МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Колодяжний Ростіслав Валерійович

УДК 637.2:621.798

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ ПЕРЕРОБКИ МОЛОКА З УДОСКОНАЛЕННЯМ МАШИНИ ДЛЯ ФАСУВАННЯ МАСЛА

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ Колодяжний Р.В.

Керівник роботи
Міненко С.В.
кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2026

АНОТАЦІЯ

Колодяжний Ростіслав Валерійович. Модернізація технологічної лінії переробки молока з удосконаленням машини для фасування масла. – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2026.

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглянуто питання модернізації технологічної лінії переробки молока з удосконаленням машини для фасування масла. Обґрунтовано актуальність теми, яка пов'язана з необхідністю підвищення ефективності виробництва вершкового масла, зменшення частки ручної праці та покращення умов роботи персоналу. У роботі проаналізовано сучасні технології переробки молока та виготовлення масла в Україні й країнах Європейського Союзу. Розроблено технологічну лінію переробки 30 т молока за зміну з підбором основного обладнання для приймання, очищення, сепарування, пастеризації, дозрівання вершків, збивання, фасування та зберігання готової продукції. Виконано матеріальні розрахунки, які дозволили визначити кількість вершків, знежиреного молока, масла та побічних продуктів виробництва. У конструктивній частині запропоновано модернізацію машини для фасування масла шляхом удосконалення допоміжного пристрою для механізованого переміщення і встановлення тари. Проведено необхідні конструктивні розрахунки, зокрема розрахунок болтового з'єднання та витрати стисненого повітря для роботи пневматичної системи. У розділі з охорони праці визначено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, а також запропоновано заходи щодо підвищення безпеки експлуатації технологічної лінії. Техніко-економічне обґрунтування підтвердило доцільність упровадження модернізації завдяки зменшенню трудомісткості, скороченню експлуатаційних витрат і підвищенню продуктивності праці. Запропоновані проектні рішення можуть бути використані на молокопереробних підприємствах для підвищення.

Ключові слова: переробка молока, вершкове масло, технологічна лінія, фасування масла, модернізація обладнання, машина для фасування.

ANNOTATION

Rostislav Valeriyovych Kolodyazhny. Modernisation of the milk processing line, including improvements to the butter packaging machine. *– Qualification work on the rights of the manuscript*.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2026.

This bachelor’s thesis examines the modernisation of a milk processing line, including improvements to the butter packaging machine. The relevance of the topic is justified by the need to increase the efficiency of butter production, reduce the proportion of manual labour, and improve working conditions for staff. The thesis analyses modern technologies for milk processing and butter production in Ukraine and the countries of the European Union. A processing line capable of handling 30 tonnes of milk per shift has been developed, including the selection of key equipment for reception, purification, separation, pasteurisation, cream ripening, churning, packaging and storage of finished products. Material calculations have been carried out, which have made it possible to determine the quantities of cream, skimmed milk, butter and by-products of production. In the design section, a modernisation of the butter packaging machine is proposed by improving the auxiliary device for the mechanised movement and positioning of containers. The necessary structural calculations were carried out, including calculations for the bolted joint and the compressed air consumption required for the pneumatic system to operate. The section on occupational health and safety identifies the main hazardous and harmful production factors and proposes measures to improve the safety of the production line’s operation. The technical and economic justification confirmed the feasibility of implementing the modernisation due to reduced labour intensity, lower operating costs and increased labour productivity. The proposed design solutions can be used at milk processing plants to improve.

Keywords: milk processing, butter, production line, butter packaging, equipment modernisation, packaging machine.

ЗМІСТ

ВСТУП……..…7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ МОЛОКА ТА ВИГОТОВЛЕННЯ МАСЛА…….……10
1.1. Значення молочної галузі та загальна характеристика переробки молока…….…10
1.2. Стан виробництва молока та молочної продукції в Україні…….…...…..11
1.3. Стан і тенденції молочної галузі у країнах Європейського Союзу……...…12
1.4. Сучасні технології переробки молока…….……14
1.5. Основні способи виготовлення вершкового масла……...….15
1.6. Фасування масла як об’єкт технічного удосконалення……...…...16
1.7. Перспективні напрями модернізації технологічної лінії……...….18
Висновки по розділу……..……19
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ ПЕРЕРОБКИ МОЛОКА ТА ВИГОТОВЛЕННЯ МАСЛА…….20
2.1. Вихідні дані та виробнича програма……..……20
2.2. Обґрунтування технологічної схеми……...……..21
2.3. Матеріальний розрахунок……...……...……22
2.4. Розрахунок продуктивності дільниць……...……23
2.5. Підбір обладнання лінії…….….23
2.6. Організація фасування масла……...……..25
2.7. Контроль, санітарна обробка та розміщення обладнання……..……..25
2.8. Енергетична та організаційна ефективність лінії……...……..26
Висновки по розділу……..27
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА……...…….28
3.1 Обґрунтування та вибір об’єкта конструкторської розробки……29
3.2 Технологічна схема роботи модернізованого поворотного пристрою…..29
3.3 Розрахунок болтового з’єднання……32

3.4 Розрахунок витрати повітря після впровадження модернізації на машині М6-ОРГ-3……..…….33
3.5 Продуктовий розрахунок……...…….34
Висновок до розділу……..36
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ……..……37
4.1. Загальна характеристика умов праці на дільниці переробки молока та фасування масла…….……37
4.2. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників……..…38
4.3. Вимоги безпеки до модернізованої фасувальної машини……..……39
4.4. Розрахунок загальнообмінної вентиляції фасувального відділення…...…40
4.5. Розрахунок штучного освітлення…….……41
4.6. Розрахунок сумарного рівня шуму……...…….41
4.7. Заходи пожежної безпеки та електробезпеки……..…….42
4.8. Санітарно-гігієнічні та організаційні заходи……..……..42
4.9. Оцінка зниження фізичного навантаження після модернізації……..…….43
Висновки по розділу…….…….44
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ……..45
5.1. Мета та завдання економічного обґрунтування……..…….45
5.2. Вихідні дані для розрахунків……..46
5.3. Розрахунок виробничої програми……..……47
5.4. Визначення капітальних витрат на модернізацію……...…….48
5.5. Розрахунок зміни експлуатаційних витрат…….……..49
5.6. Розрахунок собівартості та економії на одиницю продукції……...……51
5.7. Показники ефективності та строк окупності……....52
Висновки по розділу……...…52
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ……..…….54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…….…….55

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Молочна промисловість є однією з важливих галузей харчової промисловості, оскільки вона забезпечує населення продуктами щоденного споживання з високою харчовою та біологічною цінністю. Молоко і молочні продукти містять повноцінні білки, молочний жир, вуглеводи, мінеральні речовини, вітаміни та інші компоненти, необхідні для раціонального харчування людини. Серед широкого асортименту молочної продукції особливе місце займає вершкове масло, яке є концентрованим молочним продуктом із високими смаковими властивостями, енергетичною цінністю та стабільним попитом на внутрішньому і зовнішньому ринках.

Сучасний розвиток молокопереробних підприємств в Україні та країнах Європейського Союзу характеризується підвищенням вимог до якості сировини, безпечності готової продукції, енергоефективності виробництва, санітарно-гігієнічного стану технологічних процесів і рівня автоматизації обладнання. Для успішної роботи підприємства недостатньо лише забезпечити переробку молока у необхідних обсягах. Важливим завданням є також зниження виробничих витрат, скорочення частки ручної праці, підвищення продуктивності технологічних ліній, раціональне використання сировини та забезпечення стабільної якості готової продукції.

Однією з відповідальних операцій у виробництві вершкового масла є його фасування. Саме на цій стадії формується товарний вигляд продукції, забезпечується точність дозування, зручність подальшого транспортування, зберігання і реалізації. Недостатній рівень механізації або наявність ручних операцій під час фасування масла призводить до збільшення трудомісткості процесу, нерівномірного завантаження працівників, зниження ритмічності роботи лінії та можливого зростання виробничих витрат.

Тому модернізація машини для фасування масла є актуальним напрямом удосконалення технологічної лінії переробки молока.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає в необхідності підвищення ефективності технологічної лінії переробки молока та виробництва масла шляхом удосконалення фасувального обладнання. Запропонована модернізація спрямована на зменшення частки ручної праці, покращення умов роботи обслуговуючого персоналу, підвищення надійності та ритмічності виробничого процесу, а також зниження собівартості готової продукції. Це має важливе значення для молокопереробних підприємств, які працюють в умовах конкуренції, зростання вартості енергоресурсів і необхідності відповідати сучасним вимогам до якості та безпечності харчових продуктів.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності технологічної лінії переробки молока та виготовлення масла шляхом модернізації машини для фасування масла.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

– проаналізувати сучасні технології переробки молока та виготовлення масла в Україні й країнах Європейського Союзу;

– розробити технологічну лінію переробки молока та виробництва масла з урахуванням заданої продуктивності;

– підібрати основне технологічне обладнання для переробки 30 т молока за зміну;

– обґрунтувати необхідність удосконалення машини для фасування масла;

– розробити конструктивне рішення для модернізації фасувального обладнання;

– виконати необхідні технологічні та конструктивні розрахунки;

– розглянути питання охорони праці під час експлуатації технологічної лінії та модернізованого обладнання;

– визначити техніко-економічну ефективність запропонованих проектних рішень.

Об’єктом дослідження є технологічний процес переробки молока та виготовлення вершкового масла.

Предметом дослідження є технологічна лінія виробництва масла та машина для фасування масла, що підлягає модернізації з метою підвищення ефективності її роботи.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Міненко Сергій, Колодяжний Ростіслав Сучасні технології переробки молока. Інновації в агропромисловому комплексі, машинобудуванні та транспорті. Матеріали доповідей. Національний університет водного господарства та природокористування, 22–23 квітня 2026 року. С.89-92.

2. Міненко С.В., Колодяжний Р.В., Добранський С.С. Сучасні способи пастеризації молока. Збірник тез XII Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». 29 квітня 2026 року. Житомир. Видавничий центр ЖАТФК. 2026. С. 137-139.

У роботі **використано методи** аналізу технологічних процесів молокопереробного виробництва, порівняння існуючих технічних рішень, технологічних і конструктивних розрахунків, розрахунків з охорони праці та техніко-економічного обґрунтування. Під час виконання роботи враховано вимоги нормативної документації, технологічні особливості виробництва масла, продуктивність обладнання та умови експлуатації фасувальної машини.

Практичне значення роботи полягає в тому, що запропонована модернізація може бути використана на молокопереробних підприємствах, які здійснюють виробництво та фасування вершкового масла. Удосконалення машини для фасування дозволяє знизити трудомісткість допоміжних операцій, скоротити фізичне навантаження на працівників, підвищити безпеку праці та покращити організацію виробничого процесу. Крім того, впровадження модернізації сприяє зменшенню експлуатаційних витрат і підвищенню економічної ефективності роботи технологічної лінії.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, п’яти розділів, висновку та списку використаних джерел з 36

найменувань. Загальний обсяг роботи становить 58 сторінок комп’ютерного тексту, містить 10 таблиць та 2 додатки.

РОЗДІЛ 1
АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ МОЛОКА ТА ВИГОТОВЛЕННЯ МАСЛА

1.1. Значення молочної галузі та загальна характеристика переробки молока

Молочна промисловість належить до базових галузей харчового виробництва, оскільки забезпечує населення продуктами щоденного споживання, формує попит на сировину тваринницьких господарств і створює продукцію з високою доданою вартістю. Для підприємств, які переробляють молоко, важливими є не тільки обсяги приймання сировини, а й стабільність її якості, безперервність технологічного потоку, економне використання енергії та мінімізація ручних операцій. Особливо це стосується виробництва вершкового масла, де від точності нормалізації вершків, температурних режимів, дозування та фасування залежить вихід готового продукту, його структура, товарний вигляд і термін зберігання.

Сучасна переробка молока будується як послідовність взаємопов’язаних операцій: приймання та лабораторний контроль сировини, очищення, охолодження, резервування, сепарування, нормалізація, пастеризація або інша теплова обробка, подальше виробництво цільових продуктів, фасування, маркування і зберігання. У межах однієї лінії можуть виробляти питне молоко, вершки, кисломолочні продукти, сир, сухі молочні продукти, масло та побічні продукти, зокрема знежирене молоко, пахту і сироватку. Тому модернізація окремої машини, наприклад обладнання для фасування масла, повинна розглядатися не ізольовано, а як елемент підвищення ефективності всієї технологічної лінії.

