М.							

Зміст

ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РОЗЛИВУ І ЗАКУПОРЮВАННЯ БЕЗАЛКОГОЛЬНИХ НАПОЇВ. ВИЗНАЧЕННЯ ЗАДАЧ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	10
1.1 Огляд сучасних конструкцій відповідного обладнання.....	10
1.2. Аналіз патентних матеріалів та літературних джерел щодо обладнання для розливу і закупорювання	14
1.3. Характеристика та особливості машини ВДР-6А	17
1.4 Мета і задачі.....	21
2. ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ І РОЗРАХУНКИ	24
2.1. Будова і принцип роботи машини ВДР-6А	24
2.2. Розроблення структурної схеми фасувально-закупорювальної машини марки ВДР-6А.....	27
2.3 Опис та розрахунок кінематичної схеми	28
2.4. Розроблення і розрахунок основних вузлів розливочно-закупорювальної машини марки ВДР-6А та кінематичних передач.....	34
2.4.1. Розрахунок циліндричної передачі приводу каруселі машини марки ВДР-6А.....	34
2.4.2. Розрахунок вала червячного редуктора приводу розливочно-закупорювальної машини.....	45
2.3. Висновки до розділу	47
3. ЗАХОДИ З МОНТАЖУ, ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ МАШИНИ МАРКИ ВДР-6А	49
3.1 Заходи з монтаж машини марки ВДР-6А	49
3.2. Введення в експлуатацію машини ВДР-6А.....	52

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст		
Розроб.		Бартух К.В.					
Перевір.		Деркач А.В.					
Н. контр.		Кравець О.І.					
Затверд.		Пилипець О.М.			ТНТУ, ФМТ, МО-41		

3.3. Експлуатація і технічне обслуговування машини марки ВДР-6А.....	54
4.ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	57
4.1. Аналіз умов праці при обслуговуванні фасувально-закупорювальної машини ВДР-6А.....	57
4.2. Заходи забезпечення безпеки на підприємствах харчової галузі в умовах надзвичайної ситуації.....	59
4.3. Стійкість підприємства в умовах виникнення надзвичайних ситуацій	61
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	65
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	66

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	рк.Ар
мн.Зм	рк.Ар	докум.№ докум.	дписПідп	Дата		

ВСТУП

Актуальність теми

Сучасний розвиток машинобудування для харчової промисловості характеризується переходом до високоефективних автоматизованих технологічних систем, орієнтованих на підвищення продуктивності, стабілізацію якості продукції та зниження енерго- і матеріальних витрат. Особливо важливе місце у цьому напрямі займає обладнання для дозування, фасування та герметичного закупорювання рідких харчових продуктів, зокрема безалкогольних напоїв, де критичними є точність виконання операцій, санітарна безпека та стабільність технологічних режимів.

Разом із тим, аналіз існуючих фасувально-розливно-закупорювальних машин, особливо роторного типу, свідчить про наявність низки невирішених технічних і експлуатаційних проблем. До них належать складність кінематичної структури, підвищене навантаження та зношування окремих механічних вузлів, чутливість до коливань тиску та інших технологічних параметрів, а також недостатня гнучкість при переналагодженні обладнання під зміну асортименту продукції.

Причинами зазначених недоліків є висока інтенсивність роботи обладнання, значна кількість взаємодіючих рухомих елементів, а також недостатня адаптація конструктивних рішень до сучасних вимог безперервного автоматизованого виробництва. Наслідком цього стають зниження стабільності технологічного процесу, підвищення витрат на обслуговування та ремонт, а також потенційне погіршення якості готової продукції. У зв'язку з цим удосконалення конструкцій подібного обладнання має суттєве техніко-економічне значення для підприємств галузі.

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Бартух К.В.			Вступ		
Перевір.		Деркач А.В.					
Н. контр.		Кравець О.І.					
Затверд.		Пилипець О.М.					
					Літ.	Арк.	Акрушів
					ТНТУ, ФМТ, МО-41		

Аналіз сучасних науково-технічних публікацій та інженерних рішень показує, що основні дослідження зосереджені на підвищенні рівня автоматизації окремих вузлів та оптимізації технологічних режимів роботи. Водночас недостатньо уваги приділяється комплексному підходу до підвищення надійності машин, спрощенню їх кінематичних схем та зниженню енергоспоживання без втрати продуктивності, що обумовлює актуальність даного дослідження.

Об'єкт та предмет розробки

Об'єктом розробки є фасувально-розливно-закупорювальна машина ВДР-6А, яка застосовується у складі потокових ліній виробництва безалкогольних напоїв і виконує комплекс операцій з дозування сиропної складової, наповнення тари газованою водою та герметичного закупорювання пляшок. Дане обладнання є ключовим елементом технологічного процесу, від якого безпосередньо залежить стабільність функціонування виробничої лінії та якість кінцевого продукту.

Предметом розробки виступає сукупність інженерно-конструкторських рішень, розрахункових методик і технологічних заходів, спрямованих на підвищення ефективності, надійності та довговічності роботи машини ВДР-6А. До предметної області також належать питання аналізу умов експлуатації, удосконалення приводних і виконавчих механізмів, забезпечення стабільності технологічних параметрів, а також розроблення рекомендацій щодо монтажу, експлуатації та технічного обслуговування обладнання.

Таким чином, робота спрямована на вдосконалення конструкції та експлуатаційних характеристик фасувально-розливно-закупорювальної машини з метою підвищення ефективності її використання в умовах сучасного автоматизованого виробництва безалкогольних напоїв.

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Аналіз сучасного обладнання для розливу і закупорювання безалкогольних напоїв. Визначення задач кваліфікаційної роботи

1.1 Огляд сучасних конструкцій відповідного обладнання

У технологічних лініях виготовлення безалкогольної продукції операції наповнення тари, дозування рідини та герметизації є визначальними етапами виробничого процесу. Саме під час виконання цих операцій забезпечуються необхідна точність подачі продукту, збереження рівня карбонізації напою та дотримання санітарних вимог до готової продукції. Зростання обсягів виробництва й посилення конкуренції серед виробників спричиняють підвищення вимог до продуктивності, стабільності функціонування та адаптивності технологічного обладнання.

Сучасні системи для розливу й закупорювання являють собою автоматизовані комплекси, у межах яких декілька технологічних операцій об'єднані в єдину безперервну схему. Найчастіше використовуються моноблочні конструкції, де переміщення пляшок, заповнення тари та встановлення закупорювальних елементів здійснюються синхронно. Таке компонування сприяє скороченню втрат продукції, зменшенню виробничих площ і покращенню гігієнічних умов експлуатації.

За особливостями конструктивного виконання машини поділяють на лінійні та роторні. Для лінійних систем характерне послідовне транспортування тари конвеєром між окремими робочими позиціями. Подібні установки відзначаються нескладною будовою та зручністю сервісного обслуговування, однак мають обмежену продуктивність, що ускладнює їх використання у великотоннажному виробництві.

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	1. Аналіз сучасного обладнання для розливу і закупорювання безалкогольних напоїв. Визначення задач кваліфікаційної роботи	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Бартух К.В.						
Перевір.		Деркач А.В.						
Н. контр.		Кравець О.І.				ТНТУ, ФМТ, МО-41		
Затверд.		Пилипець О.М.						

Роторні агрегати, навпаки, забезпечують значно більшу інтенсивність роботи завдяки одночасному виконанню кількох операцій під час кругового переміщення тари. Проте такі машини відрізняються складнішою кінематикою та потребують точного регулювання робочих параметрів.

Спосіб наповнення тари визначається фізико-хімічними характеристиками напою. Під час роботи з газованою продукцією переважно застосовують ізобаричне дозування, за якого тиск у пляшці підтримується на рівні тиску в системі насичення. Це дає змогу мінімізувати дегазацію та запобігти надмірному утворенню піни. Для негазованих рідин частіше використовують гравітаційні або об'ємні методи подачі, що характеризуються простотою конструктивної реалізації та прийнятною точністю.

Закупорювальні механізми сучасних установок здатні функціонувати з різними видами закупорювальних елементів, серед яких кроненпробки, різьбові кришки та алюмінієві ковпачки. Будова таких вузлів передбачає контроль сили обтискання або крутного моменту під час загвинчування, що забезпечує герметичність тари та збереження властивостей напою впродовж зберігання.

Важливою тенденцією розвитку обладнання є використання автоматизованих систем моніторингу й керування. Сучасні машини комплектуються датчиками контролю рівня наповнення, системами виявлення дефектної тари та пристроями перевірки герметичності. Крім того, подібні комплекси інтегруються у цифрові системи управління виробництвом, що сприяє стабілізації технологічних режимів і зменшує залежність від людського фактора.

Попри значний рівень технічного розвитку, існуючі конструкції мають низку недоліків. Однією з основних проблем роторних систем є складність їх будови, що ускладнює ремонт і технічне обслуговування. Велика кількість рухомих елементів та передавальних вузлів призводить до інтенсивного зношування деталей і необхідності регулярного налаштування.

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	рк.Ар
мн.Зм	рк.Ар	докум.№ докум.	дписПідп	Дата		

Серйозний вплив на стабільність роботи має також чутливість процесу до зміни технологічних параметрів, зокрема температури, тиску та рівня продукту в живильних резервуарах. Коливання цих величин можуть спричиняти порушення точності дозування, втрати вуглекислого газу або погіршення якості герметизації.

Для високопродуктивних ліній характерною проблемою є нерівномірне надходження пляшок до робочих позицій. Унаслідок цього виникають перевантаження окремих механізмів, погіршується узгодженість роботи вузлів і знижується загальна ефективність технологічної системи.

Додатковим недоліком частини машин є недостатня універсальність під час переходу на інші типорозміри тари чи нові види продукції. Переналагодження обладнання часто супроводжується значними витратами часу та потребує участі кваліфікованих спеціалістів, що негативно впливає на оперативність виробництва.

Помітною залишається й проблема енергоспоживання, особливо для установок із ізобаричним принципом роботи. Необхідність підтримання постійного тиску та функціонування компресорних систем суттєво знижують загальну енергоефективність виробничого процесу.

Отже, незважаючи на високий рівень розвитку сучасних розливно-закупорювальних комплексів, зберігається потреба у вдосконаленні їх конструктивних і експлуатаційних характеристик. Перспективними напрямками є спрощення кінематичних схем без втрати продуктивності, підвищення стабільності технологічних режимів, скорочення енерговитрат і забезпечення швидкої адаптації обладнання до змін виробничих умов.

У зв'язку з цим актуальним є створення нових або модернізація наявних технічних рішень, спрямованих на підвищення ефективності процесів наповнення та герметизації тари, що становить одне із завдань даного дослідження.

З урахуванням виявлених недоліків сучасних машин доцільним є вибір конструкції, яка поєднує достатню продуктивність, порівняно нескладну будову та можливість модернізації окремих вузлів без суттєвого ускладнення всієї системи. Одним із таких рішень є дозувально-розливно-закупорювальна установка ВДР-6А.

Машина ВДР-6А належить до роторного обладнання середньої продуктивності та забезпечує безперервне виконання основних операцій: дозування сиропу, подачу газованої води та герметизацію пляшок. Її конструкція базується на застосуванні уніфікованих механізмів, об'єднаних спільною приводною системою, що спрощує кінематичну схему та забезпечує узгоджену роботу всіх вузлів.

Перевагою установки є відносно проста конструкція порівняно з багатопозиційними високопродуктивними моноблоками. Це полегшує технічне обслуговування та підвищує ремонтпридатність обладнання. Використання турнікетних механізмів для транспортування пляшок забезпечує надійну фіксацію тари при порівняно нескладному конструктивному виконанні.

Разом із тим дослідження конструкції ВДР-6А свідчить, що окремі вузли функціонують у режимах нерівномірного навантаження, а елементи передач можуть зазнавати динамічних перевантажень. Це негативно позначається на довговічності деталей і точності роботи машини. Крім того, традиційна система приводу із зубчастими та пасовими передачами потребує вдосконалення для зменшення енергетичних втрат і підвищення надійності експлуатації.

Таким чином, вибір машини ВДР-6А як об'єкта дослідження обумовлений її поширеним використанням у виробництві безалкогольної продукції, достатньо простою конструкцією та наявністю резервів для підвищення ефективності шляхом модернізації окремих вузлів і параметрів приводу.

Подальші дослідження спрямовані на вивчення та оптимізацію кінематичних і силових характеристик приводної системи ВДР-6А з метою підвищення її надійності, ресурсу роботи та енергоефективності.

1.2. Аналіз патентних матеріалів та літературних джерел щодо обладнання для розливу і закупорювання

Сучасне виробництво безалкогольних напоїв характеризується високим рівнем автоматизації технологічних процесів, серед яких операції дозування, розливу та закупорювання займають одне з ключових місць. Від ефективності функціонування відповідного обладнання значною мірою залежать продуктивність виробничої лінії, точність дозування, збереження фізико-хімічних властивостей напою та якість готової продукції. У зв'язку з цим питання вдосконалення конструкцій розливно-закупорювальних машин постійно перебуває в центрі уваги дослідників і виробників обладнання [1, 2].

Аналіз науково-технічної літератури показує, що найбільшого поширення у виробництві безалкогольних напоїв набули роторні машини безперервної дії. Їх основною перевагою є можливість одночасного виконання декількох технологічних операцій при безперервному русі тари, що забезпечує високу продуктивність і скорочення тривалості виробничого циклу [3]. У таких установках процеси транспортування пляшок, наповнення та закупорювання об'єднані в єдину кінематичну систему, робота якої синхронізується спільним приводом.

У літературних джерелах відзначається, що конструктивне виконання роторних машин значною мірою визначається способом дозування рідини. Для газованих напоїв переважно застосовується ізобаричний метод розливу, який забезпечує наповнення пляшок за тиску, близького до тиску в системі насичення [2, 4]. Це дозволяє мінімізувати втрати розчиненого вуглекислого газу та зменшити піноутворення. Для негазованих рідин частіше

використовуються гравітаційні, вакуумні або об'ємні способи дозування, що характеризуються простішою конструкцією обладнання [5].

Значна кількість патентних матеріалів присвячена удосконаленню роторних вузлів розливу. У багатьох технічних рішеннях пропонується застосування багатопозиційних карусельних систем із розливними клапанами, розташованими по колу ротора [6]. Така схема забезпечує безперервне проходження тари через робочу зону та дозволяє суттєво підвищити продуктивність обладнання. Разом із тим збільшення кількості робочих позицій ускладнює кінематичну структуру машини та підвищує вимоги до точності виготовлення і регулювання механізмів.

Окремий напрям розвитку сучасного обладнання пов'язаний із забезпеченням санітарно-гігієнічних вимог та асептичних умов виробництва. У патентних джерелах описуються конструкції, в яких зони розливу ізолюються від навколишнього середовища за допомогою герметизованих камер і систем подачі стерильного повітря [7]. Подібні рішення дозволяють знизити ризик мікробіологічного забруднення продукції та забезпечити стабільність її якості при тривалому зберіганні.