Вершкове масло є концентрованим молочним жиром, який отримують переважно з вершків. Його виробництво потребує стабільної якості молока, ефективного відокремлення жирової фази, правильної підготовки вершків та обережного механічного впливу на продукт на завершальних операціях. На

відміну від рідких молочних продуктів, масло має пластичну консистенцію, чутливе до температури, деформації та контакту з повітрям. Через це фасувальні машини повинні забезпечувати точне дозування, надійне формування порції, щільне пакування, гігієнічність поверхонь і стабільну роботу без надмірного залучення працівників.

1.2. Стан виробництва молока та молочної продукції в Україні

Молочна галузь України працює в умовах одночасного впливу кількох чинників: скорочення поголів'я корів, воєнних ризиків, подорожчання енергоносіїв, зміни логістичних маршрутів, зниження платоспроможності частини споживачів та поступового наближення до європейських вимог якості. За оцінками, у 2019–2024 роках кількість корів в Україні зменшилася приблизно з 1,92 до 1,25 млн голів, а виробництво молока – з 9,66 до 7,6 млн т. Водночас частка молока, виробленого великими фермами, зростає, що позитивно впливає на стабільність якості сировини і можливості її промислової переробки [1].

Для переробних підприємств ключовою проблемою залишається неоднорідність молока-сировини. Частина сировини надходить від господарств населення, де складніше підтримувати однакові умови доїння, охолодження, транспортування та лабораторного контролю. Підприємства промислового типу, навпаки, мають кращі можливості для охолодження молока безпосередньо після доїння, ведення електронного обліку, контролю соматичних клітин, бактеріального забруднення і залишків ветеринарних препаратів. Тому розвиток молочних ферм, кооперації та системи охолоджувальних пунктів є важливою передумовою стабільної роботи маслоробних цехів.

Попри складні умови, український молочний сектор зберігає експортний потенціал. У 2024 році обсяг експорту молочної продукції України становив близько 118 тис. т на суму приблизно 295–297 млн дол. США; порівняно з 2023 роком натуральні обсяги експорту зросли, а вершкове масло входило до

провідних експортних категорій [2; 3]. Це свідчить про те, що підприємства, здатні забезпечити стабільну якість і належну упаковку, можуть конкурувати не лише на внутрішньому, а й на зовнішньому ринку. Для масла особливо важливими є відповідність масової частки жиру, кислотності, вологи, органолептичних показників, а також герметичність і товарний вигляд споживчого або транспортного пакування.

В Україні посилюється нормативне регулювання якості молока та молочних продуктів. Вимоги до безпечності і якості молока та молочних продуктів запроваджують належну практику виробництва, переробки й обігу молока, а також встановлюють критерії до сирого молока, які визначають його придатність для введення в обіг [4]. Це означає, що модернізація технологічних ліній має включати не лише підвищення продуктивності, а й поліпшення санітарно-гігієнічного стану обладнання, зменшення контакту продукту з персоналом, застосування матеріалів, придатних для харчового виробництва, та можливість ефективного миття і дезінфекції.

1.3. Стан і тенденції молочної галузі у країнах Європейського Союзу

Європейський Союз є одним із провідних світових виробників молока та молочних продуктів. За даними Eurostat, у 2024 році ферми ЄС виробили орієнтовно 161,8 млн т сирого молока, що на 0,9 млн т більше, ніж у 2023 році. Із цього обсягу близько 150,8 млн т було доставлено на молокопереробні підприємства [5]. Така структура свідчить про високий рівень організованості сировинної бази: основна частина молока надходить у промислову переробку через контрольовані канали, що полегшує управління якістю, простежуваність і планування виробництва.

У ЄС значна частина молока використовується для продуктів тривалого зберігання і високої доданої вартості. У 2024 році на виробництво масла та так званих жовтих молочних продуктів було спрямовано 44,2 млн т незбираного молока, а загальний випуск масла і споріднених продуктів становив близько 2,3 млн т [6]. Разом сир і масло використали близько 69% усього незбираного

молока, доступного для молокопереробних підприємств ЄС [6]. Це показує, що маслоробне виробництво залишається стратегічно важливою частиною європейської молочної промисловості, хоча воно конкурує з виробництвом сирів за молочний жир і білкові компоненти.

Європейський досвід характеризується високим рівнем автоматизації, енергоефективності та стандартизації технологічних процесів. На сучасних підприємствах широко застосовують закриті трубопровідні системи, автоматичні сепаратори-нормалізатори, пастеризаційно-охолоджувальні установки, безперервні маслоутворювачі, системи CIP-миття, автоматизоване фасування, контроль маси кожної одиниці продукції та цифровий облік партій. Європейська комісія підтримує прозорість ринку молока через Milk Market Observatory, де публікуються дані про ціни, виробництво, торгівлю і короткострокову ринкову аналітику [7].

Для українських підприємств досвід ЄС є важливим орієнтиром. У технічному аспекті він вказує на необхідність переходу від ручних і напівручних операцій до потокових рішень, де продукт рухається без зайвих перевантажень, втрат і простоїв. У санітарному аспекті він підкреслює значення закритого виробничого середовища, контрольованого миття, простежуваності сировини та готової продукції. У ринковому аспекті він демонструє, що конкурентоспроможність масла залежить не тільки від рецептури, а й від стабільності маси порції, якості пакувального матеріалу, герметичності, маркування та зручності логістики.

Розділ 1.1 – Стан і тенденції молочної галузі у країнах Європейського Союзу

Показник	Україна	Країни ЄС
Сировинна база	Поєднання промислових ферм і господарств населення; поступове зростання ролі великих ферм.	Переважно організовані поставки на молокопереробні підприємства через контрольовані канали.
Ключові виклики	Скорочення поголів’я, воєнні ризики, логістика, неоднорідність якості сировини, потреба в модернізації.	Висока конкуренція за молочний жир, енергоефективність, екологічні вимоги, стабільність ринку.

Технічний напрям розвитку	Автоматизація окремих операцій, зменшення ручної праці, удосконалення фасування і санітарної обробки.	Комплексна автоматизація ліній, CIP-миття, цифровий контроль партій, високопродуктивне фасування.

1.4. Сучасні технології переробки молока

Першою ланкою технологічної лінії є приймання молока. На цьому етапі визначають кількість сировини, температуру, органолептичні показники, кислотність, густину, масову частку жиру і білка, наявність механічних домішок та інші показники безпечності. Якісне приймання дозволяє розподілити молоко за напрямами переробки: для питного молока, кисломолочних продуктів, сирів, вершків або масла. Недостатній контроль сировини призводить до нестабільності технологічних режимів, зниження виходу масла, погіршення його консистенції та збільшення втрат жиру.

Після приймання молоко очищують від механічних домішок і охолоджують. Охолодження до низьких температур сповільнює розвиток мікрофлори та дає змогу вирівняти надходження сировини протягом зміни. У сучасних цехах молоко зберігають у теплоізольованих резервуарах із мішалками, датчиками температури та рівня. Подальше сепарування розділяє молоко на вершки і знежирене молоко. Для виробництва масла важливо отримати вершки заданої жирності, оскільки від цього залежить економічність процесу, навантаження на пастеризаційне обладнання і режим маслоутворення.

Нормалізація дає змогу привести вершки або молочну суміш до необхідного складу. В автоматизованих лініях застосовують сепаратори-нормалізатори з потоковим регулюванням співвідношення вершків і знежиреного молока. Це зменшує вплив людського чинника і забезпечує сталість складу партій. Далі проводиться теплова обробка. Пастеризація знищує значну частину вегетативної мікрофлори, інактивує ферменти, підвищує безпечність продукту та стабілізує його якість. Для вершків, призначених на масло, температурні режими підбирають з урахуванням бажаного смаку, стійкості жирової фази та наступного фізичного дозрівання.

Важливою тенденцією сучасної переробки молока є використання закритих потокових систем. Вони зменшують втрати продукту, обмежують контакт із повітрям і персоналом, спрощують миття, підвищують санітарну безпечність. Такі системи доповнюються автоматичним контролем температури, тиску, витрати, рівня і тривалості витримування. Для підприємств середньої потужності особливо актуальним є поетапне впровадження автоматизації: спочатку на операціях, які створюють найбільші втрати часу або становлять санітарний ризик, а потім на всій лінії.

1.5. Основні способи виготовлення вершкового масла

У промисловості використовують два основні технологічні підходи до виробництва вершкового масла: збивання підготовлених вершків і перетворення високожирних вершків. Обидва способи мають спільну сировинну основу, але відрізняються тривалістю процесу, складом обладнання, рівнем безперервності, витратами енергії та вимогами до керування. Вибір способу залежить від потужності підприємства, асортименту продукції, бажаної структури масла, наявного обладнання і вимог до продуктивності.

Традиційний спосіб збивання вершків передбачає пастеризацію, охолодження, фізичне дозрівання, збивання у масловиготовлювачах, відокремлення пахти, промивання або безпромивну обробку, механічну обробку масляного зерна і формування пласту. Перевагою цього способу є можливість отримати продукт з доброю пластичністю та вираженими органолептичними властивостями. Недоліками є більша тривалість процесу, періодичність окремих операцій, потреба в ретельному контролі дозрівання вершків і більші витрати часу на санітарну підготовку обладнання.

Метод перетворення високожирних вершків орієнтований на більш інтенсивне виробництво. Суть полягає в тому, що після сепарування отримують високожирні вершки, які проходять термомеханічну обробку в маслоутворювачі. У процесі охолодження і механічної дії формується структура масла. Такий метод краще відповідає потоковому виробництву,

скорочує тривалість технологічного циклу і полегшує автоматизацію. Разом з тим він висуває високі вимоги до точності температурних режимів, жирності вершків і стану робочих поверхонь обладнання.

Для обох способів завершальні операції мають вирішальне значення. Готове масло повинно бути рівномірно обробленим, без надлишкової вологи, із стабільною консистенцією та температурою, придатною для фасування. Якщо масло надто м’яке, воно гірше тримає форму і може деформуватися під час пакування. Якщо продукт переохолоджений або має нерівномірну структуру, зростає навантаження на дозувальні вузли, погіршується точність маси та підвищується ризик простоїв. Тому машина для фасування має відповідати не лише продуктивності лінії, а й реальним фізико-механічним властивостям продукту.

1.6. Фасування масла як об’єкт технічного удосконалення

Фасування є завершальною операцією, на якій сформований продукт набуває товарного вигляду. Для вершкового масла ця операція включає подачу продукту до дозувального пристрою, відмірювання заданої маси, формування бруска або заповнення тари, обгортання, маркування, контроль маси, групове пакування і передавання на охолодження або склад готової продукції. Якість фасування безпосередньо впливає на втрати продукту, швидкість роботи лінії, санітарний стан цеху і сприйняття продукції споживачем.

У багатьох лініях старішого типу саме ділянка фасування та транспортних переходів залишається найменш автоматизованою. Працівники виконують подавання тари, переміщення ящиків, орієнтування готових одиниць, зважування або допоміжне пакування вручну. Це збільшує трудомісткість, створює нерівномірність роботи лінії, підвищує ризик пошкодження упаковки і погіршує ергономіку робочого місця. Крім того, ручні операції у зоні готового продукту небажані з погляду санітарної безпеки, оскільки кожний зайвий контакт з продуктом або тарою підвищує ризик забруднення.

Удосконалення машини для фасування масла має бути спрямоване на усунення вузьких місць. До таких місць належать нестабільна подача продукту, недостатня точність дозування, низька швидкість пакування, відсутність автоматичного орієнтування тари, незручне розміщення транспортних елементів, складність миття робочих поверхонь і значна залежність від фізичної праці оператора. Якщо модернізація забезпечує автоматичне переміщення, повертання, позиціювання або передавання упакованого масла на наступну операцію, підприємство отримує не лише економію робочого часу, а й кращу ритмічність усієї лінії.

Особливе значення має сумісність фасувальної машини з попередніми і наступними операціями. Продуктивність дозувального вузла повинна відповідати продуктивності маслоутворювача, а транспортні пристрої – забезпечувати безперервне відведення готової продукції. У разі невідповідності виникають накопичення продукту, вимушені зупинки, перевантаження персоналу або нерівномірне завантаження пакувальних матеріалів. Тому при модернізації необхідно враховувати не тільки конструкцію окремого механізму, а й загальну логіку руху продукту, тари і готових ящиків у цеху.

1.7. Перспективні напрями модернізації технологічної лінії

Першим напрямом модернізації є підвищення рівня механізації транспортно-допоміжних операцій. Для лінії фасування масла це можуть бути рольганги, стрічкові або пластинчасті транспортери, автоматичні штовхачі, поворотні столи, пристрої позиціювання тари, механізми подавання пакувального матеріалу та відведення заповнених ящиків. Такі рішення зменшують фізичне навантаження на працівників, скорочують простої, забезпечують однаковий темп роботи і дають можливість обслуговувати лінію меншою кількістю персоналу. Другим напрямом є автоматизація керування. У сучасних умовах доцільно застосовувати датчики положення, кінцеві вимикачі, пневмо- або електроприводи, частотне регулювання електродвигунів, блокування небезпечних режимів, світлову та звукову сигналізацію.

Автоматичне керування дозволяє узгодити роботу фасувального вузла з подачею продукту і рухом тари. Для обладнання, яке контактує з продуктом або працює поруч із ним, важливими є простота обслуговування, захищеність приводу, мінімальна кількість важкодоступних зон і можливість швидкої санітарної обробки. Третім напрямом є підвищення гігієнічності конструкції. Робочі поверхні повинні бути виготовлені з матеріалів, стійких до корозії та мийних розчинів, не мати щілин, застійних зон і нерівностей, у яких можуть накопичуватися залишки продукту. Конструкція має забезпечувати доступ до вузлів для огляду, миття і профілактики. У разі використання пневматичних приводів слід передбачати підготовку повітря, регулювання тиску, видалення вологи та безпечне відведення відпрацьованого повітря із зони обслуговування. Четвертим напрямом є ресурсозбереження. На молокопереробних підприємствах значні витрати припадають на теплову енергію, холод, електроенергію, воду та мийні засоби. Модернізація фасувальної ділянки не завжди прямо зменшує теплові витрати, але вона скорочує простої, знижує втрати продукту, підвищує стабільність циклу і дає змогу раціональніше використовувати виробничу зміну. Якщо автоматизований механізм працює від уже наявної пневмосистеми або енергетичної інфраструктури без істотного збільшення споживання, економічний ефект досягається переважно за рахунок зменшення трудомісткості й втрат часу.

Отже, модернізація технологічної лінії переробки молока з удосконаленням машини для фасування масла є актуальною для підприємств, які прагнуть підвищити продуктивність, забезпечити стабільну якість продукції та наблизити виробництво до сучасних вимог харчової промисловості. Для України така модернізація має додаткове значення, оскільки галузь працює в умовах обмежених ресурсів і потребує швидких технічних рішень, які можна впровадити без повної заміни всієї лінії. Для орієнтації на ринки ЄС важливими стають автоматизація, гігієнічність, простежуваність, енергоефективність і стабільність пакування.

Висновки по розділу

Аналіз сучасних технологій переробки молока показав, що ефективність виробництва вершкового масла залежить від якості сировини, точності сепарування і нормалізації, стабільності температурних режимів, правильного формування структури масла та надійної роботи фасувальної ділянки. Українська молочна галузь, незважаючи на скорочення сировинної бази та складні економічні умови, зберігає виробничий і експортний потенціал, зокрема у сегменті вершкового масла. Досвід країн ЄС свідчить, що конкурентоспроможне маслоробне виробництво ґрунтується на потоковості, автоматизації, санітарній безпеці, цифровому контролі та високій якості пакування. Найбільш доцільним напрямом удосконалення для підприємства є модернізація тих операцій, які обмежують продуктивність лінії та потребують значної ручної праці. До них належить фасування і переміщення упакованого масла. Удосконалення машини для фасування масла дає можливість зменшити трудомісткість, підвищити ритмічність роботи, знизити втрати продукту, поліпшити умови праці та створити передумови для подальшої автоматизації технологічної лінії.

РОЗДІЛ 2
РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ ПЕРЕРОБКИ МОЛОКА ТА ВИГОТОВЛЕННЯ МАСЛА

2.1. Вихідні дані та виробнича програма

Проектована технологічна лінія призначена для приймання, очищення, сепарування, теплової обробки молока, одержання вершків, виготовлення масла та його фасування. Вихідною умовою є переробка 30 т молока за одну зміну. Така потужність характерна для молокопереробного цеху середнього рівня, де важливо поєднати стабільну якість готової продукції, раціональне використання сировини та достатній рівень механізації допоміжних операцій.

Тривалість зміни приймаємо 8 год. Середня годинна подача молока становить 30000 : 8 = 3750 кг/год. Оскільки частина часу витрачається на підготовку, перемикання потоків, контроль і санітарні операції, основне обладнання приймаємо з резервом 1,15...1,20. Отже, приймальна, очисна, теплообмінна та сепараторна дільниці повинні мати продуктивність не менше 4,5 т/год, тому для проекту доцільно вибрати обладнання стандартної продуктивності 5 т/год.

Для розрахунку матеріального балансу приймаємо такі показники: масова частка жиру в молоці – 3,4 %, масова частка жиру у знежиреному молоці – 0,05 %, масова частка жиру у вершках – 35 %, масова частка жиру в селянському маслі – 72,5 %, допустимі технологічні втрати – 1,5 %. За таких умов лінія повинна забезпечувати не лише виготовлення масла, а й збирання та охолодження знежиреного молока і пахти як цінних побічних продуктів.

2.2. Обґрунтування технологічної схеми

Для заданої продуктивності приймається технологічна схема, що включає: приймання молока; облік кількості; фільтрування або відцентрове очищення; охолодження і короткочасне резервування; підігрівання перед

сепаруванням; сепарування на вершки та знежирене молоко; пастеризацію вершків; охолодження і фізичне дозрівання вершків; збивання; відокремлення пахти; обробку масляного зерна; фасування, зважування, маркування і передавання готового масла в холодильну камеру.

На приймальній дільниці молоко перевіряють за органолептичними, фізико-хімічними та санітарними показниками. Після відбору проб сировина подається насосом через лічильник і фільтр. Очищення необхідне для стабільної роботи сепаратора і пластинчастих теплообмінників. Якщо молоко не переробляється негайно, його охолоджують і спрямовують у резервуари з мішалками, де сировина зберігається без відстоювання жиру.

Перед сепаруванням молоко підігрівається, що зменшує його в'язкість і підвищує ефективність відокремлення жирової фази. Сепаратор-вершковідділювач формує два потоки: вершки, які надходять на виробництво масла, і знежирене молоко, яке направляється на охолодження та подальше використання. Для вершків передбачають пастеризацію, оскільки теплова обробка зменшує мікробіологічне забруднення, поліпшує смак і підвищує стійкість масла під час зберігання. Після пастеризації вершки охолоджують і витримують у резервуарах дозрівання. На цій стадії відбувається часткова кристалізація молочного жиру, що покращує процес утворення масляного зерна. Для проектованої лінії приймається виробництво солодковершкового селянського масла способом збивання вершків у масловиготовлювачі періодичної дії. Такий варіант простий в експлуатації, достатній для заданої потужності та дає змогу зручно контролювати якість кожної партії.

Заключною операцією є фасування. Після обробки масло подається до фасувальної машини, де дозується в ящики або іншу тару. Подальші операції – повертання ящика, контрольне зважування, закривання і відведення тари – часто обмежують продуктивність дільниці. Тому в проекті передбачаються рольганг, поворотний пристрій і транспортер, що створює передумови для модернізації фасувальної машини та зменшення ручної праці.

2.3. Матеріальний розрахунок

Матеріальний розрахунок виконується для визначення кількості вершків, знежиреного молока, масла та пахти, які утворюються при переробці 30000 кг молока за зміну. Масу вершків визначаємо за формулою:

$$М_в = М_м \cdot (Ж_м - Ж_{зм}) / (Ж_в - Ж_{зм}) \cdot (100 - П_с) / 100, \quad (2.1)$$

де $М_в$ – маса вершків, кг; $М_м$ – маса молока, кг; $Ж_м$, $Ж_{зм}$, $Ж_в$ – відповідно жирність молока, знежиреного молока і вершків, %; $П_с$ – втрати при сепаруванні, %. Підставляючи вихідні дані, одержуємо: $М_в = 30000 \cdot (3,4 - 0,05) / (35 - 0,05) \cdot 0,985 = 2832$ кг. Отже, за зміну утворюється приблизно 2,83 т вершків жирністю 35 %. Маса знежиреного молока становить: $М_{зм} = 30000 - 2832 = 27168$ кг.

Масу масла визначаємо за жировим балансом вершків і готового продукту:

$$М_{мс} = М_в \cdot (Ж_в - Ж_п) / (Ж_{мс} - Ж_п) \cdot (100 - П_ж) / 100, \quad (2.2)$$

де $М_{мс}$ – маса масла, кг; Жп – жирність пахти, %; Жмс – жирність масла, %; $П_ж$ – втрати жиру при виробництві масла, %. При $Ж_п = 0,5$ %, $Ж_{мс} = 72,5$ % та $П_ж = 1,5$ % маємо: $М_{мс} = 2832 \cdot (35 - 0,5) / (72,5 - 0,5) \cdot 0,985 = 1337$ кг. Маса пахти дорівнює орієнтовно: $М_п = 2832 - 1337 = 1495$ кг. Якщо масло фасується у ящики по 20 кг, змінна потреба в тарі становить близько 67 ящиків.

Таблиця 2.1 – Матеріальний баланс переробки 30 т молока за зміну

Продукт	Позначення	Основний показник	Кількість за зміну	Призначення
Молоко незбиране	Мм	Жм = 3,4 %	30000 кг	Сировина
Вершки	Мв	Жв = 35 %	2832 кг	Виробництво масла
Знежирене молоко	Мзм	Жзм = 0,05 %	27168 кг	Подальша переробка
Масло селянське	Ммс	Жмс = 72,5 %	1337 кг	Готова продукція
Пахта	Мп	Жп = 0,5 %	1495 кг	Побічний продукт
Ящики по 20 кг	-	Маса нетто	≈ 67 шт.	Фасування

2.4. Розрахунок продуктивності дільниць

Приймальна, очисна, підігрівальна та сепараторна дільниці працюють із повним потоком молока. При середній подачі 3,75 т/год і коефіцієнті резерву 1,2 розрахункова продуктивність становить 4,5 т/год. Тому для цих операцій

вибираємо обладнання продуктивністю 5 т/год. Такий резерв дозволяє приймати молоко нерівномірними партіями, зменшує тривалість очікування автоцистерн і залишає час для санітарної підготовки.

Дільниця вершків розраховується за масою 2832 кг за зміну. Середня подача вершків становить 354 кг/год, але пастеризація і охолодження виконуються не протягом усієї зміни. Тому приймаємо пастеризатор і охолоджувач вершків продуктивністю 0,8...1,0 т/год. За таких умов уся кількість вершків може бути оброблена за 3...3,5 год, після чого вони надходять у резервуари дозрівання.

Для резервування молока доцільно передбачити два резервуари по 15 м3, що сумарно відповідає змінній кількості сировини. Для вершків приймаємо три резервуари по 1 м3, оскільки це дає можливість працювати партіями: одна партія дозріває, друга охолоджується, третя готується до подавання у масловиготовлювач. Масловиготовлювач із завантаженням 800...1000 кг вершків за цикл переробляє змінну кількість вершків приблизно за три цикли.

Фасувальна дільниця розраховується за масою готового масла 1337 кг. Навіть за продуктивності фасувальної машини 1 т/год фактичне фасування триває близько 1,3 год. Проте допоміжні операції з тарою займають значну частку часу, тому для підвищення ритмічності потрібні механізовані рольганги, упори, поворотний пристрій, контрольні ваги і відвідний транспортер.