У сучасних дослідженнях значна увага приділяється автоматизації процесів керування та контролю параметрів роботи обладнання. Розливно-закупорювальні машини оснащуються датчиками рівня рідини, системами контролю тиску, пристроями виявлення дефектної тари та автоматизованими системами синхронізації роботи окремих вузлів [8]. Інтеграція обладнання у цифрові виробничі системи дозволяє підвищити стабільність технологічного процесу, зменшити вплив людського фактора та забезпечити оперативне регулювання режимів роботи.

Разом із перевагами роторні установки мають низку конструктивних та експлуатаційних недоліків. Аналіз літературних джерел свідчить, що однією з основних проблем є висока складність приводних систем, які містять значну кількість зубчастих, пасових і кулачкових передач [1, 3]. Це призводить до

збільшення динамічних навантажень, підвищеного зношування деталей та необхідності регулярного технічного обслуговування.

У патентних матеріалах також відзначається проблема нерівномірності подачі тари на робочі позиції, особливо в умовах високошвидкісного виробництва [6]. Порушення синхронізації між окремими вузлами може викликати удари, перевантаження механізмів і зниження точності виконання технологічних операцій. Для усунення цих недоліків пропонуються різні конструкції турнікетних механізмів, шнекових подавачів і систем плавного регулювання швидкості транспортування пляшок.

Важливим напрямом удосконалення обладнання є також підвищення його енергоефективності. Значні енергетичні витрати характерні насамперед для машин із ізобаричним способом розливу, де необхідно підтримувати стабільний тиск і забезпечувати роботу компресорних систем [4, 8]. У сучасних конструкціях для зниження енергоспоживання застосовуються частотно-регульовані приводи, удосконалені системи керування електродвигунами та оптимізовані кінематичні схеми.

Крім того, у літературі підкреслюється необхідність підвищення універсальності розливно-закупорювальних машин [5]. Сучасне виробництво часто потребує швидкого переходу на інші типи тари або зміну асортименту продукції. У зв'язку з цим актуальним є створення конструкцій із мінімальними витратами часу на переналагодження та можливістю модульної заміни окремих вузлів.

Таким чином, аналіз літературних і патентних джерел показує, що основними тенденціями розвитку обладнання для розливу та закупорювання є підвищення продуктивності, удосконалення систем автоматизації, зменшення енерговитрат, підвищення надійності приводних механізмів та спрощення конструктивного виконання машин [1–8]. Незважаючи на значний рівень розвитку сучасних технічних рішень, залишаються актуальними питання оптимізації кінематичних схем, зниження динамічних навантажень і підвищення довговічності обладнання. Це підтверджує доцільність подальшого

дослідження конструкції машини ВДР-6А та вдосконалення її приводної системи.

1.3. Характеристика та особливості машини ВДР-6А

Об'єктом проєктування у даній роботі виступає фасувально-закупорювальна машина ВДР-6А, яка використовується в складі автоматизованих ліній виробництва безалкогольних напоїв. Її основне призначення полягає у виконанні комплексу взаємопов'язаних операцій: дозування сиропу, наповнення тари газованою водою під тиском та герметичного закупорювання пляшок кроненпробкою. Машина належить до роторного типу обладнання середньої продуктивності та забезпечує безперервний характер технологічного процесу, що є важливою умовою сучасного харчового виробництва.

Конструкція ВДР-6А виконана у вигляді багатоблочної системи, змонтованої на загальній несучій рамі. До складу машини входять функціональні вузли дозування сиропу, розливу газованої води, закупорювання, а також транспортно-орієнтувальна система для переміщення тари між операціями. Усі елементи кінематично об'єднані в єдиний механізм і працюють у чіткій синхронізації.

Привід машини реалізований від електродвигуна через клинопасову передачу, редуктор та систему зубчастих передач, що забезпечує передачу крутного моменту до роторних виконавчих органів. Робочі органи розташовані на обертових столах, що дозволяє здійснювати поетапну обробку пляшок без їх зупинки.

Транспортування тари здійснюється за допомогою конвеєрної системи у поєднанні зі шнековими та зірчковими механізмами, які забезпечують точне позиціонування пляшок на кожній технологічній позиції та їх узгоджене переміщення між вузлами.

Робочий процес машини здійснюється у повністю автоматизованому безперервному режимі. Порожні пляшки надходять із попередньої ділянки (мийного обладнання) на вхідний транспортер, де відбувається їх розподіл і поштучна подача на ротор дозування.

На першому етапі виконується введення дозованої кількості сиропу, після чого тара переміщується до вузла розливу. Тут здійснюється наповнення газованою водою під надлишковим тиском, що дозволяє зберегти концентрацію розчиненого вуглекислого газу та мінімізувати втрати вуглекислоти.

Далі пляшка надходить до закупорювального вузла, де встановлюється кроненпробка і виконується її механічне обтискання. У результаті формується герметичне з'єднання, яке гарантує стабільність фізико-хімічних властивостей напою під час зберігання та транспортування. Після завершення циклу готова продукція виводиться на вихідний транспортер.

ВДР-6А характеризується стабільною роботою у складі потокових ліній, узгодженістю функціонування всіх технологічних вузлів та можливістю інтеграції в автоматизовані системи виробництва. Однією з ключових особливостей є використання єдиного приводу, що забезпечує синхронізацію всіх механізмів і зменшує ймовірність розсинхронізації процесів.

Експлуатація машини потребує підтримання чітко визначених технологічних параметрів, зокрема стабільного тиску в системі розливу, точного дозування рідких компонентів та контролю рівня заповнення тари. Відхилення цих параметрів безпосередньо впливає на якість готової продукції та стабільність технологічного процесу.

Додатково слід враховувати підвищені вимоги до санітарного стану обладнання, оскільки машина працює з харчовими рідинами та потребує регулярної мийки і дезінфекції без порушення геометричної точності вузлів.

Аналіз роботи машини показує наявність низки типових проблем, характерних для роторного фасувального обладнання. Серед них:

- підвищене навантаження на елементи приводу та роторні механізми;
- поступове зношування зубчастих і пасових передач;

чутливість процесу розливу до коливань тиску та температури;
складність точного регулювання дозувальних систем;
обмежена універсальність при переході на інші типи тари.

Крім того, інтенсивний режим роботи призводить до накопичення втомних навантажень у механічних вузлах, що потребує систематичного технічного обслуговування та контролю технічного стану.

ВДР-6А є центральним елементом технологічної лінії виробництва безалкогольних напоїв. Вона тісно взаємодіє з попередніми та наступними етапами процесу, зокрема з мийними машинами для тари, системами приготування напоїв і пакувальним обладнанням.

Синхронізація роботи з транспортними конвеєрами забезпечує безперервність виробничого потоку та мінімізує простої. При цьому будь-які відхилення в роботі фасувально-закупорювального вузла можуть призвести до порушення функціонування всієї лінії.

У структурі виробництва безалкогольних напоїв машина ВДР-6А виконує завершальну та найбільш відповідальну технологічну функцію — формування готового продукту в споживчій тарі. Саме на цьому етапі забезпечуються точність дозування, стабільність складу напою та якість герметизації.

Таким чином, дане обладнання є ключовою ланкою технологічного процесу, від надійності та стабільності роботи якої залежить продуктивність усієї виробничої лінії, якість кінцевого продукту та економічна ефективність підприємства.

Дозувально-розливно-закупорювальна установка ВДР-6А призначена для автоматизованого наповнення пляшок безалкогольними напоями з попереднім введенням сиропної складової, подальшим додаванням газованої води та герметичним закриванням тари. Обладнання експлуатується у складі поточкових виробничих ліній середньої продуктивності та забезпечує безперервне виконання технологічних операцій.

Машина являє собою сукупність взаємодіючих автоматизованих вузлів, установлених на єдиній несучій станині. До її складу входять модулі дозування

сиропу, наповнення газованою водою, закупорювання пляшок, система транспортування тари та приводний механізм.

Усі функціональні елементи об'єднані спільною транспортною системою та працюють синхронно завдяки централізованому приводу. Передавання крутного моменту здійснюється від електродвигуна через клинопасову передачу, черв'ячний редуктор і зубчасті механізми, які забезпечують рух виконавчих органів.

Основні технологічні модулі мають роторну компоновку. Робочі органи закріплені на обертових столах, що забезпечують послідовне переміщення пляшок між окремими стадіями оброблення. У вузлах дозування та наповнення застосовані пневматичні механізми підйому й опускання тари під час контакту з розливними пристроями. Конструкція також містить резервуари та дозувально-розливні системи, призначені для подачі рідких компонентів.

Закупорювальний модуль оснащений ротором із патронами, які виконують вертикальні зворотно-поступальні переміщення під дією копінного механізму. Подача закупорювальних елементів здійснюється за допомогою бункера та орієнтувального пристрою, що забезпечує їх безперервне спрямування до робочої зони.

Транспортування пляшок між окремими вузлами реалізується стрічковим транспортером у поєднанні з турнікетними механізмами, зокрема шнеками та зірочками. Така схема забезпечує поштучне подавання тари, її точне позиціонування та синхронізацію з обертанням роторних елементів.

Робота установки здійснюється в автоматичному безперервному режимі з послідовним виконанням технологічних операцій.

Порожні підготовлені пляшки надходять транспортером від мийного обладнання до ділянки дозування, де розподільчі механізми забезпечують їх розділення та поштучне подавання на ротор. Далі тара встановлюється на підйомний пристрій, переміщується до дозувального вузла та отримує задану кількість сиропу. Після завершення операції пляшка опускається й подається до наступної робочої позиції.

На етапі наповнення тара аналогічним способом подається до розливного ротора, де здійснюється подавання газованої води. Процес відбувається за стабільного тиску, що дає можливість зберегти вміст розчиненого вуглекислого газу та запобігти інтенсивному спінюванню напою.

Після завершення розливу пляшка переміщується до закупорювального вузла, де на її горловину подається кроненпробка та виконується операція обтискання. Утворене герметичне з'єднання забезпечує збереження властивостей напою під час транспортування та зберігання.

Закупорені пляшки повертаються на транспортер і спрямовуються до наступних етапів виробничої лінії, зокрема контролю якості або завершального формування продукції.

Стабільність роботи машини забезпечується узгодженим функціонуванням усіх механізмів, що приводяться в рух єдиною приводною системою. Для досягнення необхідної точності дозування та високої якості наповнення важливим є підтримання стабільних параметрів технологічного процесу, передусім тиску та рівня рідини у витратних резервуарах.

Отже, установка ВДР-6А забезпечує комплексне виконання операцій дозування, наповнення та закупорювання в автоматичному безперервному режимі, що сприяє підвищенню продуктивності лінії та стабільності якості готової продукції.

1.4 Мета і задачі

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності, надійності та експлуатаційної стійкості розливно-закупорювальної машини ВДР-6А шляхом розроблення та обґрунтування технічних рішень, пов'язаних із її монтажем, експлуатацією й ремонтом.

Для досягнення цього необхідно вирішити завдання:

- виконати аналіз сучасного стану та основних тенденцій розвитку обладнання для розливу і закупорювання безалкогольних напоїв;

- дослідити конструктивні особливості, принцип дії та технічні характеристики машини ВДР-6А;
- проаналізувати умови функціонування основних вузлів, механізмів і приводної системи машини;
- здійснити інженерні розрахунки елементів приводу та найбільш навантажених деталей з метою оцінювання їх працездатності й надійності;
- розробити технологічні рішення щодо монтажу обладнання з урахуванням вимог точності встановлення, безпеки та експлуатаційної надійності;
- обґрунтувати раціональні режими роботи машини, які забезпечують стабільність технологічного процесу та підвищення ресурсу основних вузлів;
- сформувати систему технічного обслуговування й ремонту обладнання з урахуванням характеру навантажень, умов експлуатації та можливих відмов.

Реалізація поставлених завдань дозволить підвищити ефективність використання розливно-закупорювальної машини ВДР-6А, забезпечити стабільність її роботи у виробничих умовах, підвищити довговічність основних механізмів, а також знизити витрати на технічне обслуговування та ремонт.

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	рк.Ар
мн.Зм	рк.Ар	докум.№ докум.	џписПіџп	Дата		

2. Обґрунтування конструкції і розрахунки

2.1. Будова і принцип роботи машини ВДР-6А

Дозувально-розливно-закупорювальна установка продуктивністю 6000 пляшок за годину призначена для внесення у тару заданої дози купажного сиропу, подальшого наповнення пляшки газованою водою до встановленого рівня та герметичного закупорювання кроненпробкою.

Обладнання такого типу виготовляється у двох виконаннях — ВДР-3 і ВДР-6А. Установка ВДР-6А (рис. 2.2) конструктивно об'єднує три послідовно розміщені автоматичні модулі, змонтовані на спільних фундаментних рамах. Вони поєднані єдиною транспортною системою та приводяться в рух загальним приводом, розміщеним у станині закупорювального автомата. Привід включає електродвигун і пневмофрикційну муфту, через яку передається обертальний рух на всі робочі вузли установки.

Кожен із автоматів містить роторний механізм і турнікетні (зірчасті) пристрої. У дозувальному та розливному автоматах ротори виконані у вигляді столів, оснащених пневматичними підйомними пристроями для переміщення пляшок у вертикальному напрямку, а також резервуарами з дозувально-розливними вузлами. Закупорювальний автомат має ротор зі столом і закупорювальними патронами, які здійснюють зворотно-поступальний рух по вертикалі за допомогою копінного механізму.

Турнікетні пристрої забезпечують розділення потоку пляшок, їх поштучну подачу з транспортерної стрічки на ротор та подальше повернення після обробки. Для подачі робочих рідин до відповідних вузлів передбачена система трубопроводів, що з'єднує резервуари дозування сиропу і розливу газованої води.

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бартух К.В.			2. Обґрунтування конструкції і розрахунки		Лім.	Арк.
Перевір.		Деркач А.В.						Акрушів
Н. контр.		Кравець О.І.					ТНТУ, ФМТ, МО-41	
Затверд.		Пилипець О.М.						

Закупорювальний автомат марки У6 оснащений бункером для кроненпробок, а також механізмом їх поділу, орієнтації та подачі до закупорювальних патронів.

Чисті порожні пляшки після мийної машини транспортуються суцільним потоком до вхідного турнікетного пристрою автомата дозування сиропу. За допомогою шнека вони розділяються та подаються поодинці у вхідну зірочку, яка переносить їх на робочу позицію ротора — на столик пневмоциліндра.

У процесі роботи пляшка піднімається, її горловина входить у центруючий елемент дозуючого вузла, після чого у верхньому положенні здійснюється подача визначеної дози сиропу. Після завершення операції пляшка опускається та через вихідну зірочку повертається на транспортер.

Далі транспортер переміщує пляшку до наступного етапу — розливу газованої води. Контрольна зірочка або шнек знову забезпечують поштучну подачу тари до ротора відповідного автомата. Процес наповнення газованою водою відбувається за аналогічною схемою, що й дозування сиропу.

Після завершення наповнення пляшка опускається вниз і за допомогою вихідної турнікетної зірочки переміщується з ротора автомата на транспортерну стрічку. Далі транспортер подає її до шнека закупорювального вузла, де забезпечується поштучна подача тари. Пройшовши через шнек, пляшка надходить у вхідну турнікетну зірочку, яка переносить її на стіл ротора закупорювального автомата.

У зоні закупорювання патрон встановлює кроненпробку на горловину пляшки, після чого розрізні кулачки виконують її обтискання по віночку, забезпечуючи герметичне закриття. Оброблена пляшка за допомогою вихідної турнікетної зірочки знову подається на транспортер і спрямовується до наступного етапу — змішування напою.

Дозувальні та розливні вузли за конструкцією відповідають аналогічним елементам, що застосовуються у машині типу В7-ВДР-1,5.

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	рк.Ар
мн.Зм	рк.Ар	докум.№ докум.	дписПідп	Дата		

Для стабільної роботи розливного механізму та забезпечення належного режиму наповнення процес подачі газованої води необхідно здійснювати в ізонадлишкових умовах, коли тиск у зоні розливу дорівнює тиску в сатураторі, а рівень рідини у витратному резервуарі підтримується сталим.

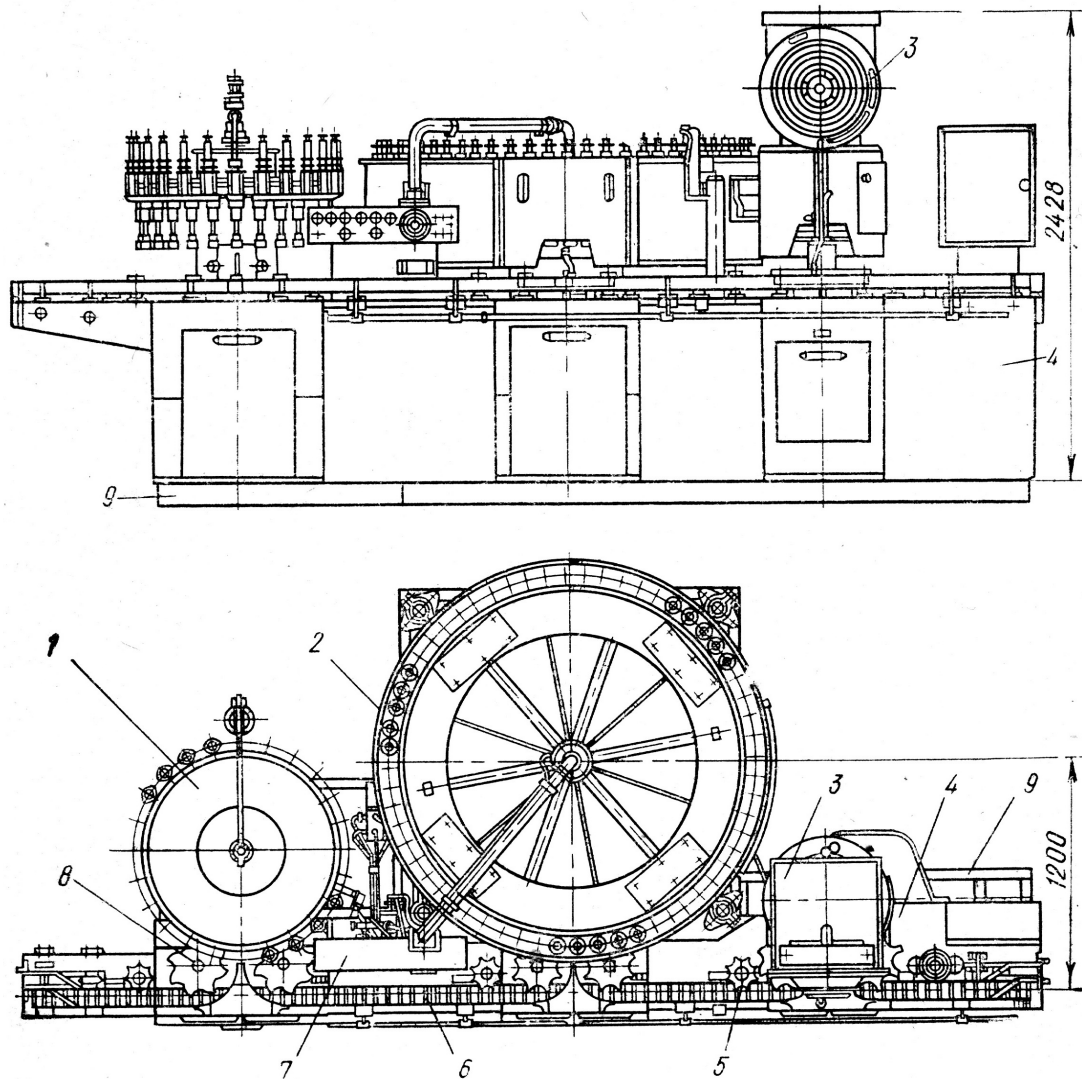


Рисунок 2.1. Дозувально-розливно-закупорювальна машина ВДР-6А

- 1 — ротор дозувального автомата; 2 — ротор розливного автомата;
 3 — закупорювальний автомат; 4 — стіл закупорювального автомата;
 5 — турнікет закупорювального автомата; 6 — транспортер; 7 — турнікет розливного автомата; 8 — турнікет дозувального автомата; 9 — станина.

У даній установці реалізовано одноканальний принцип роботи, за якого однаковий тиск у газовій та рідинній зонах витратного резервуара

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

підтримується за допомогою регулятора тиску. Стабілізація рівня рідини забезпечується двома поплавковими клапанами, що автоматично регулюють її подачу.

2.2. Розроблення структурної схеми фасувально-закупорювальної машини марки ВДР-6А

Машина марки ВДР-6А призначена для розливу невязких рідин та закупорювання для пляшок ємністю 0,5 та 0,33 л.

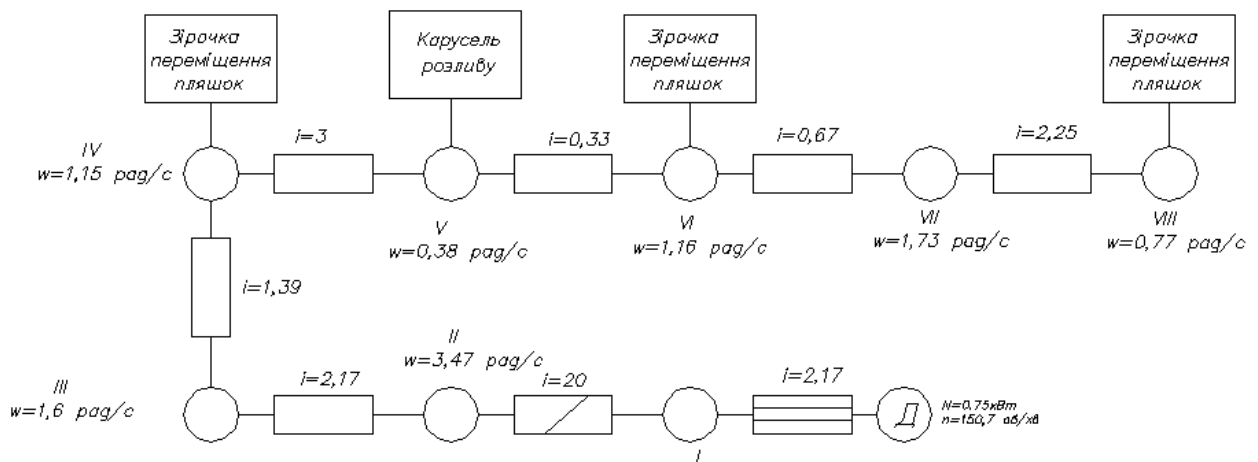


Рисунок 2.2. Структурна схема машини ВДР-6А

Проектування машини розпочинається з формування її структури, яка подається у вигляді структурної схеми. Побудову схеми виконують, починаючи від джерела приводу — електродвигуна — і завершуючи робочими органами та виконавчими механізмами, послідовно наносячи умовні позначення та зв'язки між елементами.

У запропонованій схемі всі механізми приводяться в дію асинхронним трифазним електродвигуном, від якого рух передається через клинопасову передачу, черв'ячний редуктор і систему циліндричних зубчастих передач.

Привід машини ВДР-6А включає електродвигун і пасову передачу, на вихідному валу якої встановлено шків. Саме від цього вузла здійснюється передача обертального руху на всі механізми установки. Подальший розподіл

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

руху між робочими органами забезпечується системою циліндричних і конічних зубчастих передач, а також черв'ячним редуктором.

2.3 Опис та розрахунок кінематичної схеми

Кінематична схема являє собою графічне (плоске або просторове) відображення взаємозв'язків між усіма механізмами та їх ланками і повинна забезпечувати чітке уявлення про послідовність з'єднання вузлів, розподіл енергетичних потоків і характер кінематичних зв'язків у машині. Елементи на такій схемі подаються у вигляді умовних позначень або спрощених контурів, що відображають їхню будову.

Розроблення кінематичної схеми здійснюється як під час проектування нових машин, так і при модернізації існуючих. Вона є базовим документом для подальшого виконання кінематичних і силових розрахунків.

На відповідному рисунку наведено кінематичну схему машини ВДР-6А. Усі механізми установки приводяться в рух асинхронним електродвигуном, від якого обертання передається через клинопасову передачу, черв'ячний редуктор і систему циліндричних зубчастих передач.

На рамі машини розміщені турнікетна група та карусельний вузол. У складі турнікетної групи встановлені вали IV, V, VI та VIII, на яких змонтовані зубчасті колеса 8, 9, 10 і 13.

Привід проміжної та вихідної турнікетних зірочок здійснюється від шестерні 5 через зубчасту передачу, утворену колесами 6, 7 і 9. Вихідна зірочка 13 отримує обертальний рух через додаткову пару коліс 11 і 12.

Ротор розливно-закупорювального автомата закріплений на турнікетній групі та обертається завдяки передачі руху від шестерні 5 через послідовність зубчастих коліс 6, 7 і 8.

Частота обертання двигуна:

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

$$\omega_{\partial в} = \frac{n \cdot \pi}{30} = \frac{1440 \cdot 3.14}{30} = 150,796 (rad / c)$$

де $n = 1440 об / хв$ кількість обертів.

Визначимо необхідне число пасової передачі I-II

Необхідне передаточне число від двигуна знімаючу зірочку каруселі фасування:

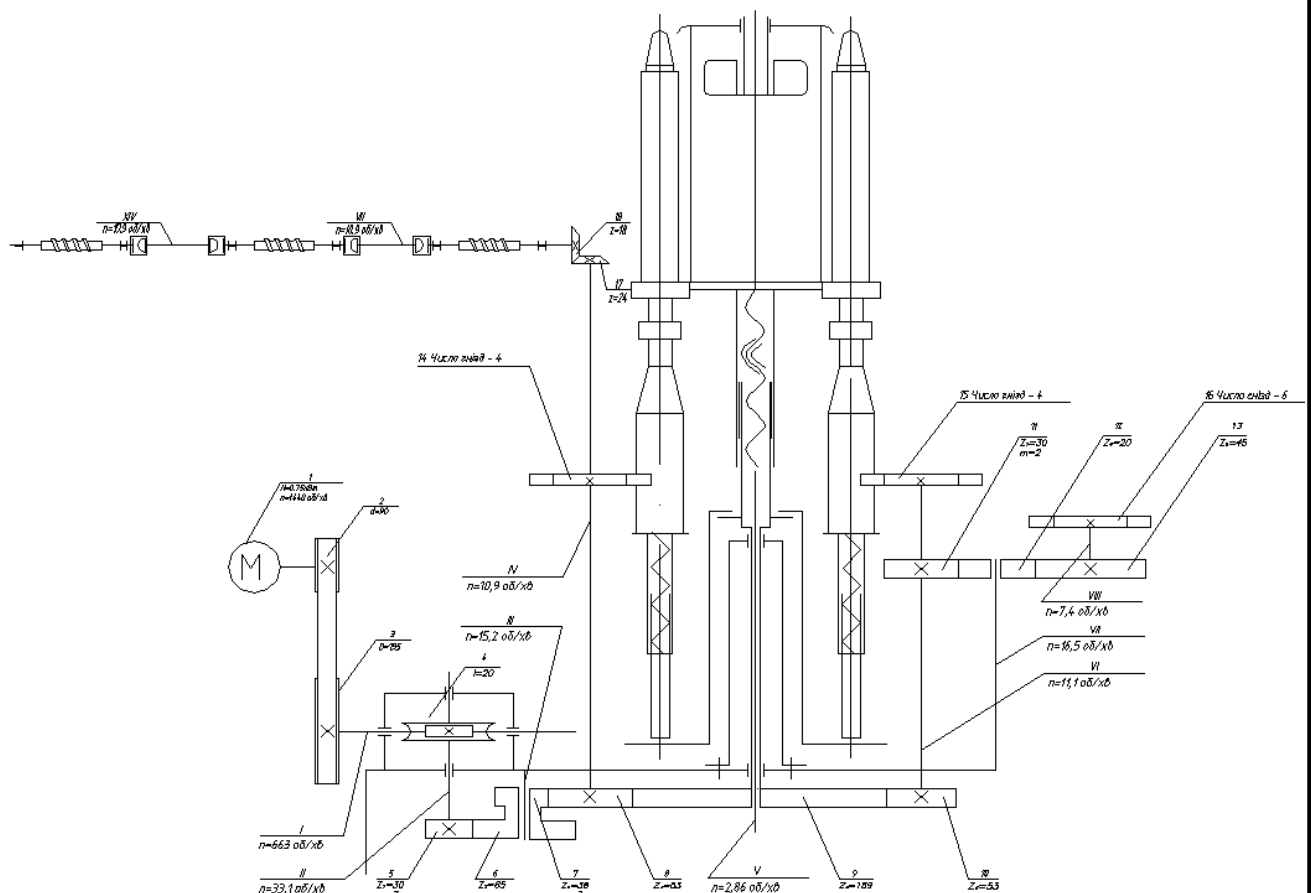


Рисунок 2.3. Кінематична схема машини ВДР-6А

1—електродвигун; 2, 3-варіатор пасовий; 4, 5-пасова передача

$$U_{I-II} = \frac{\omega_{\partial в}}{\omega_{з.пл}} = \frac{150,796}{1,309} = 150,796 (rad / c)$$

де $\omega_{з.пл}$ -кутова швидкість обертання знімаючої зірочки $\omega_{з.пл} = 1,309 rad / c$

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

Передаточне відношення редуктора $U_{II-III} = 20$

Передаточне відношення передачі III-IV $U_{III-IV} = \frac{65}{30} = 2,167$

Передаточне число передачі IV-V $U_{IV-V} = \frac{53}{38} = 1,395$

Необхідне передаточне число пасової передачі:

$$U_{I...II} = \frac{\omega_{\partial\phi}}{\omega_{3,пл} \cdot U_{II...III} \cdot U_{III...IV} \cdot U_{IV...V}} = \frac{150,796}{1,309 \cdot 20 \cdot 2,167 \cdot 1,395} = 1,906$$

Необхідне передаточне число пари V-VI (вал знімаючої зірочки – наповнюючий стіл):

$$U_{I...II} = \frac{\omega_{\partial\phi}}{\omega_{\phi} \cdot U_{II...III} \cdot U_{III...IV} \cdot U_{IV...V} \cdot U_{I...II}} = \frac{150,7}{1,309 \cdot 20 \cdot 2,167 \cdot 1,395 \cdot 1,906} = 3$$

Подаюча зірочка повинна обертатись із частотою, рівною частоті знімаючої зірочки. Необхідне передаточне число:

$$U_{VI...VII} = \frac{\omega_{\partial\phi}}{\omega_{3,пл} \cdot U_{II...III} \cdot U_{III...IV} \cdot U_{IV...V} \cdot U_{I...II} \cdot U_{V...VI}} = \frac{150,7}{1,309 \cdot 20 \cdot 2,167 \cdot 1,395 \cdot 1,906 \cdot 3} = 0,333$$

Допоміжна зірочка має 4 комірки для пляшок. Тому необхідна кутова швидкість, яка б узгоджувалась із іншими ланками буде рівна

$$\omega_{\partial} = \omega_{3,пл} \cdot \frac{4}{6} = 0,873(\text{рад} / \text{с})$$

Необхідне передаточне число:

$$U_{VII...IX} = \frac{\omega_{3,пл}}{\omega_{\partial}} = \frac{1,309}{0,873} = 1,5$$

Передачу крутного моменту здійснимо через паразитну шестерню VIII із числом зубів на колесі, що розміщене на валі VII подаючої зірочки 30.