2.5. Підбір обладнання лінії

Обладнання підбираємо так, щоб продуктивність суміжних дільниць була узгодженою. Апарати, через які проходить увесь потік молока, приймаються на 5 т/год. Обладнання для вершків і масла має меншу продуктивність, але повинно забезпечувати переробку змінної кількості продукту без накопичення надлишкових запасів. Рекомендований склад лінії подано в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Рекомендований склад обладнання технологічної лінії

№	Обладнання	Призначення	Продуктивність /місткість	К-сть	Обгрунтування
1	Молокоприймальний вузол з насосом і лічильником	Приймання та облік молока	5 м³/год	1 компл.	Резерв до 3,75 т/год
2	Фільтр або молокоочисник	Очищення сировини	5 м³/год	1 шт.	Захист апаратів і трубопроводів
3	Пластинчастий охолоджувач і підігрівач	Охолодження, підігрів перед сепаруванням	5 м³/год	1 компл.	Працює із загальним потоком
4	Резервуари для молока з мішалками	Короткочасне зберігання	15 м³	2 шт.	Сумарно 30 м³
5	Сепаратор-вершковідділювач	Отримання вершків і знежиреного молока	5 м³/год	1 шт.	Відповідає продуктивності приймання
6	Резервуари знежиреного молока	Накопичення побічного продукту	15 м³	2 шт.	Для 27,17 т за зміну
7	Пастеризатор і охолоджувач вершків	Теплова обробка вершків	0,8–1,0 т/год	1 компл.	Для 2,83 т вершків
8	Резервуари дозрівання вершків	Фізичне дозрівання	1 м³	3 шт.	Робота партіями
9	Масловиготовлювач періодичної дії	Збивання вершків і обробка масла	800–1000 кг/цикл	1 шт.	Близько 3 циклів за зміну
10	Ємність для пахти з насосом	Збір і перекачування пахти	1,5 м³	1 шт.	Для 1,50 т пахти
11	Фасувальна машина, рольганг і поворотний пристрій	Дозування та переміщення тари	1,0–2,5 т/год	1 компл.	Резерв для 1,34 т масла
12	Холодильна камера та CIP-мийка	Зберігання продукції і миття лінії	камера ≥ 2 т	1 компл.	Якість, санітарія, резерв

Прийнятий комплект забезпечує прямоточний рух сировини і розділення потоків. Найбільшу продуктивність мають машини приймання, очищення, теплообміну і сепарування. Дільниця вершків має меншу продуктивність, але за рахунок резервуарів дозрівання працює узгоджено з масловиготовлювачем. Такий підхід зменшує зайві витрати на надмірно потужне обладнання і одночасно забезпечує виконання змінної програми.

Масловиготовлювач періодичної дії є доцільним для заданого обсягу, оскільки дає змогу контролювати кожну партію, регулювати вміст вологи і якість механічної обробки. Фасувальна машина має значний резерв за масовою продуктивністю, однак її ефективність залежить від механізації роботи з тарою. Тому в лінії обов’язково передбачаються рольганг, позиціонуючий упор, поворотний пристрій і контрольні ваги.

2.6. Організація фасування масла

Після завершення обробки масло подається до фасувальної машини. При фасуванні у ящики по 20 кг за зміну необхідно заповнити близько 67 ящиків. Основні вимоги до дільниці фасування – точність дози, зручне підведення тари, мінімальний контакт продукту з навколишнім середовищем, можливість швидкого контрольного зважування і передавання продукції в холодильну камеру.

Недостатня механізація роботи з ящиками знижує фактичну продуктивність навіть тоді, коли фасувальна машина має достатній технічний резерв. Тому у складі дільниці передбачається роликовий транспортер для подавання тари, автоматизований поворотний пристрій після заповнення, ваговий пост, місце закривання і відвідний транспортер. Поворотний пристрій повинен спрацьовувати після досягнення ящиком кінцевого положення і переводити його у зручне положення для подальших операцій.

Модернізація фасувальної машини полягає у зменшенні ручного переміщення тари, синхронізації дозування з рухом ящиків і підвищенні безпеки робочого місця. Це скорочує непродуктивні витрати часу, зменшує фізичне навантаження на працівників і забезпечує стабільніший ритм роботи всієї технологічної лінії.

2.7. Контроль, санітарна обробка та розміщення обладнання

Контроль якості здійснюється на всіх стадіях: на прийманні перевіряють молоко; після сепарування – жирність вершків і знежиреного молока; після пастеризації – температурний режим; перед збиванням – стан вершків; після виготовлення масла – масову частку вологи, консистенцію, смак і запах; після фасування – масу нетто і маркування. Такий контроль дозволяє своєчасно виявляти відхилення і не допускати випуску нестабільної продукції.

Санітарна обробка виконується за допомогою CIP-мийки, яка забезпечує циркуляцію мийних розчинів через трубопроводи, резервуари та теплообмінники. Механізми фасувальної дільниці повинні мати захисні

огородження, аварійні кнопки зупинки та зручний доступ для очищення. Обладнання розміщують за принципом прямоточності: приймання молока, апаратна обробка, дільниця вершків, масловиготовлення, фасування і холодильна камера. Це зменшує довжину трубопроводів, спрощує миття та скорочує витрати енергії.

2.8. Енергетична та організаційна ефективність лінії

Ефективність проектованої лінії визначається не тільки продуктивністю основних машин, а й правильним використанням теплової та холодильної енергії. Найбільші витрати припадають на підігрівання молока перед сепаруванням, пастеризацію вершків, охолодження молока, вершків і готового масла. Тому в лінії доцільно застосовувати пластинчасті теплообмінники з регенерацією теплоти, коли холодне молоко частково підігрівається за рахунок охолодження вже нагрітого продукту. Це зменшує витрати пари або гарячої води і одночасно знижує навантаження на холодильну установку.

Важливим резервом економії є правильне узгодження ємностей і насосів. Надмірно потужні насоси збільшують споживання електроенергії та можуть спричиняти зайве піноутворення або механічний вплив на продукт. Тому для молока прийнято насоси продуктивністю, близькою до 5 м3/год, а для вершків, пахти і масла використовують обладнання меншої продуктивності, узгоджене з фактичним потоком. Резервуарне господарство дозволяє згладити нерівномірність процесу без встановлення надлишково потужних машин.

Організаційна ефективність залежить від скорочення ручних операцій. У запропонованій лінії найбільш трудомісткою залишається фасувальна дільниця, тому її модернізація має найбільший практичний ефект. Автоматизоване подавання і повертання ящиків дає можливість зменшити кількість працівників на допоміжних операціях, підвищити безпечність праці та забезпечити стабільний темп фасування після кожного циклу масловиготовлювача. У результаті технологічна лінія стає більш ритмічною, а втрати часу між виготовленням масла і передаванням його на охолодження зменшуються.

Для перспективного розвитку цеху передбачена можливість нарощування потужності окремих дільниць. Приймальна і сепараторна частини вже мають резерв за продуктивністю. У разі збільшення обсягів переробки найбільш імовірними обмеженнями будуть місткість резервуарів дозрівання вершків, продуктивність масловиготовлювача і холодильна камера. Тому компоновку обладнання потрібно виконувати так, щоб залишити місце для встановлення додаткової ємності вершків або заміни періодичного масловиготовлювача на продуктивніший апарат.

Висновки по розділу

У розділі розроблено технологічну лінію переробки 30 т молока за зміну з виготовленням масла. Визначено, що основні дільниці, через які проходить повний потік молока, повинні мати продуктивність 5 т/год. За матеріальним балансом із заданої кількості молока отримується близько 2,83 т вершків, 27,17 т знежиреного молока, 1,34 т масла і 1,50 т пахти. При фасуванні у ящики по 20 кг потрібно підготувати приблизно 67 одиниць тари за зміну.

Для забезпечення виробничої програми підібрано комплект обладнання, який включає приймальний вузол, фільтр або молокоочисник, пластинчасті теплообмінники, резервуари, сепаратор-вершковідділювач, пастеризатор вершків, резервуари дозрівання, масловиготовлювач, фасувальну машину, рольганг з поворотним пристроєм, холодильну камеру та CIP-мийку. Запропонована структура лінії забезпечує раціональне використання сировини, узгоджує роботу основних апаратів і створює технічну основу для удосконалення машини для фасування масла.

РОЗДІЛ 3
КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

3.1 Обґрунтування та вибір об’єкта конструкторської розробки

Конструктивна частина проєкту спрямована на технічне вдосконалення операції переміщення і встановлення тари після фасування масла. Як об’єкт розробки прийнято автоматизований поворотний стіл, призначений для переведення ящика з положення «на боці» у стійке положення «на дні» без виконання цієї операції вручну. Такий вузол має працювати у складі фасувальної лінії та узгоджуватися з роботою машини М6-ОРГ-3, не порушуючи її основного технологічного циклу.

Необхідність модернізації зумовлена тим, що у попередньому варіанті значна частина допоміжних операцій залишалася за працівниками. Після наповнення ящика оператор повинен був прийняти тару, перемістити її до поворотного місця, виконати переорієнтацію та передати на наступну операцію. За такої організації виробництва продуктивність лінії фактично обмежувалася не тільки технічними можливостями фасувальної машини, а й фізичною витривалістю та швидкістю дій персоналу.

Відомі варіанти удосконалення цієї лінії здебільшого стосувалися окремих елементів фасувального обладнання. Зокрема, змінювали конструкцію бункера, застосовували пневматичне зчеплення для автоматичного припинення роботи машини після заповнення ящика, уточнювали режим подачі продукту. Проте такі рішення не усували головної проблеми – ручного перевертання наповненої тари, яке є трудомістким і монотонним. Запропонований поворотний пристрій доцільно використовувати на підприємствах різної виробничої потужності, де експлуатується фасувальна машина М6-ОРГ-3.

Його встановлення дає змогу зменшити частку ручних операцій, раціональніше використати подане до машини стиснуте повітря, підвищити стабільність технологічного процесу та створити безпечніші умови праці для персоналу.

У базовій схемі обслуговування фасувального апарата задіяно три працівники. Перший установлює порожній ящик на рухому каретку для наповнення маслом. Другий після завершення наповнення знімає ящик, переміщує його до поворотного стола та виконує переорієнтацію тари. Третій приймає ящик у робочому положенні, здійснює контроль маси й виконує пакувальні операції. Отже, одна штатна одиниця фактично зайнята тільки допоміжним переміщенням та перевертанням тари.

Автоматизація цієї допоміжної операції є найбільш раціональним напрямом конструктивної розробки. Вона не вимагає повної заміни фасувальної машини, але дає помітний організаційний і економічний ефект. Крім того, знижується ризик помилок, пов’язаних з людським фактором: неправильним положенням ящика, затримкою передачі тари на зважування або нерівномірним ритмом роботи лінії.

3.2 Технологічна схема роботи модернізованого поворотного пристрою

Після встановлення автоматизованого поворотного стола технологічний процес обслуговування машини змінюється. Кількість працівників на цій дільниці може бути зменшена на одну особу, а продуктивність лінії при цьому не знижується. Один оператор подає ящик у каретку фасувальної машини та контролює його заповнення. Далі наповнена тара надходить на поворотний пристрій, який самостійно переводить її з бокового положення у вертикальне. Другий працівник приймає готовий до подальшого оброблення ящик, зважує його та виконує пакування.

У робочому циклі модернізованого вузла ящик після наповнення маслом рухається рольгангом у положенні на боці. Досягнувши кінцевого контакту, тара натискає на нього і цим подає керуючий сигнал до пневматичної системи. Після спрацювання контакту стиснуте повітря надходить у пневмоциліндр поворотного механізму. Шток циліндра переміщується, піднімає стіл і одночасно створює момент, необхідний для перевертання ящика.

Коли ящик доходить до положення нестійкої рівноваги, подальше повертання відбувається під дією власної ваги. У цей момент кінцевий контакт звільняється, керуючий сигнал зникає, подача повітря припиняється, а шток пневмоциліндра повертається у вихідне положення. Після завершення циклу поворотний стіл готовий прийняти наступний ящик. Така послідовність забезпечує ритмічність роботи та не потребує постійного втручання оператора.

Оскільки пристрій є частиною загальної системи фасувальної машини, під час модернізації необхідно узгодити його роботу з пневмосистемою М6-ОРГ-3. Машина працює від стиснутого повітря з робочим тиском 0,6 МПа, що відповідає приблизно 6 кгс/см². Повітря із заводської мережі спочатку надходить до пневморозподільника Р1, який виконує функції вмикання, вимикання та скидання повітря з системи в атмосферу.

Далі повітря проходить через вологовідділювач ФВД1. Цей елемент призначений для очищення повітряного потоку від конденсату та механічних частинок, які можуть спричиняти зношування рухомих пар або нестійку роботу пневмоапаратури. Після очищення повітря спрямовується до клапана КР1. Поворотом регулювального гвинта і контролем показів манометра встановлюють необхідний робочий тиск 0,6 МПа.

Після регулювання тиску потік надходить у маслорозпилювач МР1. Його завдання полягає у подачі дрібнодисперсного масла в повітряний потік для змащування поверхонь тертя в пневматичних пристроях. Під час монтажу маслорозпилювача необхідно дотримуватися напряму руху повітря, вказаного стрілкою на корпусі. Перед доливанням масла повітря до розпилювача перекривають за допомогою пневморозподільника Р1.

Для змащування застосовують відфільтроване індустріальне масло И-12А або И-20А згідно з ДСТУ. Масло заливають до позначки рівня на прозорому стакані. Кількість масла, що подається у потік, регулюють дроселем на корпусі розпилювача. Практично достатнім режимом вважається подача приблизно 3–5 крапель за одну хвилину роботи. Після цього підготовлене стиснуте повітря використовується для живлення виконавчих пневмоциліндрів.