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

Передаточне число пари VII-VIII: $U_{VII...VIII} = \frac{20}{30} = 0,667$

Необхідне передаточне число пари VIII-IX:

$$U_{VIII-IX} = \frac{U_{VII...IX}}{U_{VII...VIII}} = \frac{1,5}{0,667} = 2,25$$

Визначимо потужність для приведення в рух машини марки ВДР-6А:

$$N_{VIII} = \frac{N_{\partial.пл}}{\eta_{підш}^4 \cdot \eta_{ч.пер}} = \frac{0,124 \cdot 10^{-4}}{0,98^4 \cdot 0,85} = 1,433 \cdot 10^{-4} (кВт)$$

К.к.д.підшипника $\eta_{підш} = 0,998$

К.к.д.циліндричної передачі $\eta_{ч.пер} = 0,85$

К.к.д.черв'ячного редуктора $\eta_{ч.ред} = 0,7$

К.к.д.пасової передачі $\eta_{н.п.} = 0,8$

Кількість обертіввала VIII:

$$\omega_{VIII} = \omega_{\partial} \cdot U_{VIII...IX} = 0,873 \cdot 2,25 = 1,963 (рад / с)$$

Крутний момент на валу:

$$T_{VIII} = \frac{N_{VIII} \cdot 1000}{\omega_{VIII}} = \frac{1,433 \cdot 1000}{1,963} = 0,073 (Н \cdot м)$$

Передавана потужність:

$$N_{VII} = \frac{\frac{N_{VIII}}{\eta_{ч.пер}} + N_{з.пл}}{\eta_{підш}^4} = \frac{\frac{1,433 \cdot 10^{-4}}{0,85} + 2,107}{0,98^4} = 4,11 \cdot 10^{-4} (кВт)$$

Кількість обертів вала VII:

$$\omega_{VII} = \omega_{з.пл} = 1,309 (рад / с)$$

Крутний момент:

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

$$T_{VII} = \frac{N_{VII} \cdot 1000}{\omega_{VII}} = \frac{4,11 \cdot 10^{-4} \cdot 1000}{1,309} = 0,314(H \cdot m)$$

Передана потужність передачею на валу VI:

$$N_{VI} = \frac{\frac{N_{VII}}{\eta_{ц.пер}} + N_{\phi}}{\eta_{нідиш}^6} = \frac{\frac{4,11 \cdot 10^{-4}}{0,85} + 0,133}{0,98^6} = 0,15(кВт)$$

де N_{ϕ} - потужність, що затрачається для приведення в рух каруселі, кВт.

Кількість обертів вала VI:

$$\omega_{VI} = \omega_{\phi} = 0,436(рад / с).$$

Крутний момент вала:

$$T_{VI} = \frac{N_{VI} \cdot 1000}{\omega_{VI}} = \frac{0,15 \cdot 1000}{0,436} = 344,5(H \cdot m).$$

Передана потужність передачею V:

$$N_V = \frac{\frac{N_{VI}}{\eta_{ц.пер}} + N_{з.пл}}{\eta_{нідиш}^4} = \frac{\frac{0,15}{0,85} + 2,107}{0,98^4} = 0,19(кВт).$$

К-ть обертів вала V:

$$\omega_V = \omega_{з.пл} = 1,309(рад / с).$$

Крутний момент:

$$T_V = \frac{N_V \cdot 1000}{\omega_V} = \frac{0,19 \cdot 1000}{1,309} = 146,7(H \cdot m).$$

Передана потужність передачею на валу IV:

$$N_{IV} = \frac{N_V}{\eta_{ц.пер} \cdot \eta_{нідиш}^2} = \frac{0,19}{0,85 \cdot 0,98^2} = 0,235(кВт).$$

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

К-ть обертів вала IV:

$$\omega_{IV} = \omega_V \cdot U_{IV...V} = 1,309 \cdot 1,395 = 1,826(\text{рад} / \text{с}).$$

Крутний момент становить:

$$T_{IV} = \frac{N_{IV} \cdot 1000}{\omega_{IV}} = \frac{0,235 \cdot 1000}{1,826} = 128,8(\text{Н} \cdot \text{м}).$$

Передана потужність передачею на валу III:

$$N_{III} = \frac{N_{IV}}{\eta_{ц.пер} \cdot \eta_{підш}^2} = \frac{0,235}{0,85 \cdot 0,98^2} = 0,288(\text{кВт}).$$

Кількість обертів вала III:

$$\omega_{III} = \omega_{IV} \cdot U_{III...IV} = 1,826 \cdot 2,167 = 3,956(\text{рад} / \text{с}).$$

Крутний момент буде:

$$T_{III} = \frac{N_{III} \cdot 1000}{\omega_{III}} = \frac{0,288 \cdot 1000}{3,956} = 72,8(\text{Н} \cdot \text{м}).$$

Передана потужність передачею на валу II:

$$N_{II} = \frac{N_{III}}{\eta_{ц.ред}} = \frac{0,288}{0,7} = 0,411(\text{кВт}).$$

Частота обертання вала II:

$$\omega_{II} = \omega_{III} \cdot U_{II...III} = 3,956 \cdot 20 = 79,11(\text{рад} / \text{с}).$$

Крутний момент становитиме:

$$T_{II} = \frac{N_{II} \cdot 1000}{\omega_{II}} = \frac{0,411 \cdot 1000}{79,11} = 5,2(\text{Н} \cdot \text{м}).$$

Передана потужність передачею, що на валу I:

$$N_I = \frac{N_{II}}{\eta_{н.п.}} = \frac{0,411}{0,8} = 0,514(\text{кВт})$$

Кількість обертання вала I:

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

$$\omega_I = \omega_{II} \cdot U_{I...II} = 79,11 \cdot 1,906 = 150,8(\text{рад} / \text{с}).$$

Крутний момент за таких умов:

$$T_I = \frac{N_I \cdot 1000}{\omega_I} = \frac{0,514 \cdot 1000}{150,796} = 3,41(\text{Н} \cdot \text{м}).$$

З урахуванням можливих динамічних навантажень та перевантажень у процесі роботи обираємо електродвигун типу 71В4 із такими технічними характеристиками:

- потужність двигуна: $N_{e.дв} = 0,75(\text{кВт})$
- число обертів: $n_{e.дв} = 1440(\text{об} / \text{хв})$

2.4. Розроблення і розрахунок основних вузлів розливочно-закупорювальної машини марки ВДР-6А та кінематичних передач

2.4.1. Розрахунок циліндричної передачі приводу каруселі машини марки ВДР-6А

Потужність на ведучому валу становить $P_1 = 0,192$ кВт при кутовій швидкості 1,309 рад/с. Передаточне число передачі $U = 3$, передача працює в нереверсивному режимі. Характер навантаження — середній нормальний, при цьому допускаються короткочасні перевантаження до 200% від номінального значення. Розрахунковий ресурс передачі становить $h = 22000$ год.

Параметри навантаження зубчастої передачі.

Номінальний крутний момент на ведучому валу визначається за залежністю:

$$T_{31} = T_{1H} = T_{1F} = \frac{P_1}{\omega_{31}}$$

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

$$T_{31} = \frac{P_1}{\omega_{31}} = \frac{0,192}{1,309} = 0,147 (H \cdot m) \quad T_{31} = T_{1H}$$

При короткочасному перевантаженні, що становить до 200% від номінального режиму, максимальний крутний момент на ведучому валу визначається як:

$$T_{1\max} = 1,5 \cdot 0,147 = 0,22 (H \cdot m).$$

Кутова швидкість веденого вала визначається відповідно до передаточного числа передачі за залежністю:

$$\omega_{32} = \omega_{VI} = 0,436 (rad/c)$$

Кількість циклів навантаження зубців шестерні та зубчастого колеса за весь період експлуатації передачі визначається за залежністю:

$$N_{\Sigma 1} = 1800 \cdot \omega_{31} \cdot \frac{h}{\pi} = 1,65 \cdot 10^7$$

$$N_{\Sigma 2} = 1800 \cdot \omega_{32} \cdot \frac{h}{\pi} = 5,5 \cdot 10^6$$

Еквівалентні значення кількості циклів навантаження зубців шестерні та зубчастого колеса, що використовуються при розрахунках на контактну витривалість і на втому при згині, визначаються з урахуванням коефіцієнтів інтенсивності навантаження та режиму роботи СН:

$$N_{HE1} = K_{HE} \cdot N_{\Sigma 1} = 0,18 \cdot 1,65 \cdot 10^7 = 2,97 \cdot 10^6$$

$$N_{HE2} = K_{HE} \cdot N_{\Sigma 2} = 0,18 \cdot 5,5 \cdot 10^6 = 9,9 \cdot 10^5$$

$$N_{FE1} = K_{FE} \cdot N_{\Sigma 1} = 0,07 \cdot 1,65 \cdot 10^7 = 1,15 \cdot 10^6$$

$$N_{FE2} = K_{FE} \cdot N_{\Sigma 2} = 0,07 \cdot 5,5 \cdot 10^6 = 3,85 \cdot 10^5$$

Для виготовлення шестерні та зубчастого колеса доцільно застосувати відносно недорогою леговану конструкційну сталь 40Х із подальшою термічною обробкою у вигляді поліпшення [7]. Відповідно до рекомендацій [8], приймаємо такі вихідні дані:

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

для шестерні твердість зубів $H_1=280(HB)$, $\sigma_{B1} = 900(MПа)$
 $\sigma_{T1} = 750(MПа)$

для колеса твердість поверхні зубів $H_2=245(HB)$, $\sigma_{B2} = 790(MПа)$
 $\sigma_{T2} = 750(MПа)$

Визначаємо допустимі напруження для розрахунку зубчастої передачі
 а) допустимі контактні напруження.

Границі контактної витривалості зубців шестерні та зубчастого колеса [7]
 приймаємо у вигляді:

$$\sigma_{H \lim b1} = 2 \cdot H_1 + 70 = 2 \cdot 280 + 70 = 630(MПа);$$

$$\sigma_{H \lim b2} = 2 \cdot H_2 + 70 = 2 \cdot 245 + 70 = 560(MПа).$$

Базову кількість випробувальних циклів для матеріалу шестерні та
 зубчастого колеса визначаємо за залежністю:

$$N_{H01} = 30 \cdot H_1^{2,4} = 30 \cdot 280^{2,4} = 2,24 \cdot 10^7;$$

$$N_{H02} = 30 \cdot H_2^{2,4} = 30 \cdot 245^{2,4} = 1,626 \cdot 10^7.$$

Так як $N_{H01} < N_{HE1}$ і $N_{H02} < N_{HE2}$, то коеф. довговічності для зубів
 шестерні та колеса становитиме $K_{HL} = 1$

Допустимі контактні напруження для зубців шестерні та зубчастого колеса
 при коефіцієнті (відповідному заданій шорсткості поверхонь зубців $R_a =$
 $1,25 \dots 0,63$) та коефіцієнті запасу міцності $s_H = 1,1$) визначаються за такими
 залежностями:

$$[\sigma]_{H1} = \sigma_{H \lim b1} \cdot Z_R \cdot \frac{K_{HL}}{s_H} = 630 \cdot 1 \cdot \frac{1}{1,1} = 572,7(MПа);$$

$$[\sigma]_{H2} = \sigma_{H \lim b2} \cdot Z_R \cdot \frac{K_{HL}}{s_H} = 560 \cdot 1 \cdot \frac{1}{1,1} = 509,1(MПа).$$

Для зубців зубчастої передачі розрахункове допустиме контактне
 напруження визначається як:

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

$$[\sigma]_H = 0,45 \cdot ([\sigma]_{H1} + [\sigma]_{H2}) = 0,45 \cdot (572,7 + 509,1) = 486,8(\text{МПа}).$$

Допустиме граничне значення контактного напруження визначається як:

$$[\sigma]_{H \max} = 2,8 \cdot \sigma_{T2} = 2,8 \cdot 640 = 1,79 \cdot 10^3(\text{МПа}).$$

б) Допустимі напруження при згині.

Границі втомної міцності зубців на згин для відповідних баз випробувань визначаються як

$$N_{F0} = 4 \cdot 10^6 [7]$$

$$\sigma_{F \lim b1} = 1,8 \cdot H_1 = 1,8 \cdot 280 = 504(\text{МПа})$$

$$\sigma_{F \lim b2} = 1,8 \cdot H_2 = 1,8 \cdot 245 = 441(\text{МПа})$$

Так як $N_{F0} < N_{FE1}$ та $N_{F0} < N_{FE2}$, це коефіцієнти довговічності для зубів шестерні та колеса то $K_{FL} = 1$.

Допустиме напруження на згин для зубів шестерні і колеса при значенні коефіцієнта $K_{Fc} = 1$ та значенні коефіцієнта запасу $s_F = 2,2$ визначимо за формулами:

$$[\sigma]_{F1} = \sigma_{F \lim b1} \cdot K_{Fc} \cdot \frac{K_{FL}}{s_F} = 504 \cdot 1 \cdot \frac{1}{2,2} = 229,1(\text{МПа});$$

$$[\sigma]_{F2} = \sigma_{F \lim b2} \cdot K_{Fc} \cdot \frac{K_{FL}}{s_F} = 441 \cdot 1 \cdot \frac{1}{2,2} = 200,4(\text{МПа}).$$

Для зубців шестерні та зубчастого колеса гранично допустиме напруження при згині визначається за залежністю:

$$[\sigma]_{F1 \max} = 4,8 \cdot \frac{H_1}{s_F} = 4,8 \cdot \frac{280}{2,2} = 610,9(\text{МПа});$$

$$[\sigma]_{F2 \max} = 4,8 \cdot \frac{H_2}{s_F} = 4,8 \cdot \frac{245}{2,2} = 534,5(\text{МПа}).$$

Визначимо геометричні параметри зубчастої передачі.

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

Для розрахунку попередньо візьмемо коефіцієнт ширини для вінця $\psi_{\text{вв}}=0,40$ та, відповідно, візьмемо коефіцієнт ширини для вінця $\psi_{\text{вд}} = 0,5 \cdot \psi_{\text{вв}} \cdot (U_{\text{зб}} + 1)$:

$$\psi_{\text{вд}} = 0,5 \cdot 0,40 \cdot (3 + 1) = 0,8$$

За графічними залежностями, з урахуванням симетричного розташування зубчастих коліс відносно опор валів та твердості матеріалу ($H < 350$), визначаємо коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження по ширині зубчастих вінців. Додатково приймаємо допоміжний коефіцієнт для сталевих зубчастих коліс. Мінімально допустима міжосьова відстань передачі визначається за залежністю:

$$a_{\text{wmin}} = K_a \cdot (U_{\text{зб}} + 1) \cdot \sqrt{\frac{(T_{1\text{н}} \cdot K_{H\beta})}{U_{\text{зб}} \cdot \psi_{\text{вв}} \cdot [\sigma]_H^2}} =$$

$$= 430 \cdot (3 + 1) \cdot \sqrt{\frac{(0,147 \cdot 1,07)}{3 \cdot 0,40 \cdot 486}} = 317,02(\text{мм})$$

Обиремо фактичну міжосьову відстань: $a_w = 320(\text{мм})$

Число зубців колеса становитиме $Z_1 = 53$, а число зубців відповідної шестерні:

$$Z_2 = U_{\text{зб}} \cdot Z_1 = 3 \cdot 53 = 159$$

Обиремо значення $Z_2 = 159$, за таких умов фактичне передаточне число буде:

$$U_{\text{зб}} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{159}{53} = 3 \qquad U_2 = U_{\text{зб}}$$

Модуль зубів відповідно:

$$m'_n = \frac{2 \cdot a_w}{z_1 + z_2} = \frac{2 \cdot 320}{53 + 159} = 3,019(\text{мм})$$

Стандартне значення нормального модуля зубців приймаємо ($m = 3$) мм.

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

Попередньо визначені параметри зубчастої передачі.

Ділильні діаметри шестерні та зубчастого колеса становитимуть:

$$d_1 = m_n \cdot z_1 = 3 \cdot 53 = 159(\text{мм});$$

$$d_2 = m_n \cdot z_2 = 3 \cdot 159 = 477(\text{мм}).$$

Визначимо ширину зубчастих вінців:

$$b_2 = \psi_{ba} \cdot a_w = 0,40 \cdot 320 = 128(\text{мм});$$

$$b_1 = b_2 + 2 = 128 + 2 = 130(\text{мм}).$$

кутова швидкість зубчастих коліс буде становити:

$$V = 0,5 \cdot \omega_{31} \cdot d \cdot 10^{-3} = 0,5 \cdot 1,309 \cdot 159 \cdot 10^{-3} = 0,104(\text{м/с}).$$

Відповідно до вихідних даних приймаємо восьмий ступінь точності виготовлення ($\text{пст} = 8$) для всіх параметрів точності зубчастих коліс і передачі.

Еквівалентні числа зубців шестерні та зубчастого колеса визначаються як:

Коефіцієнт осьового перекриття зубів становить: $\varepsilon_\beta = 0$

коефіцієнт торцевого перекриття [11].

$$\varepsilon_\alpha = \left[1,88 - 3,2 \cdot \left(\frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} \right) \right] = \left[1,88 - 3,2 \cdot \left(\frac{1}{53} + \frac{1}{159} \right) \right] = 1,799,$$

кутова сила у зачепленні даних зубчастих коліс:

$$F_t = \frac{2 \cdot T_{31} \cdot 1000}{d_1} = \frac{2 \cdot 0,147 \cdot 1000}{159} = 1,845(\text{Н}) \quad F_{Ht} = F_t \quad F_{Ft} = F_t$$

Визначимо основні параметрів зубчастої передачі

Розміри елементів зубів:

висота ніжки зуба $h_a = m_n = 3(\text{мм});$

висота зубця $h_f = 1,25 \cdot m_n = 1,25 \cdot 3 = 3,75(\text{мм});$

$$h = 2,25 \cdot m_n = 2,25 \cdot 3 = 6,75(\text{мм});$$

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

радіальний зазор між зубами:

$$c = 0,25 \cdot m_n = 0,25 \cdot 3 = 3,75(\text{мм});$$

кут профілю зубів:

$$\alpha_n = 20 \cdot \frac{\pi}{180} = 35^\circ.$$

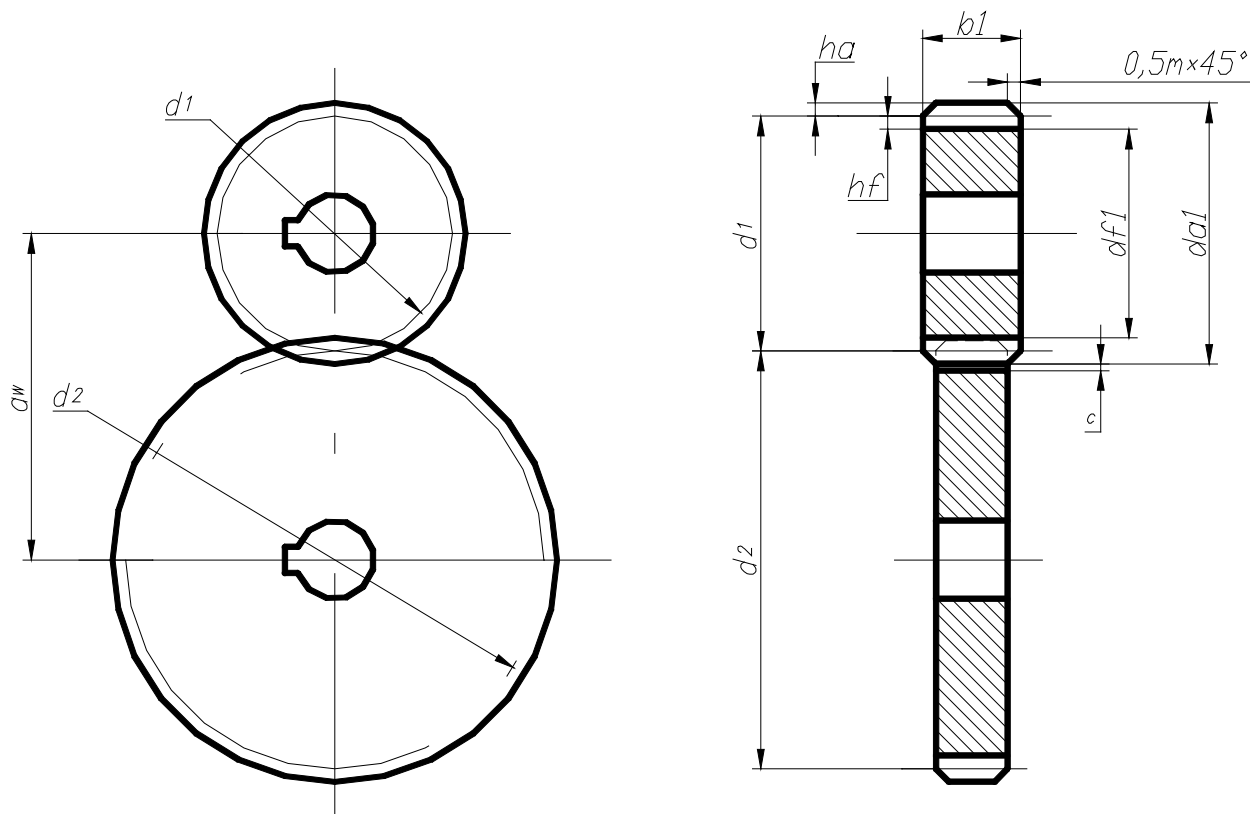


Рисунок 2.4. Розрахункова схема зубчатої передачі приводу карусельного вузла розливного автомата

Розміри вінців коліс:

ділительні діаметри зубчастих коліс: $d_1 = 159(\text{мм})$ $d_2 = 477(\text{мм})$;

ширини вінців: $b_1 = 130(\text{мм})$ $b_2 = 128(\text{мм})$;

Діаметри вершин зубів:

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m_n = 159 \cdot 2 \cdot 3 = 165(\text{мм});$$

$$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m_n = 477 \cdot 2 \cdot 3 = 483(\text{мм}).$$

Діаметри впадин між зубами:

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

$$d_{f1} = d_1 - 2,5 \cdot m_n = 159 - 2,5 \cdot 3 = 151,5(мм);$$

$$d_{f2} = d_2 - 2,5 \cdot m_n = 477 - 2,5 \cdot 3 = 469,5(мм).$$

Міжосьова віддаль даної передачі:

$$a_w = 0,5 \cdot m_n \cdot (r_1 + r_2) = 0,5 \cdot 3 \cdot (53 + 159) = 318(мм).$$

Проведемо визначення основних поверхонь зубів на їх контактну втому.

Попередньо визначимо наступні коефіцієнти:

- Коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалів зубчастих коліс: $z_M = 275(МПа)$.

Коефіцієнт форми спряжених поверхонь зубців приймається рівним $z_H = 1,77$.

Коефіцієнт, що характеризує сумарну довжину ліній контакту в зачепленні, визначається як:

$$z_\varepsilon = \sqrt{\frac{4 - \varepsilon_\alpha}{3}} = \sqrt{\frac{4 - 1,799}{3}} = 0,856.$$

Коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження між окремими зубцями, визначається як:

$$K_{H\alpha} = 1,07;$$

$$K_{H\beta} = 1,07.$$

Коефіцієнт, що враховує додаткові динамічні навантаження, які виникають у процесі роботи зубчастої передачі, приймається як: $K_{Hv} = 1,03$.

Питома розрахункова окружна (колова) сила визначається як:

$$w_{Ht} = \frac{F_{Ht}}{b_2} \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{Hv} = \frac{1,845}{128} \cdot 0,07 \cdot 1,07 \cdot 1,03 = 0,017(Н / мм).$$

Розрахункове контактне напруження в зубцях визначається за залежністю:

$$\sigma_H = z_M \cdot z_H \cdot z_\varepsilon \cdot \sqrt{\frac{w_{Ht}}{d_1} \cdot \frac{U_{3\beta} + 1}{U_{3\beta}}} = 275 \cdot 1,77 \cdot 0,856 \cdot \sqrt{\frac{0,017}{159} \cdot \frac{3 + 1}{3}} = 4,977(МПа)$$

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

Отримані значення напружень є нижчими за допустимі. Це свідчить про те, що умови роботи передачі є безпечними, а опір зубців проти втомного (контактного) викришування є достатнім і забезпечується на всьому розрахунковому ресурсі.

$$\sigma_{H \max} = \sigma_H \cdot \sqrt{\frac{T_{1\max}}{T_{1H}}} = 4,98 \cdot \sqrt{\frac{0,22}{0,147}} = 6,095(\text{МПа})$$

Далі виконаємо розрахунок зубів на втому при згині.

Розрахункові значення коефіцієнтів приймаються такими:

Коефіцієнти форми зубців визначаються як: $Y_{F1} = 4,01$, $Y_{F2} = 3,61$

Коефіцієнт перекриття зубців приймається рівним: $Y_\varepsilon = 1$

Коефіцієнт нахилу зубців буде: $Y_\beta = 1$

Коефіцієнт, що враховує розподіл сили навантаження між зубами становить:

$$K_{F\alpha} = \frac{[4 + (\varepsilon_\alpha - 1) \cdot (n_{cm} - 5)]}{4 \cdot \varepsilon_\alpha} = \frac{[4 + (1,799 - 1) \cdot (8 - 5)]}{4 \cdot 1,799} = 0,889.$$

Коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження по ширині зубчастих вінців, приймається як:

$$K_{F\beta} = 1,12$$

Коефіцієнт, що характеризує динамічне навантаження $K_{Fv} = 1,10$.

Питоме колове зусилля:

$$w_{Ft} = \frac{F_{Ft}}{b_2} \cdot K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{Fv} = \frac{0,889}{128} \cdot 0,889 \cdot 1,12 \cdot 1,10 = 0,016(\text{Н} / \text{мм}).$$

Розрахункове напруження при згині у зубцях шестерні та зубчастого колеса визначається за залежністю:

$$\sigma_{F1} = Y_{F1} \cdot Y_\varepsilon \cdot Y_\beta \cdot \frac{w_{Ft}}{m_n} = 3,61 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{0,016}{3} = 0,019(\text{МПа})$$

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

Стійкість зубців до втомного руйнування при згині вважається забезпеченою, оскільки розрахункові значення згинальних напружень є нижчими за відповідні допустимі величини.

Далі виконуємо розрахунок шпонкового з'єднання між валом та зубчастим колесом приводу каруселі закупорювання.

Відповідно до ГОСТ 23360-78 (табл. 3.12 [6]) для з'єднання вала зі шківом приймаємо шпонку розміром 8×6×40 мм.

Напруження зминання на бічних поверхнях шпонки визначається за залежністю:

$$\sigma_{зм} = \frac{4,4 \cdot T}{d \cdot (h - t) \cdot l_p} = \frac{4,4 \cdot 11,6 \cdot 10^3}{50 \cdot (8 - 6) \cdot 40} = 12,8 \frac{H}{мм^2} < [\sigma_{зм}] = 100 \frac{H}{мм^2}.$$

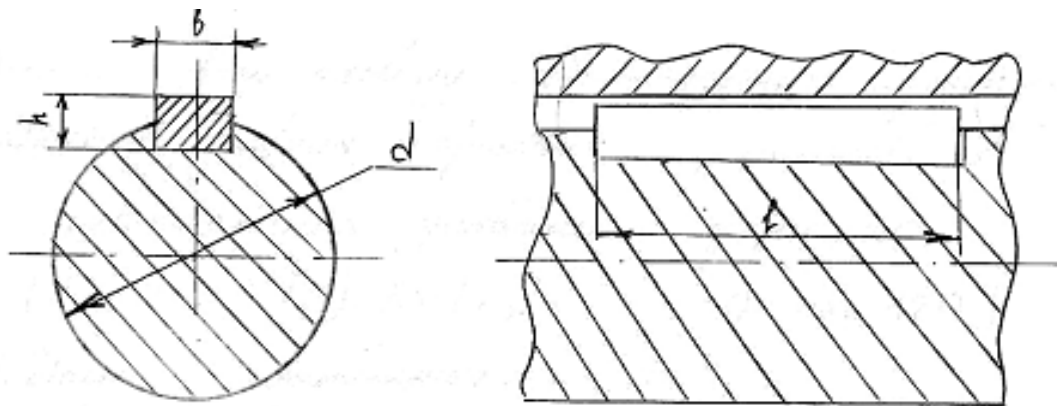


Рисунок 2.5. Розрахункова схема шпоночного з'єднання

Напруження зминання бокових граней шпонки:

$$[\sigma_{зм}] - \text{значення допустимих напружень на зминання, } [\sigma_{зм}] = 100 \frac{H}{мм^2}.$$

Переходимо до розрахунку пасової передачі привода фасувально-закупорювальної машини ВДР-6А.