Операція заповнення ящика маслом здійснюється пневмоциліндром Ц1. Він отримує живлення від клапана КР2 через пневморозподільник Р2 і регулятор тиску КР3. Керування розподільником Р2 виконується через трилінійні пневморозподільники Р5 і Р6. Пневмоциліндр Ц1 через регулятор тиску з'єднаний із ресивером РС1, який стабілізує тиск і забезпечує більш рівномірне виконання робочого ходу.

Для введення поворотного стола в роботу пневмосистему доповнюють новими елементами: пневмоциліндром Ц2, пневморозподільником Р3, трилінійними пневморозподільниками Р7 і Р9, а також пневмодроселями ДР1 та ДР2. Пневмоциліндр Ц2 приймає повітря через розподільник Р3, а керування цим розподільником здійснюється від кінцевого контакту через елементи Р7 і Р9. Швидкість руху поршня регулюють дроселями, що дає змогу підібрати плавний та безпечний режим перевертання ящика.

Відпрацьоване повітря з розподільника Р3 виводиться через штуцер Ш19 за межі зони обслуговування та скидається в атмосферу. Це поліпшує умови роботи оператора, зменшує локальний шум і запобігає потраплянню потоку повітря безпосередньо в робочу зону. З технічного погляду модернізація полягає у встановленні додаткового пневмообладнання: пневморозподільника В63-13А УХЛ4 ТУ 2-053-1633-83, двох пневмодроселів 06-2УХЛ4 ДСТУ, трубки ПНП 6×1 ТУ 6-05-1759-76, циліндра М6-ОРГ-3 03.06.000 та пневморозподільника П-РК.3 УХЛ4 ТУ 2-1633-83.

Отже, зміст модернізації полягає не в ускладненні технологічної лінії, а в раціональному доповненні вже наявної пневмосистеми виконавчим механізмом. Такий підхід дає змогу використати частину енергії стиснутого повітря, яка у базовій схемі фактично не бере участі у корисній роботі, та спрямувати її на автоматичне перевертання тари.

3.3 Розрахунок болтового з'єднання

Для кріплення кінцевого контакту на боковій стінці поворотного стола передбачено металеву пластину. Вона фіксується на корпусі стола двома

болтами. Надійність цього вузла є важливою, оскільки від точності положення кінцевого контакту залежить своєчасне вмикання пневматичного механізму та правильне виконання циклу повертання ящика.

Під час розрахунку болтового з'єднання приймаємо такі припущення: навантаження діє вздовж осі болта і гайки; розрахункова площа болта визначається за діаметром d_1; зусилля між витками різьби болта і гайки розподіляється рівномірно; напруження у поперечному перерізі болта та гайки також вважаються рівномірними. Такі припущення відповідають спрощеній інженерній методиці для попереднього підбору кріпильних елементів.

Розглядаємо з'єднання, яке навантажене центральною відривною силою. Після попередньої затяжки болт працює на розтяг, а деталі стику перебувають у стиснутому стані. Коли до вузла прикладається зовнішнє навантаження, частина цього навантаження додатково сприймається болтом, а інша частина зменшує стиск деталей у стику. При цьому розкриття стику не допускається, тому діаметр болта має забезпечувати необхідний запас міцності.

Розрахунковий діаметр болта при проєктному розрахунку визначаємо за залежністю:

$$d_1 = \sqrt{(4 \cdot F_{розр} / (\pi \cdot [\sigma_р]))} \qquad (3.1)$$

де $F_{розр}$ – сила, що діє на відривання, Н; $[\sigma_р]$ – допустиме напруження на розрив, МПа. Після підстановки вихідних даних отримаємо:

$$d_1 = \sqrt{(4 \cdot 200 / (3{,}14 \cdot 4 \cdot 10^6))} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 8 \text{ мм}$$

Отримане значення свідчить, що для надійного закріплення пластини з кінцевим контактом достатньо застосувати болтове з'єднання з діаметром гвинта 8 мм. Такий розмір забезпечує необхідну міцність вузла і є зручним для монтажу, регулювання та подальшого технічного обслуговування.

3.4 Розрахунок витрати повітря після впровадження модернізації на машині М6-ОРГ-3

На базовій машині використовується пневмоциліндр М6-ОРГ-3 03.01.000. Його основні геометричні параметри такі: зовнішній діаметр становить 38 мм,

внутрішній діаметр – 16 мм, довжина робочої частини циліндра – 447 мм. За цими даними можна оцінити об’єм повітря, що бере участь у корисній роботі під час виконання циклу фасування.

Площу робочого поперечного перерізу циліндра визначаємо за формулою:

$$S_1 = \pi \cdot r_1^2 / 2 = 3{,}14 \cdot 8^2 / 2 = 100 \text{ мм}^2 \quad (3.2)$$

Об’єм повітря, що витрачається за один робочий хід під час наповнення ящика, визначаємо як добуток площі перерізу на довжину ходу поршня:

$$V_1 = S_1 \cdot l_1 = 100 \cdot 447 = 44700 \text{ мм}^3 \quad (3.3)$$

Годинну витрату повітря для базового циліндра визначаємо за кількістю ящиків, які обробляються протягом години. За продуктивності машини 2500 кг/год приймаємо 125 ящиків за годину:

$$V_p = V_1 \cdot n = 44700 \cdot 125 = 5587500 \text{ мм}^3 \approx 0{,}06 \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.4)$$

З наведеного розрахунку видно, що не весь об’єм поданого стиснутого повітря використовується з однаковою ефективністю. Частина енергії виводиться з системи, тому її можна залучити для роботи додаткового виконавчого механізму без суттєвого збільшення загальних енерговитрат.

Для перевертання ящика приймаємо пневмоциліндр М6-ОРГ-З 03.06.000 з такими параметрами: діаметр D = 50 мм, діаметр штока d = 20 мм, довжина робочого ходу l = 230 мм. Площа корисного поперечного перерізу для цього циліндра становить:

$$S_2 = \pi \cdot r_2^2 / 2 = 3{,}14 \cdot 10^2 / 2 = 157{,}08 \text{ мм}^2 \quad (3.5)$$

Об’єм повітря, необхідний для одного циклу роботи поворотного циліндра, дорівнює:

$$V_2 = S_2 \cdot l_2 = 157{,}08 \cdot 230 = 36128{,}32 \text{ мм}^3 \quad (3.6)$$

За годину роботи машини, якщо кількість циклів становить 125, витрата повітря на повертання ящиків буде:

$$V_{p1} = V_2 \cdot 125 = 36128 \cdot 125 = 4516039{,}44 \text{ мм}^3 \approx 0{,}045 \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.7)$$

Загальна витрата повітря під час роботи модернізованої машини визначається сумуванням витрат базового і додаткового пневмоциліндрів:

$$V_{заг} = V_1 + V_2 = 0,06 + 0,045 = 0,105 \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.8)$$

Отже, введення поворотного механізму не призводить до істотного збільшення потреби в стиснутому повітрі. Навпаки, модернізація дає можливість корисно застосувати частину енергії, яка у звичайному режимі виводиться в атмосферу через клапан П-РК-3. Це підтверджує технічну доцільність розробки та її сумісність із наявною пневмосистемою машини М6-ОРГ-3.

3.5 Продуктовий розрахунок

Продуктовий розрахунок виконують для визначення кількості сировини та проміжних продуктів, необхідних для роботи цеху з виробництва масла. За масою молока, що спрямовується на переробку, визначаємо масу вершків і масу знежиреного молока. Розрахунки виконуються з урахуванням масової частки жиру в молоці, вершках і знежиреному молоці, а також допустимих втрат під час технологічних операцій.

Масу вершків, одержаних під час сепарування молока і призначених для подальшого виробництва масла, визначаємо за формулою:

$$М_В = (М_М \cdot (Ж_М - Ж_О) / (Ж_В - Ж_О)) \cdot (100 - П) / 100 \quad (3.9)$$

де П – допустимі втрати молока під час одержання вершків, %; $М_М$ – маса молока, що подається на сепарування, кг; $Ж_М$ – масова частка жиру в молоці, %; $Ж_О$ – масова частка жиру в знежиреному молоці, %; $Ж_В$ – масова частка жиру у вершках, %. Для прийнятих вихідних даних $Ж_О$ = 0,05 %.

$$М_В = (120000 \cdot (3,4 - 0,05) / (10 - 0,05)) \cdot (100 - 2) / 100 = 40000 \text{ кг}$$

Масу знежиреного молока, одержаного після сепарування, визначаємо як різницю між масою вихідного молока та масою вершків:

$$М_О = М_М - МВ \quad (3.10)$$

$$М_О = 120000 - 40000 = 80000 \text{ кг}$$

Якщо масло виробляють способом перетворення високожирних вершків, масу таких вершків визначають за формулою:

$$М_{ВЖ.В} = (МВ \cdot (Ж_В - Ж_{ПАХ}) / (Ж_{ВЖ.В} - Ж_{ПАХ})) \cdot (100 - П_{ВЖ.В}) / 100 \quad (3.11)$$

де $М_{ВЖ.В}$ – маса високожирних вершків, кг; $Ж_{ПАХ}$ – масова частка жиру в пахті, %; ЖВЖ.В – масова частка жиру у високожирних вершках, %; $П_{ВЖ.В}$ – допустимі втрати жиру під час виробництва масла, %.

$$М_{ВЖ.В} = (60000 \cdot (10 - 0{,}05) / (21 - 0{,}05)) \cdot (100 - 2) / 100 = 27926{,}5 \text{ кг}$$

При виробництві масла способом збивання вершків масу готового масла розраховують за залежністю:

$$М_{МС} = (М_В \cdot (Ж_В - Ж_{ПАХ}) / (Ж_{МС} - Ж_{ПАХ})) \cdot (100 - П_Ж) / 100 \quad (3.12)$$

де $М_{МС}$ – маса масла, кг; $Ж_{МС}$ – масова частка жиру в маслі, %; $П_Ж$ – допустимі втрати жиру під час виробництва масла способом збивання вершків, %.

$$М_{МС} = (40000 \cdot (37 - 0{,}05) / (70 - 0{,}05)) \cdot (100 - 2) / 100 = 10354 \text{ кг}$$

Масу пахти можна визначити двома способами. Перший спосіб базується на різниці між масою вершків і масою масла з урахуванням втрат:

$$М_{ПАХ} = (М_В - М_{МС}) \cdot (100 - П_{ПАХ}) / 100 \quad (3.13)$$

$$М_{ПАХ} = (40000 - 20000) \cdot (100 - 2) / 100 = 19200 \text{ кг}$$

Другий спосіб враховує співвідношення масових часток жиру у маслі, вершках і пахті:

$$М_{ПАХ} = (М_В \cdot (Ж_{МС} - Ж_{СЛ}) / (Ж_{МС} - Ж_{ПАХ})) \cdot (100 - П_{ПАХ}) / 100 \quad (3.14)$$

Для кисловершкового масла з короткочасним сквашуванням необхідно визначити масу закваски. Якщо закваску вносять до вершків, розрахунок виконують за формулою:

$$З = М_В \cdot (Т_Ж - Т_В) / (Т_З - Т_Ж) \quad (3.15)$$

де $Т_Ж$ – задана кислотність вершків після внесення закваски; ТВ – кислотність вершків до внесення закваски; ТЗ – кислотність закваски.

Якщо закваска вноситься безпосередньо у пласт масла, її масу визначають простішою залежністю:

$$З = 1,5 \cdot М_{МС} / 100 \quad (3.16)$$

де 1,5 – прийнята масова частка закваски, %. Наведені розрахунки дають змогу узгодити продуктивність фасувальної дільниці з фактичним обсягом сировини і готової продукції, а також перевірити, чи відповідає модернізована лінія добовому завантаженню цеху.

Висновок до розділу

У конструктивній частині розглянуто доцільність автоматизації операції перевертання ящиків із маслом після фасування. Запропоноване рішення передбачає встановлення поворотного стола з пневматичним приводом, який працює у взаємодії з пневмосистемою машини М6-ОРГ-3. Це дає змогу скоротити потребу в ручній праці, зменшити кількість працівників на допоміжній операції та підвищити сталість ритму роботи фасувальної лінії.