1. Швидкість руху паса (v) визначається за залежністю:

$$v = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{60 \cdot 1000} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 1440}{60 \cdot 1000} = 6,7 \frac{м}{с};$$

2. Орієнтовне значення міжосьової віддалі:

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

$$l = kD_2,$$

де k – коефіцієнт, $k = 1,35$.

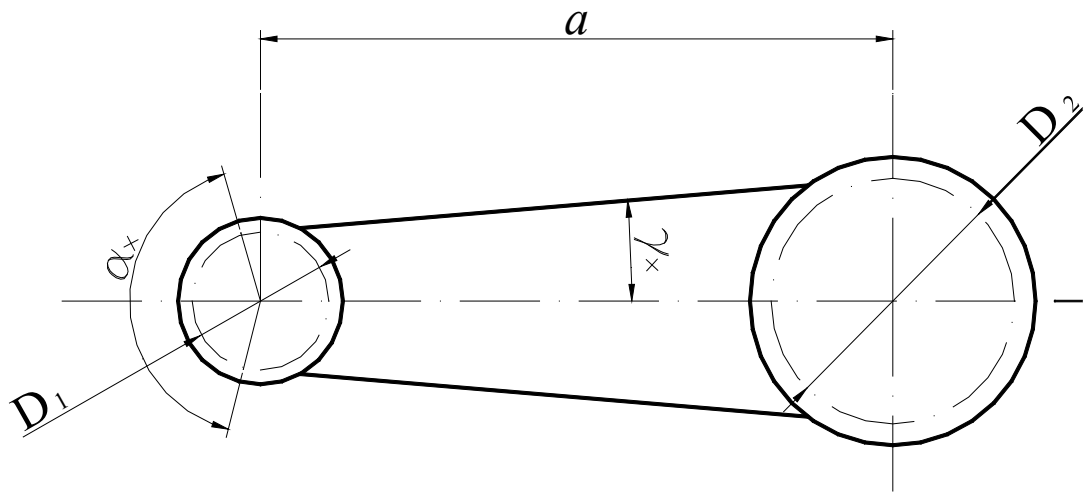


Рисунок 2.6. Схема передачі

Тоді мінімально допустима міжосьова відстань визначається за залежністю:

$$l = 1,35 \cdot 195 = 264 \text{ мм.}$$

Фактична (прийнята) міжосьова відстань становить ($l = 385$) мм

3. Кут обхвату визначається за залежністю:

$$\alpha = 180^\circ - 60^\circ \cdot \left(\frac{D_1 - D_2}{l} \right) = 180^\circ - 60^\circ \cdot \left(\frac{195 - 90}{385} \right) = 164^\circ.$$

4. Потужність, що передається одним пасом:

$$N_0 = \frac{N}{k_1 \cdot k_2 \cdot z}.$$

де N – потужність передачі, кВт ;

k_1 – коефіцієнт від кута обхвату;

k_2 – коефіцієнт характеру навантаження та режиму роботи передачі;

z – число пасів.

$$k_1 = 0,98.$$

$$k_2 = 0,92.$$

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

Підставимо:

$$N_0 = \frac{N}{k_1 \cdot k_2 \cdot z} = \frac{0,75}{0,98 \cdot 0,92 \cdot 1} = 0,83 \text{ кВт.}$$

2.4.2. Розрахунок вала червячного редуктора приводу розливочно-закупорювальної машини

Розрахуємо діаметр вала червячного редуктора (№1 на кінематичній схемі) в небезпечному перерізі та імовірність безвідмовної роботи.

Сила, яка передається від пасової передачі: $Q = 300 \text{ Н}$, крутний момент валу становить $T = 3,41 \text{ Нм}$; матеріал валу – сталь 40. Параметри геометрії вала представлені на рисунку 2.7.

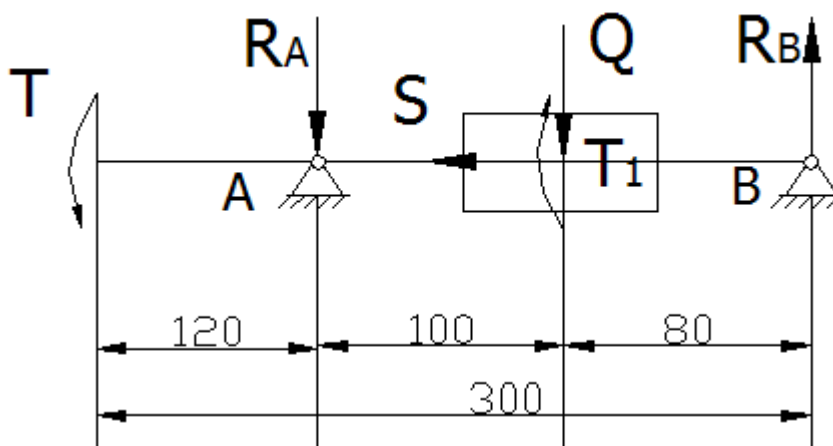


Рисунок 2.7. Розрахункова схема вала

Визначимо реакції опор.

Складаємо рівняння моментів відносно опорних точок А і В для визначення реакцій та подальшого розрахунку навантажень на вал.

$$\sum M_A = 0,18R_2 - 0,1Q = 0;$$

$$\sum M_B = 0,18R_1 - 0,08Q = 0$$

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

Реакції опор:

$$R_A = \frac{0,08Q}{0,18} = \frac{0,08 \cdot 300}{0,18} = 134H;$$

$$R_B = \frac{0,28Q}{0,18} = \frac{0,1 \cdot 300}{0,18} = 167H;$$

Виконуємо епюри згинальних та крутних моментів для даного вала (0рис. 2.8.

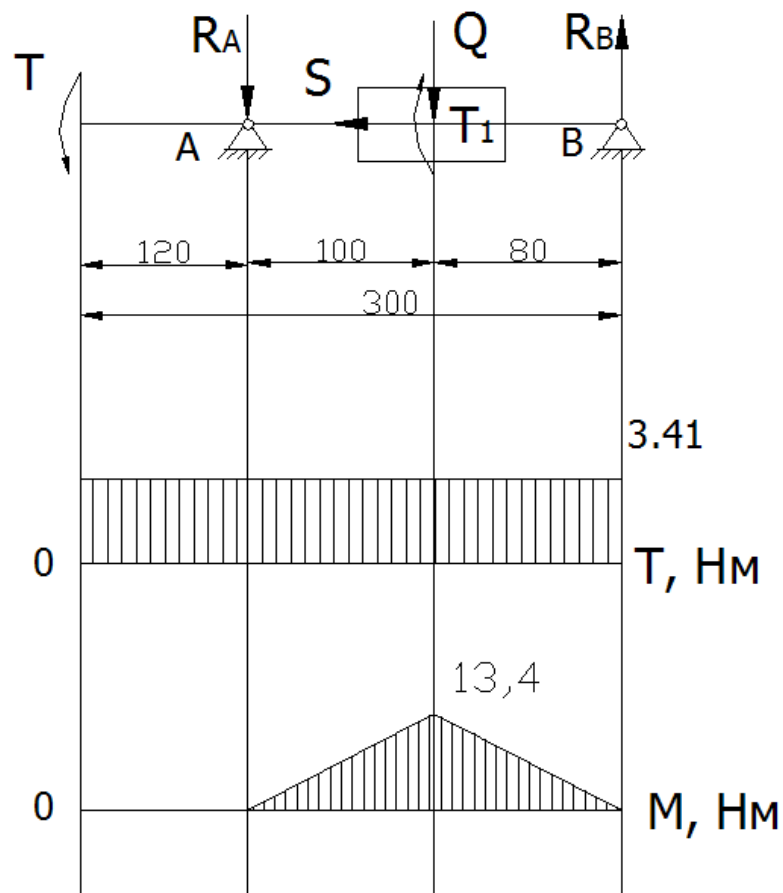


Рисунок 2.8. Епюри згинальних і крутних моментів

Із розгляду розрахункової схеми видно, що найбільш навантаженим є переріз В вала.

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

Розрахунковий згинальний момент, що діє в цьому небезпечному перерізі, визначається за залежністю:

$$M_p = \sqrt{M^2 + (\alpha \cdot T)^2} = \sqrt{(13,4)^2 + (0,59 \cdot 3,41)^2} = 13,5 \text{ Нм}.$$

де α - коефіцієнт $\alpha = 0,59$.

Для сталі 40 $\sigma_{\text{тим}} = 400 \text{ Н / мм}^2$, за таких умов допустиме напруження знайдемо за формулою:

$$[\sigma] = \frac{0,33 \cdot \sigma_{\text{тим}}}{3,8} = \frac{0,33 \cdot 400}{3,8} = 34,7 \text{ Н / мм}^2.$$

Розрахуємо діаметр вала у найбільш критичному його перерізі:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_p}{0,1 \cdot [\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{13,5 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 34,7}} = 15,72 \text{ мм}.$$

Приймаємо діаметр вала в небезпечному перерізі ($d = 16$) мм. Решту розмірів вала задаємо конструктивно з урахуванням умов складання та роботи вузла. Зокрема, діаметр посадочного місця під шків пасової передачі приймаємо 20 мм, а під підшипникові опори — 25 мм.

2.3. Висновки до розділу

У даному розділі виконано комплексний аналіз конструкції, кінематики та основних розрахунків фасувально-розливно-закупорювальної машини ВДР-6А.

Досліджено будову та принцип дії установки, встановлено послідовність роботи її функціональних вузлів, що забезпечують дозування сиропу, розлив газованої води та закупорювання пляшок у безперервному режимі. Розглянуто структурну та кінематичну схеми машини, визначено характер передачі руху

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

від електродвигуна до робочих органів через систему пасових, зубчастих передач і черв'ячний редуктор.

Виконано розрахунок основних параметрів зубчастої передачі приводу каруселі, визначено допустимі контактні та згинальні напруження, а також проведено перевірку міцності. Отримані результати показали, що розрахункові напруження не перевищують допустимих значень, що підтверджує достатню несучу здатність і працездатність передачі в заданих умовах експлуатації.

Також виконано розрахунок пасової передачі, шпонкового з'єднання та вала приводу, визначено основні геометричні параметри та перевірено міцність небезпечного перерізу вала. Показано, що прийняті конструктивні рішення забезпечують необхідний запас міцності та надійну роботу приводу.

У цілому результати розрахунків підтверджують обґрунтованість вибраної конструктивної схеми машини ВДР-6А та її придатність до роботи в заданих технологічних режимах

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

3. Заходи з монтажу, експлуатації та технічного обслуговування машини марки ВДР-6А

3.1 Заходи з монтаж машини марки ВДР-6А

Розливно-закупорювальна машина ВДР-6А монтується у складі технологічної лінії виробництва безалкогольних напоїв після пляшкомийної машини та перед автоматом приготування або змішування напоїв. Взаємодія між окремими одиницями обладнання забезпечується системою транспортерів для переміщення пляшок, що дозволяє реалізувати безперервний технологічний процес. Правильне розташування машини в структурі виробничої лінії має важливе значення для забезпечення стабільності подачі тари, синхронізації операцій і зменшення простоїв обладнання.

Перед початком монтажних робіт машина після розпакування підлягає ретельному зовнішньому огляду. На цьому етапі перевіряють комплектність поставки, відповідність вузлів супровідній документації, а також відсутність механічних пошкоджень, які могли виникнути під час транспортування або навантажувально-розвантажувальних операцій. Особливу увагу приділяють стану приводних механізмів, електрообладнання, трубопроводів, ущільнювальних елементів і захисних огорожень. У разі виявлення дефектів їх усунення повинно бути виконане до початку монтажу.

Установлення машини рекомендується здійснювати у виробничому приміщенні, відокремленому від ділянки миття тари. Таке компонування дозволяє зменшити вплив підвищеної вологості, аерозолів та мийних розчинів на роботу електромеханічних вузлів і сприяє дотриманню санітарно-гігієнічних вимог.

.

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Бартух К.В.			3. Заходи з монтажу, експлуатації та технічного обслуговування машини марки ВДР-6А	Літ.		Арк.	Акрушів
Перевір.		Деркач А.В.							
Н. контр.		Кравець О.І.				ТНТУ, ФМТ, МО-41			
Затверд.		Пилипець О.М.							

Для запобігання тепловим втратам та конденсації вологи трубопроводи фасованих рідин необхідно теплоізолювати. Їх внутрішній переріз по всій довжині має відповідати діаметрам приєднувальних патрубків машини, що забезпечує стабільність подачі рідин і рівномірність технологічного процесу.

Транспортування, переміщення та встановлення машини й окремих її вузлів під час монтажу повинні виконуватись відповідно до схем стропування, наведених у технічній документації. Недотримання рекомендованих способів підйому може призвести до перекосів конструкції, пошкодження вузлів або порушення заводського регулювання. Монтажні роботи необхідно проводити із застосуванням вантажопідіймальних механізмів відповідної вантажопідйомності та з дотриманням вимог техніки безпеки.

Монтаж машини виконується поетапно. Спочатку на бетонній фундаментній основі встановлюють основні складові частини обладнання. Для цього у фундаментні рами вгвинчують регульовальні опорні гвинти, під які підкладають опорні п'яти. Після попереднього встановлення здійснюють вивірку положення вузлів у горизонтальній площині за допомогою рівня, а також погоджують їх взаємне висотне розташування. Точність установлення має важливе значення для забезпечення нормальної роботи роторних вузлів, зменшення динамічних навантажень і запобігання передчасному зношуванню механізмів.

Після завершення центрування окремі частини машини з'єднують болтовими з'єднаннями. Далі встановлюють демонтований при транспортуванні бункер закупорювального вузла, монтують шарнірні осі шнеків, захисні огороження, карданні вали черв'ячних редукторів та їх захисні кожухи. Після цього виконують монтаж трубопровідної системи та під'єднання магістралей подачі сиропу, газованої води, вуглекислого газу, стисненого повітря й електроенергії. Особливу увагу приділяють герметичності з'єднань, оскільки витoki рідини або газу можуть призводити до нестабільності технологічного процесу та підвищення експлуатаційних витрат.

Після завершення механічного монтажу всі поверхні деталей, які на заводі-виробнику були покриті консерваційним мастилом, необхідно очистити, промити теплою водою або спеціальними мийними засобами та ретельно висушити. Далі проводять змащування вузлів машини відповідно до карти мащення, використовуючи рекомендовані марки мастильних матеріалів. Правильне змащування забезпечує зниження тертя, зменшення зношування деталей і підвищення ресурсу роботи механізмів.

Підключення електрообладнання здійснюється відповідно до електричних схем. Захисно-пускова апаратура електродвигуна, а також джерела живлення кіл керування і сигналізації розміщуються в електрошафі виробничої лінії. Електродвигун машини працює від трифазної мережі змінного струму напругою 380 В і частотою 50 Гц. Кола керування та сигналізації повинні живитися безпечною напругою не більше 42 В. Обов'язковою умовою безпечної експлуатації є надійне заземлення машини шляхом приєднання її металевих частин до внутрішньоцехового контуру заземлення. Підключення штепсельних роз'ємів і силових кіл здійснюється згідно зі схемою електричних з'єднань, наведеною в технічній документації.

Необхідно враховувати, що машина проходить заводські випробування та постачається споживачу у відрегульованому стані. У зв'язку з цим під час монтажу не допускається безпідставне втручання в заводські налаштування механізмів, оскільки це може негативно вплинути на точність роботи обладнання та його надійність.

Після завершення монтажу проводять пробний пуск машини спочатку на холостому ході, а потім під робочим навантаженням. Під час холостого випробування перевіряють правильність підключення електроживлення, магістралей подачі газу, рідин і стисненого повітря, а також працездатність механізмів пуску та зупинки. Додатково оцінюють плавність роботи приводів, відсутність сторонніх шумів, вібрацій і узгодженість взаємодії окремих вузлів.

Випробування під навантаженням проводять із використанням тари та продукту. На цьому етапі контролюють герметичність гідравлічної й

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

пневматичної систем, стабільність подачі сиропу та газованої води, точність дозування і безперебійність роботи закупорювального механізму. Точність наповнення перевіряють шляхом вимірювання фактичного рівня рідини в серії контрольних пляшок, при цьому відхилення не повинні перевищувати значень, установлених нормативною документацією.

Якість закупорювання визначають методом перевірки герметичності. Для цього заповнену та закупорену пляшку занурюють у воду з температурою близько 50 °С і витримують не менше п'яти хвилин. Відсутність виділення бульбашок газу свідчить про герметичність закупорювання та правильну роботу вузла обтискання кроненпробок. Лише після успішного завершення всіх перевірок машина допускається до експлуатації у складі виробничої лінії.

3.2. Введення в експлуатацію машини ВДР-6А

Пуск розливно-закупорювальної машини ВДР-6А є важливою технологічною операцією, від якої значною мірою залежать надійність функціонування обладнання, стабільність параметрів розливу та безпечність подальшої експлуатації. Уведення машини в робочий режим допускається лише після завершення монтажу, перевірки справності всіх вузлів і підключення необхідних інженерних комунікацій.

Перед початком роботи виконують контрольний огляд обладнання. На цьому етапі перевіряють цілісність механізмів, надійність кріплення деталей, стан електричних кабелів, трубопроводів і пневматичних магістралей. Додатково контролюють відсутність сторонніх предметів у робочих зонах, а також легкість обертання рухомих елементів приводу та роторних вузлів. Наявність стороннього шуму, перекосів або заклинювань свідчить про необхідність додаткового регулювання чи усунення несправностей.

До запуску обладнання перевіряють систему мащення. Рівень мастила у редукторах, підшипникових опорах та інших вузлах тертя повинен відповідати нормативним значенням. Також здійснюють контроль натягу приводних пасів,

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

стану зубчастих передач і правильності встановлення карданних валів. Своєчасне змащування та перевірка приводних елементів дозволяють зменшити динамічні навантаження і запобігти прискореному зношуванню деталей.

Наступним етапом є підключення машини до виробничих комунікацій. Обладнання приєднують до систем електроживлення, подачі сиропу, газованої води, вуглекислого газу та стисненого повітря. При цьому перевіряють герметичність усіх трубопровідних з'єднань і працездатність запірно-регулювальної арматури. Параметри тиску в системах подачі рідин і газу повинні відповідати встановленим технологічним вимогам, оскільки їх коливання можуть негативно впливати на точність дозування та якість закупорювання тари.

Перед введенням машини в роботу проводять санітарну підготовку внутрішніх поверхонь, що контактують із продуктом. Резервуари, трубопроводи, дозувальні пристрої та розливні головки промивають і дезінфікують відповідно до вимог харчового виробництва. Після санітарної обробки систему ретельно промивають чистою водою до повного видалення залишків мийних засобів.

Запуск обладнання здійснюється послідовно. Спочатку вмикають головний привід машини та перевіряють правильність обертання роторів, транспортерів і шнекових механізмів. Далі активують допоміжні системи — подачу стисненого повітря, циркуляцію газованої води та подачу сиропу. Після стабілізації роботи систем у машину подають порожні пляшки для перевірки синхронності роботи транспортуючих і виконавчих механізмів.

На початковому етапі експлуатації машину доцільно запускати на зменшеній швидкості. Це дає можливість проконтролювати правильність взаємодії вузлів, виявити можливі перебої в подачі тари або кроненпробок, а також перевірити стабільність процесу наповнення пляшок. Після усунення можливих недоліків обладнання переводять у номінальний режим роботи.

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

Під час пробної експлуатації здійснюють контроль рівня наповнення тари, точності дозування сиропу та стабільності роботи розливного вузла. Відхилення фактичного рівня рідини можуть бути пов'язані з нестабільністю тиску, неправильним регулюванням дозаторів або частковим засміченням трубопроводів. Одночасно контролюють роботу приводної системи, рівень вібрацій і температуру підшипникових вузлів.

Окремо перевіряють функціонування закупорювального механізму. Подача кроненпробок повинна відбуватися без затримок, а зусилля обтискання має забезпечувати герметичне закриття пляшок. Якість закупорювання оцінюють шляхом вибіркової перевірки готової продукції, зокрема методом витримування закупорених пляшок у нагрітій воді для контролю відсутності витоку газу.

Після досягнення стабільного технологічного режиму виконують остаточне регулювання машини та оцінюють її фактичну продуктивність. Контролюють відповідність основних параметрів роботи паспортним характеристикам і визначають готовність обладнання до тривалої експлуатації у складі виробничої лінії.

Отже, правильне введення машини ВДР-6А в експлуатацію забезпечує надійну роботу приводних і технологічних вузлів, стабільність процесів дозування та закупорювання, зменшує ризик виникнення несправностей і сприяє підвищенню якості готової продукції.

3.3. Експлуатація і технічне обслуговування машини марки ВДР-6А

Надійність та ефективність роботи фасувально-закупорювальної машини ВДР-6А визначаються не лише її конструкцією, а й тим, наскільки правильно організована експлуатація та своєчасно виконується технічне обслуговування. Дотримання встановлених режимів роботи та регламентних процедур дозволяє забезпечити стабільність технологічного процесу, подовжити ресурс вузлів і зменшити витрати на ремонт та простої обладнання.

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

У процесі експлуатації машина повинна працювати в межах параметрів, визначених технічною документацією. До ключових чинників належать стабільність тиску в системах подачі газованої води та CO₂, рівень сиропу, швидкість транспортування тари, а також узгодженість роботи роторних механізмів. Порушення цих умов може спричиняти відхилення у дозуванні, нестабільність наповнення пляшок, надмірне піноутворення або зниження якості закупорювання.

Під час роботи необхідно регулярно контролювати стан приводної системи. Електродвигун, редуктори, передачі та роторні вузли мають функціонувати рівномірно, без ударних навантажень, підвищеної вібрації чи сторонніх шумів. Ознаки перегріву, нерівномірного ходу або підвищеного опору руху свідчать про можливі несправності, які потребують негайного усунення після зупинки обладнання.

Важливим аспектом є дотримання санітарно-гігієнічних вимог. Усі елементи, що контактують із продуктом, підлягають регулярному очищенню. Після завершення роботи виконують промивання трубопроводів, дозувальних і розливних вузлів, а також резервуарів із використанням води та мийних розчинів. За необхідності проводять додаткову дезінфекцію. Невиконання цих вимог може негативно вплинути на якість продукції та стабільність процесу.

Окремого контролю потребує закупорювальний механізм. Слід забезпечити безперебійну подачу кроненпробок, їх правильну орієнтацію та стабільне зусилля обтискання. Порушення цих параметрів може призвести до втрати герметичності тари або пошкодження закупорювальних елементів. Періодично перевіряють стан копірних механізмів, напрямних і робочих елементів ротора.

Технічне обслуговування машини здійснюється за системою планово-попереджувальних заходів, що передбачає регулярні профілактичні роботи незалежно від поточного стану обладнання. Їх мета полягає у попередженні відмов, зменшенні зношування деталей та підтриманні стабільної працездатності машини.

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

Щозмінне обслуговування включає огляд обладнання, очищення робочих поверхонь, перевірку герметичності з'єднань, контроль електричних контактів і рівня мастильних матеріалів. Після завершення зміни здійснюють очищення від залишків продукту та, за потреби, повторне змащування вузлів тертя.

Періодичне обслуговування є більш поглибленим і передбачає діагностику стану основних механізмів: підшипників, передач, ущільнень, пневматичних і гідравлічних систем. За результатами перевірки виконують регулювання, заміну зношених елементів та відновлення нормальних робочих параметрів.

Особливу роль відіграє система змащування. Використання мастильних матеріалів відповідної якості та їх своєчасне оновлення дозволяє зменшити тертя, запобігти перегріву та подовжити ресурс вузлів. Як недостатнє, так і надмірне змащування може негативно впливати на роботу обладнання.

Необхідно також контролювати стан транспортних і позиціонуючих механізмів. Несправності в роботі шнеків, зірочок або напрямних можуть призводити до порушення подачі тари та втрати синхронізації між окремими вузлами. Регулярна перевірка цих елементів забезпечує безперервність технологічного процесу.

Електрична частина машини потребує систематичного контролю стану проводки, контактів, захисних пристроїв і двигуна. Пошкодження ізоляції або перегрів контактних з'єднань можуть спричинити аварійні ситуації, тому такі дефекти повинні усуватися негайно.

У випадку тривалого простою обладнання проводять його консервацію: очищають внутрішні поверхні, наносять захисні мастила на рухомі елементи та захищають електрообладнання від впливу вологи й пилу. Перед повторним запуском обов'язково виконують огляд і пробний пуск без навантаження.

Таким чином, раціональна експлуатація та системне технічне обслуговування машини ВДР-6А є ключовими умовами її надійної роботи. Вони забезпечують стабільність технологічного процесу, підвищують довговічність обладнання та знижують експлуатаційні витрати.

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

4.1. Аналіз умов праці при обслуговуванні фасувально-закупорювальної машини ВДР-6А

Умови праці персоналу, який обслуговує фасувально-закупорювальну машину ВДР-6А, визначаються специфікою безперервного технологічного процесу розливу безалкогольних напоїв, що включає послідовні операції дозування, наповнення тари та її герметичного закупорювання. Робота обладнання відбувається в інтенсивному режимі за участю великої кількості узгоджено функціонуючих механізмів, що потребує постійного контролю параметрів процесу з боку оператора та створює складні умови виробничого середовища.

Під час експлуатації машини на працівників діє сукупність небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Найбільш значущими серед них є механічні ризики, пов'язані з наявністю рухомих елементів: роторних фасувальних і закупорювальних вузлів, транспортерних систем, шнекових механізмів подачі тари, а також елементів кінематичних передач. У випадку порушення регламенту безпеки або недостатнього захисту робочих зон можливий контакт персоналу з рухомими частинами, що може призвести до травмування.

Електричні небезпеки зумовлені наявністю силових електричних кіл, систем керування та електроприводів. Особливу увагу слід приділяти умовам підвищеної вологості, характерним для ліній розливу, оскільки вони підвищують ймовірність ураження електричним струмом. У зв'язку з цим критично важливими є справний стан ізоляції електрообладнання та надійність системи заземлення.

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Бартух К.В.			4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці				Літ.		Арк.	Акрушів
Консульт.		Кравець О.І.										
Н. контр.		Кравець О.І.			ТНТУ, ФМТ, МО-41							
Затверд.		Пилипець О.М.										

До фізичних шкідливих факторів належать шум і вібрація, що виникають у процесі роботи приводних механізмів, редукторів і роторних систем. Тривала дія підвищеного рівня шуму може спричиняти втому та зниження працездатності персоналу, тоді як вібраційні навантаження негативно впливають на загальний функціональний стан організму при тривалому впливі.

Додатково слід враховувати можливу наявність у повітрі робочої зони аерозолів мийних і дезінфекційних засобів, а також випаровувань технологічних рідин. За недостатньої ефективності вентиляції це може призводити до локального погіршення параметрів повітряного середовища. Також варто відзначити ризик ковзання підлоги через наявність вологи або розливів рідин, що підвищує ймовірність падінь персоналу.

Організація робочих місць операторів повинна забезпечувати оптимальне поєднання зручності керування технологічним процесом і безпечного віддалення від небезпечних зон обладнання. Органи керування розміщуються у межах легкої досяжності, що дозволяє здійснювати контроль без необхідності зайвих рухів або перебування в потенційно небезпечних ділянках. Важливим є також забезпечення достатньої оглядовості всіх ключових зон роботи машини, що сприяє своєчасному виявленню відхилень у процесі.

Ергономічні вимоги передбачають раціональне компонування пультів керування, оптимальну висоту їх встановлення та зручність користування елементами інтерфейсу. Це зменшує фізичне навантаження на оператора та підвищує загальну безпеку роботи. Додатково враховується необхідність підтримання комфортного мікроклімату у виробничому приміщенні, оскільки технологічні процеси можуть супроводжуватися локальним підвищенням температури та вологості.

Освітлення робочої зони повинно забезпечувати достатній рівень видимості без утворення різких тіней або надмірної яскравості, які можуть спричиняти втому зору та зниження концентрації уваги. Недостатнє або

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

нерівномірне освітлення підвищує ймовірність помилкових дій оператора під час виконання технологічних операцій.

Хоча машина ВДР-6А має певний рівень автоматизації, частина операцій, пов'язаних із налагодженням, обслуговуванням і усуненням несправностей, виконується вручну. Саме ці етапи є найбільш критичними з точки зору виробничого травматизму, оскільки передбачають безпосередній доступ до рухомих або енергетично активних вузлів.

Таким чином, умови праці при обслуговуванні машини ВДР-6А характеризуються комплексним впливом механічних, електричних і фізичних факторів, що потребує впровадження системних технічних, організаційних та ергономічних рішень для зниження професійних ризиків і забезпечення безпечної експлуатації обладнання.

4.2. Заходи забезпечення безпеки на підприємствах харчової галузі в умовах надзвичайної ситуації

Харчові виробництва, зокрема лінії фасування та розливу напоїв, функціонують у середовищі з високим рівнем технологічної насиченості, використанням електрообладнання, систем під тиском, води та мийно-дезінфікуючих середовищ. У разі виникнення надзвичайних ситуацій — пожеж, аварійних витоків газів, відмов обладнання, коротких замикань або порушення герметичності технологічних систем — такі об'єкти потребують комплексного підходу до забезпечення безпеки персоналу та стабілізації виробничого процесу.

Для підприємств харчової промисловості характерними є кілька груп потенційних надзвичайних ситуацій:

- займання електрообладнання або технологічних вузлів через перевантаження чи несправності;
- накопичення або витік вуглекислого газу та стисненого повітря;
- розгерметизація трубопроводів із рідинами, що перебувають під тиском;

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

- аварійні зупинки транспортних і роторних механізмів;
- механічні пошкодження елементів машин із можливим розльотом деталей;
- затоплення робочих зон через відмову гідросистем або комунікацій.