Виконаний розрахунок болтового з’єднання підтвердив можливість використання кріплення з гвинтом діаметром 8 мм для фіксації пластини з кінцевим контактом. Розрахунок витрати повітря показав, що додатковий пневмоциліндр поворотного механізму не потребує значного збільшення енерговитрат, оскільки може використовувати частину стиснутого повітря, яка в базовій схемі не застосовується ефективно. Продуктовий розрахунок дав змогу визначити кількість молока, вершків, масла, пахти та закваски для прийнятих вихідних даних. Отже, модернізація є технічно обґрунтованою і може бути рекомендована для впровадження на лінії виробництва селянського масла.

РОЗДІЛ 4
ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Загальна характеристика умов праці на дільниці переробки молока та фасування масла

Охорона праці під час модернізації технологічної лінії переробки молока має розглядатися як обов’язкова складова проектних рішень, оскільки робота молокопереробного цеху пов’язана з використанням електроприводів, насосів, сепараторів, теплообмінників, пневматичних механізмів, гарячої води, мийних розчинів і холодильного обладнання. У даній кваліфікаційній роботі особлива увага приділяється дільниці виготовлення та фасування масла, де після модернізації передбачається застосування фасувальної машини з механізованим переміщенням і повертанням ящиків.

Виробнича лінія розрахована на переробку 30 т молока за зміну. За такого навантаження обладнання працює в безперервному або періодично-безперервному режимі, а персонал виконує операції з контролю якості сировини, керування апаратами, підготовки тари, фасування масла, санітарного оброблення машин і передавання готової продукції до холодильної камери. Наявність вологих поверхонь, слизької підлоги, рухомих вузлів, підвищеної температури на окремих ділянках і пневматичних приводів вимагає правильної організації робочого місця та надійного захисту працівників.

Нормативну основу розділу становлять вимоги законодавства України з охорони праці, санітарні правила для молокопереробних підприємств, санітарні норми мікроклімату, норми освітлення та галузеві правила безпеки для підприємств з переробки молока.

4.2. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Під час роботи технологічної лінії на працівників можуть впливати механічні, електричні, теплові, санітарно-гігієнічні та організаційні чинники. Вони виникають як у зоні основних апаратів, так і на допоміжних операціях із

тарою, мийними засобами та готовою продукцією. Найбільш характерні небезпечні фактори наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Небезпечні та шкідливі чинники на дільниці виготовлення і фасування масла

Чинник	Джерело виникнення	Можливі наслідки	Заходи запобігання
Рухомі частини машин	рольганг, приводи, дозатор, пневмоповертач	защемлення, удар, поріз	огородження, кінцеві вимикачі, аварійна зупинка
Електричний струм	електродвигуни, шафи керування, датчики	ураження струмом, пожежа	заземлення, захисне відключення, справна ізоляція
Волога та слизька підлога	миття обладнання, конденсат, розливи продукту	падіння, травмування	неслизьке покриття, трапи, своєчасне прибирання
Теплові фактори	пастеризація, гаряча вода, парові комунікації	опіки, перегрівання	теплоізоляція, попереджувальні знаки, рукавиці
Мийні та дезінфекційні розчини	CIP-мийка, ручне очищення поверхонь	подразнення шкіри й очей	інструктаж, окуляри, рукавички, промаркована тара
Шум і вібрація	сепаратор, насоси, фасувальна машина	втома, зниження уваги	технічне обслуговування, балансування, звукоізоляція

Особливу небезпеку становить робота з ящиками після фасування. Один заповнений ящик має масу близько 20 кг, тому багаторазове ручне переміщення створює значне статичне і динамічне навантаження на працівника. Крім того, під час повертання ящика вручну можливе його неконтрольоване зміщення, падіння або защемлення рук між тарою та елементами стола. Саме тому модернізований поворотний пристрій необхідно обладнати захисними кожухами, кінцевими контактами та обмежувачами руху.

У виробничих приміщеннях потрібно підтримувати чистоту, не допускати накопичення залишків молока, вершків, пахти і масла, а працівників забезпечувати санітарним одягом, неслизьким взуттям і засобами захисту для миття та дезінфекції.

4.3. Вимоги безпеки до модернізованої фасувальної машини

Модернізація машини для фасування масла повинна виконуватися так, щоб підвищення продуктивності не супроводжувалося зростанням травмонебезпечності. Усі рухомі частини, які можуть контактувати з працівником, необхідно закрити стаціонарними або відкидними огородженнями. Відкидні огородження доцільно обладнати блокуванням, яке унеможливлює запуск приводу при відкритому кожусі. На робочому місці оператора повинні бути встановлені кнопки «Пуск», «Стоп» і «Аварійна зупинка», розташовані в зоні швидкого доступу.

Пневматична система поворотного пристрою має працювати плавно, без різких ударів у крайніх положеннях. Для цього застосовують дроселі, регулятори тиску, кінцеві вимикачі та механічні упори. Подача стисненого повітря на циліндр допускається лише після того, як ящик займе правильне положення на рольгангу. Після завершення повороту стіл повинен автоматично повертатися у вихідне положення. У разі зникнення тиску або електроживлення механізм не повинен створювати некерованого переміщення тари.

Електрообладнання фасувальної дільниці повинно відповідати умовам експлуатації у вологому приміщенні: шафи керування розміщують поза зонами потрапляння води, кабелі прокладають у захисних коробах, а металеві корпуси під’єднують до захисного заземлення.

4.4. Розрахунок загальнообмінної вентиляції фасувального відділення

У молокопереробному цеху вентиляція потрібна для видалення надлишкової вологи, теплоти, запахів і парів мийних розчинів. Приймаємо, що фасувальне відділення має розміри 12 м × 8 м × 4,5 м. Об’єм приміщення становить:

$$V = a \times b \times h = 12 \cdot 8 \cdot 4{,}5 = 432\ м^3. \quad (4.1)$$

Для виробничого приміщення з вологими процесами приймаємо кратність повітрообміну $n = 4$ год$^{-1}$. Необхідну подачу повітря визначаємо за формулою:

$$L = n \times V = 4 \cdot 432 = 1728 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (4.2)$$

З урахуванням резерву приймаємо Lпр = 1800 м³/год. Для підбору повітропроводу визначимо його площу при рекомендованій швидкості руху повітря v = 5 м/с:

$$F = L_{пр} / (3600 \cdot v) = 1800 / (3600 \cdot 5) = 0{,}10 \text{ м}^2. \quad (4.3)$$

Еквівалентний діаметр круглого повітропроводу дорівнює:

$$d = \sqrt{(4F / \pi)} = \sqrt{(4 \cdot 0{,}10 / 3{,}14)} = 0{,}357 \text{ м}. \quad (4.4)$$

Отже, для фасувального відділення доцільно прийняти круглий повітропровід діаметром 360 мм або прямокутний повітропровід розміром 400 × 250 мм. Потужність електродвигуна вентилятора орієнтовно визначаємо за формулою:

$$N = Lпр \cdot \Delta p / (3600 \cdot \eta) = 1800 \cdot 350 / (3600 \cdot 0{,}60) = 0{,}29 \text{ кВт}. \quad (4.5)$$

де Δp = 350 Па – прийнятий опір мережі; η = 0,60 – ККД вентилятора з приводом. З урахуванням пускового режиму та забруднення фільтрів приймаємо вентилятор із електродвигуном потужністю 0,55 кВт. Розрахунок показує, що така вентиляція забезпечує достатній повітрообмін для видалення вологи та підтримання прийнятного мікроклімату на робочих місцях.

4.5. Розрахунок штучного освітлення

Якісне освітлення потрібне для безпечного керування обладнанням, контролю маси нетто, виявлення забруднення тари та читання маркування. Розрахунок виконуємо методом світлового потоку для того самого приміщення площею 12 м × 8 м. Площа підлоги становить:

$$S = 12 \cdot 8 = 96 \text{ м}^2.$$

Приймаємо нормовану освітленість для робочої зони E = 300 лк, коефіцієнт запасу k = 1,5, коефіцієнт нерівномірності z = 1,1, коефіцієнт використання світлового потоку η = 0,55. Для встановлення приймаємо світлодіодні світильники зі світловим потоком одного світильника Ф = 5200 лм. Кількість світильників:

$$N_{св} = E \cdot S \cdot k \cdot z / (\Phi \cdot \eta) = 300 \cdot 96 \cdot 1{,}5 \cdot 1{,}1 / (5200 \cdot 0{,}55) = 16{,}6. \quad (4.5)$$

Отримане значення округлюємо в більший бік і приймаємо 18 світильників. Їх доцільно розмістити рівномірно у три ряди по шість світильників, що забезпечує відсутність різких тіней у зоні фасування, вагового контролю та переміщення тари. Світильники повинні мати захисні розсіювачі, які не допускають потрапляння уламків у продукт у разі пошкодження лампи або корпусу.

4.6. Розрахунок сумарного рівня шуму

Основними джерелами шуму на лінії є сепаратор, насоси, масловиготовлювач і фасувальна машина. Для орієнтовної оцінки приймаємо такі рівні звуку: насос – 72 дБА, сепаратор – 78 дБА, масловиготовлювач – 75 дБА, фасувальна машина – 73 дБА. Сумарний рівень визначаємо логарифмічним додаванням:

$$L\Sigma = 10 \cdot \lg(10^{(72/10)} + 10^{(78/10)} + 10^{(75/10)} + 10^{(73/10)}).$$

$$L\Sigma = 81.2 \text{ дБА}.$$

Розрахунковий сумарний рівень шуму становить приблизно 81 дБА. Для зниження впливу шуму необхідно підтримувати справність підшипників, виконувати балансування обертових вузлів, установлювати машини на віброізолюючі опори, не допускати роботи обладнання з відкритими кожухами, а у разі потреби забезпечити працівників засобами індивідуального захисту слуху. Під час модернізації фасувальної машини важливо не допустити появи ударних шумів при спрацюванні пневмоповертача, тому його крайні положення мають бути демпфовані.

4.7. Заходи пожежної безпеки та електробезпеки

Молокопереробне виробництво не належить до найбільш пожежонебезпечних, однак у цеху є електродвигуни, кабельні лінії, пульти керування, пакувальні матеріали, дерев’яна або картонна тара, а також мастильні матеріали. Основними причинами пожежі можуть бути коротке замикання, перегрівання електродвигуна, порушення правил експлуатації

нагрівального обладнання, накопичення пакувальних матеріалів біля електрошаф і несвоєчасне очищення робочих місць.

Для запобігання пожежі електрообладнання повинно мати захист від перевантаження і короткого замикання. Проходи до електрощитів, евакуаційних виходів і засобів пожежогасіння залишають вільними, а пакувальні матеріали зберігають у відведеному місці.

Електробезпека забезпечується захисним заземленням, автоматичними вимикачами, періодичною перевіркою ізоляції та забороною миття машини під напругою. Перед ремонтом обладнання вимикають, перекривають подачу стисненого повітря і скидають залишковий тиск.

4.8. Санітарно-гігієнічні та організаційні заходи

Санітарна безпека праці на виробництві масла полягає в дотриманні чистоти робочих поверхонь, інвентарю, тари, повітряного середовища та спецодягу персоналу. Перед початком зміни працівники проходять підготовку робочих місць, перевіряють справність огороджень, кнопок зупинки, трубопроводів і пневмосистеми. Після завершення роботи обладнання очищають від залишків продукту, промивають і дезінфікують відповідно до затвердженої інструкції.

Підлога у фасувальному відділенні повинна бути водостійкою, неслизькою, з ухилом до трапів. Розливи молока, вершків, пахти або мийних розчинів потрібно прибирати негайно. У місцях можливого намокання персонал має користуватися гумовим або полімерним взуттям із рифленою підошвою. Для миття і роботи з розчинами застосовують захисні рукавички, фартух і окуляри. Мийні засоби зберігають у промаркованій тарі окремо від харчової сировини і пакувальних матеріалів.

4.9. Оцінка зниження фізичного навантаження після модернізації

Одним із результатів модернізації є зменшення ручної праці під час переміщення заповнених ящиків з маслом. За розрахунками технологічного

розділу, змінна кількість готового масла становить близько 1337 кг. При фасуванні у ящики по 20 кг потрібно обробити приблизно 67 ящиків за зміну. Якщо до модернізації кожний ящик необхідно було вручну перемістити і повернути, то сумарна маса вантажу, з якою контактує працівник, становила:

$$G_{зм} = m_я \cdot n_я = 20 \cdot 67 = 1340 \text{ кг/зміну}. \quad (4.6)$$

Механізований рольганг і автоматизований поворотний пристрій не усувають потребу в контролі оператора, але значно скорочують кількість піднімань і поворотів тари. Якщо прийняти, що після модернізації ручні дії зменшуються на 70 %, то маса вантажів, які фактично переміщує персонал вручну, становитиме:

$$G_{руч} = 1340 \cdot (1 - 0{,}70) = 402 \text{ кг/зміну}.$$

Отже, орієнтовне зменшення ручного навантаження дорівнює 938 кг за зміну. Це позитивно впливає на працездатність персоналу, знижує ризик травмування спини та рук, а також підвищує стабільність темпу фасування. Для досягнення цього ефекту потрібно забезпечити справність рольганга, правильне регулювання висоти робочих поверхонь і своєчасне технічне обслуговування пневмоприводу.