Ключову роль у запобіганні наслідкам аварій відіграє чітка система організації дій персоналу. На підприємстві мають бути розроблені детальні плани реагування на надзвичайні ситуації, які регламентують порядок дій працівників залежно від типу аварії.

Працівники зобов'язані регулярно проходити навчання та інструктажі з питань безпеки, включаючи відпрацювання алгоритмів евакуації, використання первинних засобів пожежогасіння та надання першої домедичної допомоги. На кожній виробничій ділянці призначаються відповідальні особи, які координують дії персоналу у разі виникнення небезпечних подій.

Інженерний захист виробництва базується на впровадженні технічних рішень, що дозволяють запобігати розвитку аварій або зменшувати їх наслідки. До таких заходів належать:

- встановлення автоматичних систем виявлення та гасіння пожежі;
- використання датчиків контролю концентрації газів у повітрі;
- впровадження систем аварійного відключення електроживлення;
- оснащення обладнання блокувальними та захисними пристроями;
- дотримання нормативних відстаней між технологічними зонами;
- застосування негорючих конструкційних і оздоблювальних матеріалів.

Важливим елементом є резервування критичних систем життєзабезпечення виробництва, таких як електропостачання, вентиляція та автоматизовані системи керування, що дозволяє зберігати контроль над процесом при часткових відмовах обладнання.

На підприємстві повинна бути впроваджена багаторівнева система оповіщення персоналу, яка забезпечує оперативне інформування про виникнення небезпеки за допомогою звукових, світлових та автоматизованих сигналів.

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

Евакуаційні маршрути мають бути заздалегідь визначені, позначені та постійно вільні для проходу. На планах виробничих приміщень відображаються основні та резервні шляхи виходу, а також місця збору працівників після евакуації.

У разі надзвичайних ситуацій персонал забезпечується засобами індивідуального захисту, вибір яких залежить від характеру небезпеки. Це можуть бути засоби захисту органів дихання, зору, шкіри, а також спеціальний виробничий одяг.

До колективних засобів захисту належать системи вентиляції та димовидалення, аварійне освітлення, протипожежні перегородки та інші інженерні рішення, що забезпечують безпечні умови евакуації та обмеження поширення небезпечних факторів.

У разі виникнення надзвичайної ситуації працівники повинні діяти відповідно до встановленого алгоритму:

- зупинити роботу технологічного обладнання;
- відключити джерела енергії та подачу робочих середовищ;
- повідомити відповідальних осіб та аварійні служби;
- організовано залишити небезпечну зону;
- за можливості здійснити первинні заходи локалізації аварії без ризику для життя.

4.3. Стійкість підприємства в умовах виникнення надзвичайних ситуацій

Стійкість підприємства харчової промисловості в умовах надзвичайних ситуацій характеризується його здатністю підтримувати функціонування ключових виробничих процесів або швидко відновлювати їх роботу після дії аварійних, техногенних чи природних впливів. Для підприємств, що експлуатують лінії фасування та закупорювання, включаючи обладнання типу

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

ВДР-6А, критичними є безперервність технологічного циклу, безпека персоналу та мінімізація виробничих і економічних втрат.

Формування стійкості підприємства залежить від сукупності технічних, організаційних та зовнішніх факторів. Серед основних з них слід виділити:

- технічну надійність машин та інженерних систем;
- рівень автоматизації та цифровізації виробничих процесів;
- наявність резервних систем енергозабезпечення, водопостачання та подачі робочих середовищ;
- ефективність системи управління в умовах кризових ситуацій;
- якість планово-попереджувального обслуговування обладнання;
- підготовленість персоналу до дій у нестандартних і аварійних умовах.

Додатково значний вплив має структурна побудова технологічних ліній. Модульний принцип організації обладнання та можливість локального відключення окремих ділянок без зупинки всього виробництва суттєво підвищують загальну стійкість системи.

Підвищення здатності підприємства протидіяти аварійним впливам досягається шляхом впровадження комплексу інженерних заходів. До них відносять:

- дублювання критично важливих систем (електропостачання, стиснене повітря, водні та технологічні магістралі);
- використання автоматизованих систем контролю стану обладнання та раннього виявлення відмов;
- застосування аварійної автоматики для швидкого відключення небезпечних ділянок;
- поділ технологічних процесів на автономні функціональні блоки;
- впровадження безперервного моніторингу параметрів роботи обладнання.

Важливою умовою є підтримання належного технічного стану машин. Своєчасне обслуговування, діагностика та заміна зношених елементів суттєво знижують імовірність аварій і підвищують стабільність роботи.

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

Організаційна складова стійкості базується на чіткій системі управління персоналом і регламентуванні дій у кризових умовах. На підприємстві мають бути розроблені та впроваджені плани реагування на надзвичайні ситуації, які визначають:

- порядок зупинки технологічного обладнання;
- алгоритми евакуації працівників;
- взаємодію з аварійно-рятувальними службами;
- розподіл функціональних обов'язків між персоналом.

Регулярні навчання та тренування персоналу забезпечують формування практичних навичок швидкого та правильного реагування, що безпосередньо впливає на рівень безпеки та зменшення наслідків аварійних подій.

Стійкість підприємства також визначається здатністю підтримувати безперервність постачання сировини та відвантаження готової продукції. Для цього передбачаються:

- створення резервних запасів матеріалів і комплектуючих;
- диверсифікація каналів постачання та збуту;
- можливість оперативної зміни режимів роботи виробничих ліній;
- гнучкість технологічного обладнання щодо переналаштування на інші види продукції.

Для фасувальних ліній із машиною ВДР-6А особливо важливо забезпечити можливість часткового функціонування або ізоляції окремих вузлів без повної зупинки виробництва.

Сучасні виробництва значною мірою залежать від автоматизованих систем керування, тому інформаційна стійкість є невід'ємною складовою загальної безпеки.

До основних заходів належать:

- резервне копіювання технологічних даних;
- дублювання систем керування та контролю;
- захист програмного забезпечення від збоїв і несанкціонованого доступу;

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

- використання резервних режимів керування у разі відмови основних систем.

Отже, стійкість підприємства харчової галузі в умовах надзвичайних ситуацій формується за рахунок комплексної взаємодії технічних, організаційних та інформаційних рішень. Їх інтегроване застосування забезпечує зниження негативних наслідків аварій, підтримання безпеки персоналу та збереження працездатності технологічних систем. Підвищення стійкості виробництва є ключовою умовою стабільного функціонування підприємства в умовах сучасних ризиків.

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

Загальні висновки

Проаналізовано сучасні тенденції розвитку фасувально-закупорювального обладнання харчової промисловості. Виявлено, що основним напрямом удосконалення є підвищення рівня автоматизації, зростання продуктивності, зменшення енерговитрат та розширення функціональної гнучкості машин. При цьому показано, що роторні установки, зокрема ВДР-6А, залишаються ефективними за продуктивністю, однак характеризуються низкою конструктивно-експлуатаційних обмежень.

Проведено аналіз конструкції та принципу дії машини ВДР-6А, розглянуто основні функціональні вузли, систему приводу та транспортні механізми. Показано, що узгоджена робота всіх елементів забезпечує безперервність технологічного циклу, проте залежність від стабільності тиску, точності регулювання та стану механічних вузлів може впливати на якість процесу фасування та закупорювання.

Виявлено основні недоліки експлуатації обладнання, серед яких підвищене навантаження на елементи кінематичних передач, поступове зношування механічних вузлів, обмежена універсальність при зміні формату тари, а також чутливість до коливань технологічних параметрів.

Розроблено та проведено розрахунок основних вузлів розливочно-закупорювальної машини марки.

Окремо розглянуто питання охорони праці та безпеки виробництва. Проаналізовано умови роботи обслуговуючого персоналу, визначено основні небезпечні та шкідливі фактори, а також сформовано комплекс заходів, спрямованих на забезпечення безпечної експлуатації обладнання та підвищення рівня виробничої безпеки.

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Бартух К.В.			Загальні висновки				Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Деркач А.В.									
Н. контр.		Кравець О.І.							ТНТУ, ФМТ, МО-41		
Затверд.		Пилипець О.М.									

Перелік посилань

1. Tarleton E., Wakeman R. Solid/Liquid Separation: Equipment Selection and Process Design. Amsterdam : Elsevier, 2020. 512 p.
2. Krokida M., Maroulis Z. Drying and dewatering in the food processing industry: recent advances // Journal of Food Engineering. 2021. Vol. 295. P. 110118.
3. Wakeman R. J., Tarleton E. S. Solid/Liquid Separation: Principles of Industrial Filtration. Oxford : Elsevier, 2005. 404 p.
4. Fellows P. Food Processing Technology: Principles and Practice. 5th ed. Cambridge : Woodhead Publishing, 2022. 1100 p.
5. Fox P., Guinee T., Cogan T., McSweeney P. Fundamentals of Cheese Science. 3rd ed. Cham : Springer, 2023. 890 p.
6. McCabe W. L., Smith J. C., Harriott P. Unit Operations of Chemical Engineering. 7th ed. New York : McGraw-Hill, 2005. 1140 p.
7. Geankoplis C. J. Transport Processes and Separation Process Principles. 4th ed. Upper Saddle River : Prentice Hall, 2003. 1056 p.
8. Шинкарик М.М., Кравець О.І. Основи теплотехніки: навч. посібник. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2024. 132 с.
9. Cheryan M. Ultrafiltration and Microfiltration Handbook. 2nd ed. Lancaster : Technomic Publishing, 1998. 527 p.
10. Piddubnyi, V., Stadnyk, I., Kravets, O., Chahaida, A., Hushtan, T., Kahanets-Havrylko, L., Karpovych, I., Tupitska, O., Kostiuk, T., & Rozbytska, T. (2023). Characteristics of mucous-forming polysaccharides extracted from flax seeds. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences, 2023. Vol. 17, P. 677–693.

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Перелік посилань	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Бартух К.В.						
Перевір.		Деркач А.В.						
Н. контр.		Кравець О.І.						
Затверд.		Пилипець О.М.				ТНТУ, ФМТ, МО-41		

11. Shynkaryk, M., Kravets, O., Papernyak, R., & Lukiyanchuk, B. (2026). Determining the influence of equipment used in modern cottage cheese production lines on the quantitative and dispersed composition of cheese dust. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(11 (139), 14–22. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2026.350623>

12. Shynkaryk M., Kravets O., Venhrynovych S. (2021) Features of pressing the juice from viburnum berries. Scientific Journal of TNTU (Tern.), vol 101, no 1, pp. 945–101.

13. Walstra P., Wouters J. T. M., Geurts T. J. Dairy Science and Technology. 2nd ed. Boca Raton : CRC Press, 2006. 808 p.

14. Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р. Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.

15. Shynkaryk, M., Kravets, O., & Venhrynovych, S. (2021). Features of pressing the juice from viburnum berries. Вісник Тернопільського національного технічного університету, 101(1), 94-101.

16. Шинкарик М.М., Кравець О.І. Основи теплотехніки: навч. посібник. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2024. 132 с.

17. Improvement of environmental sustainability of milk processing enterprises / Oleh Kravets, Mariia Shynkaryk, Viktor Kravets // Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU, 2024. — Vol 114. — No 2. — P. 111–118.

18. Shynkaryk, M., Kravets, O., Papernyak, R., & Lukiyanchuk, B. (2026). Determining the influence of equipment used in modern cottage cheese production lines on the quantitative and dispersed composition of cheese dust. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(11 (139), 14–22.

19. Shynkaryk M. Mathematical modelling of the separation of suspension process on the filter with self-purifier filter element / M. Shynkaryk, O. Kravets / Ukrainian Food Journal. – 2016. № 1. – P. 135-143.

					КРБ 146.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20. Кравець О. І., Шинкарик М. М., Ворощук В. Я., Паперняк Р. В. Дослідження впливу кулачкового насоса на процес руйнування сирного зерна при виробництві сиру кисломолочного // Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. 2026. Том 2, № 2 С. 127-136.

121 Шинкарик М.М. Шляхи зниження затрат енергоресурсів на процес сушіння технічного казеїну / М.М. Шинкарик, О.І. Кравець, С.О Четверікова, С.М. Венгринович // VI Всеукраїнська науково-практична конференція "Підвищення ефективності діяльності підприємств харчової та переробної галузей АПК", 23-24 лист. 2017р.: матеріали – К.: – 2017. – С. 107-108.

22. Piddubnyi, V., Stadnyk, I., Kravets, O., Chahaida, A., Hushtan, T., Kahanets-Havrylko, L., Karpovych, I., Tupitska, O., Kostyuk, T., & Rozbytska, T. (2023). Characteristics of mucous-forming polysaccharides extracted from flax seeds. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 2023. Vol. 17, P. 677–693.

23. Шинкарик М.М. Дослідження впливу окремого обладнання лінії виробництва сиру кисломолочного на утворення сирного пилу / М.М. Шинкарик, О.І. Кравець, М.А. Стадницький, Р.В. Паперняк // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : матеріали 92-ї Міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів (Київ, 20-24 квітня 2026 р.). Київ : НУХТ, 2026. Ч. 2. С. 17.

24. Shynkaryk, M. M., Kravets, O. I. (2026). Energy losses and environmental consequences of thermotechnical system operation // *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал.* – Луцьк: ЛНТУ, 2026. № 1 (26) С.70-76.

25. Heat exchange in a chamber apparatus with a circulation circuit during cheese masses production / Mariia Shynkaryk, Viktor Voroshchuk, Oleh Kravets, Olha Krupa, Natalia Zvarych // *Scientific Journal of TNTU.* — Tern.: TNTU, 2022. — Vol 108. — No 4. — P. 43–53.

26. Шинкарик М.М. Вдосконалення лінії очистки сироватки / М.М. Шинкарик, В.Г. Юкало, О.І. Кравець // Вісник ТДТУ. – 2005. – № 2. – С. 192-196.

23. Сушильний комплекс для казеїну : пат. 157765 Україна : A23J 1/22,

A23J 3/10. № u 2024 01978 ; заял. 15.04.2024 ; опубл. 20.11.2024, Бюл. № 47/2024

27. Пилипець М.І. Раціональні способи виготовлення заготовок для одиничного і дрібносерійного виробництва/ М.І. Пилипець, О.М. Пилипець //Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції присвяченої пам'яті професора Гевка Богдана Матвійовича „Проблеми теорії проектування та виготовлення транспортно-технологічних машин “, 2021. - с.13

28. Pylypets M. I. Designing uniformly loaded threaded connections M. I. Pylypets, O.M. Pylypets, V. R Pankiv Modern research in technical sciences: the impact of martial law in Ukraine (March 6–7, 2024. Riga, the Republic of Latvia) : International scientific conference. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2024,-p.11-16.

29. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. Посіб. Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко, Ю. Б. Капаціла, І. Б. Гевко. Тернопіль : – Тернопіль: ТНТУ, 2016. 152 с.