Висновки по розділу

У розділі розглянуто умови праці на технологічній лінії переробки молока та виготовлення масла з урахуванням модернізації фасувальної машини. Визначено основні небезпечні та шкідливі чинники: рухомі частини машин, електричний струм, вологі поверхні, мийні розчини, шум, теплові фактори і фізичне навантаження під час роботи з тарою. Запропоновано заходи безпеки, що включають огородження рухомих вузлів, аварійну зупинку, блокування, захисне заземлення, вентиляцію, якісне освітлення, санітарне прибирання і застосування засобів індивідуального захисту.

Виконані розрахунки показали, що для фасувального відділення об’ємом 432 м³ потрібна загальнообмінна вентиляція продуктивністю близько 1800 м³/год, для освітлення приміщення площею 96 м² необхідно встановити 18

світлодіодних світильників, а сумарний рівень шуму від основного обладнання становить орієнтовно 81 дБА. Розрахунок фізичного навантаження підтвердив, що механізація переміщення та повертання ящиків може зменшити ручну роботу приблизно на 938 кг вантажу за зміну. Отже, запропонована модернізація не тільки підвищує технологічну ефективність фасування масла, а й покращує безпечність і ергономіку праці персоналу.

РОЗДІЛ 5
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ

5.1. Мета та завдання економічного обґрунтування

Техніко-економічне обґрунтування є завершальним етапом оцінювання доцільності модернізації технологічної лінії переробки молока та виготовлення масла. У даній кваліфікаційній роботі основна увага приділяється удосконаленню машини для фасування масла шляхом впровадження автоматизованого поворотного пристрою, який забезпечує переведення заповненого ящика з бокового положення на дно без виконання цієї операції вручну. Таке рішення має не тільки конструктивне, а й економічне значення, оскільки воно впливає на чисельність обслуговуючого персоналу, трудомісткість операцій, стабільність роботи лінії, рівень виробничих витрат і собівартість готової продукції.

Метою розділу є визначення очікуваного економічного результату від впровадження модернізованої машини для фасування масла на підприємстві, що переробляє 30 т молока за одну зміну. Для досягнення цієї мети необхідно встановити вихідні виробничі показники, розрахувати орієнтовний обсяг випуску масла, визначити капітальні витрати на модернізацію, оцінити зміну експлуатаційних витрат, розрахувати річний економічний ефект і строк окупності проєктного рішення.

Економічна ефективність модернізації формується переважно за рахунок зменшення частки ручної праці на операції приймання та повертання ящиків із маслом. У базовому варіанті на ділянці фасування задіяні три працівники: оператор подачі тари, працівник, що приймає заповнений ящик і виконує його повертання, та працівник зважування і пакування.

Після встановлення автоматизованого поворотного столу середню чисельність персоналу на цій ділянці можна зменшити до двох осіб без зниження продуктивності лінії. Додатковими перевагами є зменшення простоїв,

підвищення ритмічності роботи, покращення умов праці та зниження ризику пошкодження споживчої або транспортної тари.

У розрахунках використані навчально-проєктні ціни та нормативні коефіцієнти. Фактичні значення вартості сировини, енергії, запасних частин і заробітної плати під час реального впровадження мають уточнюватися за комерційними пропозиціями постачальників, договором енергопостачання та штатним розписом підприємства. Такий підхід дозволяє виконати порівняльну оцінку базового і проєктного варіантів та визначити економічну доцільність прийнятих технічних рішень.

5.2. Вихідні дані для розрахунків

Вихідні показники прийнято відповідно до завдання на кваліфікаційну роботу та технологічної схеми виробництва масла. Потужність лінії становить 30 т молока за зміну. Тривалість зміни приймається 8 год, кількість робочих змін на рік – 250. Для виробництва масла передбачається сепарування молока з одержанням вершків, подальше їх технологічне оброблення, збивання або перетворення жирової фази, фасування масла в транспортну тару та передавання продукції на зважування, пакування і холодильне зберігання.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані.

Показник	Позначення	Одиниця	Значення
Маса молока, що переробляється за зміну	$М_м$	кг	30 000
Тривалість зміни	$Т_{зм}$	год	8
Кількість змін на рік	$N_{зм}$	змін	250
Масова частка жиру в молоці	$Ж_м$	%	3,4
Масова частка жиру у знежиреному молоці	$Ж_о$	%	0,05
Масова частка жиру у вершках	$Ж_в$	%	37,0
Масова частка жиру в маслі селянському	$Ж_{мас}$	%	72,5
Втрати під час сепарування	$П_с$	%	0,4
Втрати під час виготовлення масла	$П_ж$	%	0,5
Розрахунковий місячний оклад одного працівника	$З_м$	грн	18 000

Продовження таблиці 5.1

Коефіцієнт додаткової заробітної плати	$К_д$	частка	0,15
Ставка нарахування ЄСВ на фонд оплати праці	$С_{єсв}$	%	0,22
Розрахункова ціна електроенергії	$Ц_е$	грн/кВт·год	8,00

Для оцінювання економічного результату приймається, що модернізація не змінює основну продуктивність технологічної лінії, але підвищує організованість операції фасування. Це означає, що кількість виготовленого масла визначається не продуктивністю поворотного пристрою, а загальною потужністю молокопереробної лінії, якістю сировини та прийнятим режимом виробництва. Отже, економічний ефект від удосконалення формується передусім за рахунок зменшення витрат на оплату праці, зниження непродуктивних витрат часу і підвищення експлуатаційної надійності ділянки фасування.

5.3. Розрахунок виробничої програми

Розрахунок виробничої програми необхідний для визначення річного обсягу випуску продукції та подальшого розподілу економії на одиницю готового масла. Маса вершків, які одержують під час сепарування молока, визначається за балансом жиру:

$$М_в = М_м \times (Ж_м – Ж_о) / (Ж_в – Ж_о) \cdot (100 – П_с) / 100, \qquad (5.1)$$

де $М_м$ = 30 000 кг – маса молока за зміну; $Ж_м$ = 3,4 % – жирність молока; $Ж_о$ = 0,05 % – жирність знежиреного молока; $Ж_в$ = 37,0 % – жирність вершків; $П_с$ = 0,4 % – втрати під час сепарування. Після підстановки числових значень одержуємо:

$$М_в = 30\,000 \cdot (3,4 – 0,05) / (37,0 – 0,05) \cdot (100 – 0,4) / 100 = 2709,0 \text{ кг.}$$

Маса знежиреного молока становитиме: $М_о = М_м – М_в$ = 30 000 – 2709,0 = 27291,0 кг за зміну.

Маса готового масла визначається з урахуванням жирності вершків, жирності пахти, жирності масла та технологічних втрат:

$$М_{мас} = М_в \times (Ж_в – Ж_{пах}) / (Ж_{мас} – Ж_{пах}) \cdot (100 – П_ж) / 100, \qquad (5.2)$$

де $Ж_{пах}$ = 0,5 % – орієнтовна масова частка жиру в пахті; $Ж_{мас}$ = 72,5 % – масова частка жиру в маслі; $П_{ж}$ = 0,5 % – втрати під час виготовлення масла. Розрахунок дає:

$$M_{мас} = 2709,0 \cdot (37,0 – 0,5) / (72,5 – 0,5) \cdot (100 – 0,5) / 100 = 1366,5 \text{ кг за зміну.}$$

Маса пахти що утворюється під час виробництва масла орієнтовно дорівнює: $М_{пах} = М_{в} – М_{мас}$ = 2709,0 – 1366,5 = 1342,6 кг за зміну. За рік підприємство переробить 7 500 000 кг молока а річний випуск масла становитиме 341 613 кг.

Таблиця 5.2 – Виробнича програма

Вид продукції або напівпродукту	За зміну, кг	За рік, кг
Молоко, що надходить на переробку	30 000	7 500 000
Вершки після сепарування	2 709.0	677 253.0
Знежирене молоко	27 291.0	6 822 747.0
Готове масло	1 366.5	341 613.0
Пахта	1 342.6	335 640.0

Отримані показники підтверджують, що ділянка фасування повинна забезпечувати надійне приймання і переміщення приблизно 1,37 т масла за зміну. Якщо масло фасується у ящики масою 20 кг, кількість транспортних одиниць становитиме близько 68–69 ящиків за зміну. За таких умов ручне повертання кожного заповненого ящика є повторюваною операцією з підвищеним фізичним навантаженням. Тому механізація цієї операції без зміни основної технологічної схеми є економічно доцільною та організаційно виправданою.

5.4. Визначення капітальних витрат на модернізацію

Капітальні витрати включають вартість пневматичних, механічних і керуючих елементів, витрати на виготовлення металоконструкції поворотного столу, монтаж, налагодження та підготовку технічної документації. Модернізація не передбачає повної заміни фасувальної машини, а тому потребує значно менших інвестицій порівняно з придбанням нового фасувального комплексу. Це є важливою перевагою для підприємств малої та

середньої потужності, які прагнуть підвищити рівень механізації без суттєвого збільшення капіталовкладень.

Таблиця 5.3 – Капітальні витрати на модернізацію

№	Стаття витрат	Кількість	Ціна, грн	Сума, грн
1	Пневмоциліндр приводу поворотного столу з комплектом кріплень	1	14000	14000
2	Пневморозподільники та керуюча апаратура	2	5000	10000
3	Пневмодроселі, фітинги та регулятори швидкості	1 компл.	3000	3000
4	Кінцеві датчики, елементи сигналізації та блокування	1 компл.	3500	3500
5	Пневмотрубки, з’єднувальні елементи, ущільнення	1 компл.	4500	4500
6	Металоконструкція поворотного столу, ролики, опори, захисні кожухи	1 компл.	35000	35000
7	Елементи електропневматичного керування	1 компл.	8500	8500
8	Монтажні та налагоджувальні роботи	1 компл.	18000	18000
9	Проєктно-конструкторські роботи та технологічна підготовка	1 компл.	7000	7000
10	Транспортно-заготівельні витрати	1 компл.	4000	4000
	Разом прямих витрат			107 500
	Резерв на непередбачені витрати, 5 %			5 375
	Загальна сума капітальних вкладень			112 875

Загальна сума капітальних вкладень визначається за формулою:

$$K = C_{обл} + C_{мат} + C_{мон} + C_{пн} + C_{рез}, \qquad (5.3)$$

де $C_{обл}$ $C_{мат}$ $C_{мон}$ $C_{пн}$ – витрати на обладнання матеріали монтаж і пусконалагоджувальні роботи; $C_{рез}$ – резерв. За результатами кошторису K = 112 875 грн.

5.5. Розрахунок зміни експлуатаційних витрат

Основний економічний результат від модернізації пов’язаний зі скороченням чисельності працівників на операції фасування. У базовому варіанті ділянку обслуговують три працівники, а після впровадження автоматизованого поворотного столу – два працівники. Отже, умовне скорочення становить одну штатну одиницю на зміну. При цьому не враховується можливий додатковий ефект від зменшення виробничих простоїв,

оскільки для обережної оцінки приймається, що загальна продуктивність лінії залишається сталою.

Річна економія фонду оплати праці визначається за формулою:

$$E_{зп} = З_м \cdot 12 \cdot (1 + Кд) \cdot (1 + Сєсв), \quad (5.4)$$

де Зм = 18 000 грн – місячний оклад одного працівника; Кд = 0,15 – коефіцієнт додаткової заробітної плати; Сєсв = 0,22 – ставка нарахувань на фонд оплати праці. Після підстановки:

$$E_{зп} = 18\,000 \cdot 12 \cdot (1 + 0{,}15) \cdot (1 + 0{,}22) = 303\,048 \text{ грн/рік.}$$

Разом з тим модернізований пристрій потребує певних додаткових експлуатаційних витрат. До них належать амортизація, технічне обслуговування, ремонт, а також незначне споживання електроенергії компресорною установкою для забезпечення роботи пневмоциліндра. Оскільки пристрій використовує пневматичну енергію лінії, додаткове енергоспоживання приймається невеликим.

Річні амортизаційні відрахування при нормі 10 % становлять: A = K · 0,10 = 112875 × 0,10 = 11 288 грн/рік. Витрати на ремонт і технічне обслуговування при нормі 5 % становлять: R = K × 0,05 = 112 875 × 0,05 = 5 644 грн/рік.

Додаткові витрати на електроенергію визначимо за середньою додатковою потужністю 0,12 кВт річним фондом роботи 2000 год і розрахунковою ціною 8,00 грн/кВт·год: C_e = 0,12 · 2000 · 8,00 = 1 920 грн/рік.

Таблиця 5.4 – Додаткові витрати.

Показник	Розрахунок	Сума, грн/рік
Економія фонду оплати праці	18000 · 12 · 1,15 · 1,22	303 048
Амортизаційні відрахування	112875 · 0,10	11 288
Ремонт і технічне обслуговування	112875 · 0,05	5 644
Додаткові витрати на електроенергію	0,12 · 2000 · 8,00	1 920
Разом додаткових витрат		18 851

Чистий річний економічний результат від модернізації визначається як різниця між економією фонду оплати праці та додатковими експлуатаційними витратами: $E_р$ = 303 048 – 18 851 = 284 197 грн/рік.

Отже, навіть за обережної оцінки, коли не враховано додатковий прибуток від можливого зменшення простоїв та пошкодження тари, модернізація забезпечує позитивний економічний результат. Це пояснюється тим, що капітальні витрати на встановлення поворотного пристрою є невеликими порівняно з річною економією фонду оплати праці.

5.6. Розрахунок собівартості та економії на одиницю продукції

Для поглибленої оцінки впливу модернізації доцільно визначити зміну витрат у розрахунку на 1 кг готового масла. У спрощеній калькуляції враховано вартість молока, пакувальних матеріалів, енергії, оплати праці на ділянці фасування, поточні витрати та вартість побічної продукції. Вартість знежиреного молока і пахти віднімається із загальних витрат, оскільки ці продукти можуть бути використані в подальшому виробництві або реалізовані.

Для навчального розрахунку прийнято: ціна молока – 16,50 грн/кг, ціна знежиреного молока – 5,50 грн/кг, ціна пахти – 3,20 грн/кг, витрати на пакування – 8,50 грн/кг масла, енергетичні витрати – 1,20 грн/кг масла. Наведені значення є розрахунковими і можуть змінюватися залежно від регіону, сезону закупівлі молока, договірних умов і тарифів.

Таблиця 5.5 – Розрахунок собівартості

Стаття калькуляції	Базовий варіант, грн/зміну	Проєктний варіант, грн/зміну
Молоко-сировина	495 000	495 000
Пакувальні матеріали	11 615	11 615
Енергетичні витрати	1 640	1 640
Оплата праці з нарахуваннями на ділянці фасування	3 637	2 424
Ремонт, обслуговування та амортизація ділянки	5 000	5 075
Загальновиробничі витрати	15 000	15 000
Вартість побічної продукції, що віднімається	-154 397	-154 397
Разом витрат на зміну	377 495	376 358
Собівартість 1 кг масла	276,26	275,43

Економія на 1 кг масла становить: $\Delta C = (276{,}26 – 275{,}43) = 0{,}83$ грн/кг. За річного випуску 341 613 кг очікувана економія становить приблизно 284 197 грн/рік що відповідає раніше визначеному чистому економічному результату.

5.7. Показники ефективності та строк окупності

Строк окупності капітальних вкладень визначається як відношення загальної суми інвестицій до чистого річного економічного ефекту:

$$Ток = K / Ep, \quad (5.5)$$

де K = 112 875 грн – капітальні вкладення; Ер = 284 197 грн/рік – річний економічний ефект. Тоді:

$$T_{ок} = 112\,875 / 284\,197 = 0{,}40 \text{ року або приблизно 4,8 місяця.}$$

Коефіцієнт економічної ефективності проєктного рішення становить: $E = E_р / K = 284\,197 / 112\,875 = 2{,}52$. Значення коефіцієнта більше одиниці свідчить про високу результативність вкладень у модернізацію.

Таблиця 5.6 – Показники ефективності та строк окупності

Показник	Одиниця	Значення
Капітальні вкладення у модернізацію	грн	112 875
Річна економія фонду оплати праці	грн/рік	303 048
Додаткові експлуатаційні витрати	грн/рік	18 851
Чистий річний економічний ефект	грн/рік	284 197
Річний випуск масла	кг/рік	341 613
Зниження собівартості 1 кг масла	грн/кг	0,83
Строк окупності	року	0,40
Строк окупності	місяців	4,8
Коефіцієнт економічної ефективності	грн/грн	2,52

Висновки по розділу

У п’ятому розділі виконано техніко-економічне обґрунтування модернізації машини для фасування масла. Для підприємства потужністю 30 т молока за зміну орієнтовний випуск масла становить 1366,5 кг за зміну або 341 613 кг за рік, тому стабільна робота ділянки фасування є важливою умовою ритмічного завершення технологічного процесу.

Капітальні вкладення у модернізацію становлять 112 875 грн, річна економія фонду оплати праці – 303 048 грн, а чистий річний економічний ефект

після врахування експлуатаційних витрат – 284 197 грн. Зниження собівартості готового масла становить близько 0,83 грн/кг.

Строк окупності проєктного рішення становить 0,40 року, або приблизно 4,8 місяця. Отже, впровадження автоматизованого поворотного пристрою є технічно й економічно доцільним, оскільки знижує частку ручної праці, підвищує стабільність роботи лінії та забезпечує швидке повернення вкладених коштів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі проаналізовано сучасні технології переробки молока та виробництва масла, визначено актуальність автоматизації технологічних процесів, зниження частки ручної праці та підвищення якості готової продукції. Розроблено технологічну лінію переробки 30 т молока за зміну, яка охоплює приймання, очищення, охолодження, сепарування, пастеризацію вершків, збивання, обробку масляного зерна, фасування та зберігання масла.

Проведені матеріальні розрахунки дали змогу визначити кількість основної та побічної продукції, а також підібрати необхідне технологічне обладнання. У конструктивній частині обґрунтовано модернізацію машини для фасування масла шляхом застосування автоматизованого пристрою для повертання тари. Це дозволяє зменшити трудомісткість процесу, фізичне навантаження на працівників і втрати робочого часу.

Виконані конструктивні розрахунки підтвердили працездатність запропонованого пристрою та технічну доцільність його впровадження. У розділі з охорони праці визначено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, а також запропоновано заходи для підвищення безпеки працівників під час експлуатації технологічної лінії.

Техніко-економічне обґрунтування показало, що впровадження модернізованого пристрою сприяє скороченню витрат праці, підвищенню ритмічності роботи лінії та зниженню собівартості продукції. Отже, поставлену мету роботи досягнуто, а запропонована модернізація може бути рекомендована для впровадження на молокопереробних підприємствах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і Західного регіону України / за ред. М. В. Зубця. Київ : Аграрна наука, 2010. 944 с.

2. Борак К. В., Куликівський В. Л. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів. Ч. 1: Теоретичні основи матеріалознавства : навч. посіб. Житомир : Поліський нац. ун-т, 2024. 101 с.

3. Sivak R., Kulykivskyi V., Savchenko V., Minenko S., & Borovskyi V. Determination of porosity functions in the pressure treatment of iron-based powder materials in agricultural engineering. Scientific Horizons. 2023. Vol. 26, №. 3. P. 124–134.

4. ДСТУ 3662:2018. Молоко-сировина коров’яче. Технічні умови. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018.

5. ДСТУ 4399:2005. Масло вершкове. Технічні умови. Київ : Держспоживстандарт України, 2006.

6. ДСТУ 2661:2010. Молоко коров’яче питне. Загальні технічні умови. Київ : Держспоживстандарт України, 2011.

7. ДСТУ ISO 22000:2019. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-якої організації в харчовому ланцюзі. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019.

8. ДСТУ ISO 9001:2015. Системи управління якістю. Вимоги. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.

9. ДСТУ EN 1672-2:2014. Обладнання для харчової промисловості. Основні поняття. Частина 2. Гігієнічні вимоги. Київ : Мінекономрозвитку України, 2014.

10. Про молоко та молочні продукти : Закон України від 24.06.2004 № 1870-IV // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1870-15 (дата звернення: 29.05.2026).

11. Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів : Закон України від 23.12.1997 № 771/97-ВР // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-%D0%B2%D1%80 (дата звернення: 29.05.2026).

12. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/2694-12 (дата звернення: 29.05.2026).

13. Кодекс законів про працю України : Закон України від 10.12.1971 № 322-VIII // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08 (дата звернення: 29.05.2026).

14. Про затвердження Технічного регламенту безпеки машин : Постанова Кабінету Міністрів України від 30.01.2013 № 62 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/62-2013-%D0%BF (дата звернення: 29.05.2026).

15. НПАОП 0.00-1.81-18. Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском : наказ Міністерства соціальної політики України від 05.03.2018 № 333. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0433-18 (дата звернення: 29.05.2026).

16. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Київ : Міністерство охорони здоров’я України, 1999.

17. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Київ : Міністерство охорони здоров’я України, 1999.

18. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Київ : Мінрегіон України, 2018.

19. Поліщук Г. Є., Грек О. В., Скорченко Т. А. Технологія молока і молочних продуктів : підручник. Київ : НУХТ, 2013. 502 с.

20. Грек О. В., Поліщук Г. Є., Онопрійчук О. О. Технологічні розрахунки у молочній промисловості : навч. посіб. Київ : НУХТ, 2011. 314 с.

21. Технологія незбираномолочних продуктів : навч. посіб. / за ред. Г. Є. Поліщук. Київ : НУХТ, 2015. 272 с.

22. Процеси і апарати харчових виробництв : підручник / О. І. Черевко, В. М. Михайлов, Ф. В. Перцевий та ін. Харків : ХДУХТ, 2012. 420 с.

23. Машини та обладнання переробних і харчових виробництв : підручник / О. В. Дацишин, А. І. Ткачук, В. В. Ткаченко та ін. Київ : Вища освіта, 2005. 159 с.

24. Деталі машин : підручник / за ред. К. І. Заблонського. Київ : Вища школа, 1999. 518 с.

25. Sivak, R., Kulykivskyi, V., Savchenko, V., Sukmaniuk, O., & Borovskyi, V. Application of resource-saving extrusion technologies and an integrated approach to assessing the plasticity of metal parts in agricultural engineering. Machinery & Energetics. 2024. Vol. 15, No. 2. P. 21–32.

26. Машина для фасування масла М6-ОРГ-3. Паспорт та інструкція з експлуатації. [Б. м.] : [б. в.], [б. р.].

27. Пневматичні засоби автоматизації виробничих процесів : довідник / за ред. В. І. Костюка. Київ : Техніка, 2008. 312 с.

28. Regulation (EC) No 852/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on the hygiene of foodstuffs. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2004/852/oj (date of access: 29.05.2026).

29. Regulation (EC) No 853/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 laying down specific hygiene rules for food of animal origin. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2004/853/oj (date of access: 29.05.2026).

30. Regulation (EU) No 1308/2013 of the European Parliament and of the Council of 17 December 2013 establishing a common organisation of the markets in agricultural products. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2013/1308/oj (date of access: 29.05.2026).

31. Milk and milk product statistics // Eurostat. Statistics Explained. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-

explained/index.php?title=Milk_and_milk_product_statistics (date of access: 29.05.2026).

32. Milk Market Observatory. Dairy products // European Commission. URL: https://agriculture.ec.europa.eu/data-and-analysis/markets/overviews/market-observatories/milk_en (date of access: 29.05.2026).

33. Молочна карта України-2025: здобутки попри втрати // Асоціація виробників молока. URL: https://avm-ua.org/uk/post/molocna-karta-ukraini-2025-zdobutki-popri-vtrati (дата звернення: 29.05.2026).

34. Dairy production and products // Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: https://www.fao.org/dairy-production-products/en/ (date of access: 29.05.2026).

35. Борак К. В. Impact of soil moisture on wear intensity of the actuating elements of soil processing machines. Проблеми трибології. 2020. № 2. С 34–41.

36. Rogovskii, I. L., Borak, K. V., Maksimovich, E. Yu., Smelik, V. A., Voinash, S. A., Maksimovich, K. Yu., & Sokolova, V. A. (2020). Wear resistance of blade and disc working bodies of tillage tilling machines hardened by electrodes. T-series. Journal of Physics : Conference Series. 1679 (4), art. №. 042084.