

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Кафедра екології та технології рослинних полімерів

До захисту допущено:

В. о. Завідувач кафедри

_____ В.В.Галиш

« ____ » _____ 2026 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою

«Промислова екологія та ресурсоефективні чисті технології»

спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»

**на тему: «Екологічна оцінка процесу вулканізації гумових виробів на
пресовому обладнанні на прикладі Державного підприємства
«Науково-дослідний інститут «Еластик»»**

Виконав:

студент IV курсу, групи ЛЦ-з21

Назаренко Богдан Олексійович _____

Керівник:

доцент кафедри ЕТРП, к.т.н., доцент

Бенатов Данієль Емілович _____

Рецензент:

доцент кафедри МАХНВ, к.т.н., доцент

Степанюк Андрій Романович _____

Консультант з розділу Охорона праці:

ст.викладач кафедри ОППЦБ, к.т.н.,

Ковтун Андрій Іванович _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2026 року

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Екологічна оцінка процесу вулканізації
гумових виробів на пресовому обладнанні на прикладі
Державного підприємства
«Науково-дослідний інститут «Еластик»»**

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра екології та технології рослинних полімерів

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 161 – Хімічні технології та інженерія

Освітньо-професійна програма: Промислова екологія та ресурсоефективні чисті технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. зав. кафедри ЕТРП

_____ В.В.Галиш

« » _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студентові

Назаренку Богдану Олексійовичу

1. Тема проєкту: «Екологічна оцінка процесу вулканізації гумових виробів на пресовому обладнанні на прикладі Державного підприємства «Науково-дослідний інститут «Еластик»».
2. Термін подання студентом проєкту: «__» червня 2026 року
3. Вихідні дані до проєкту: відомості про номенклатуру гумових виробів і пресове обладнання; технологічні режими вулканізації; типові питомі показники утворення газоповітряних виділень; нормативні документи щодо атмосферного повітря, відходів, охорони праці та промислової безпеки.
4. Зміст пояснювальної записки: аналітичний огляд процесу вулканізації та діяльності підприємства; характеристика гумових сумішей і пресового обладнання; технологічна схема процесу; аналіз джерел забруднення; розрахунок продуктивності, матеріального балансу, вентиляції, маси забруднюючих речовин, ефективності очищення, водного балансу,

					ДП ЛЦ-321.00.05 ПЗ	Арк
						3
		№ докум.	Підпис			

енергоспоживання та відходів; розроблення природоохоронних заходів; оцінка охорони праці, пожежної та аварійної безпеки; висновки та рекомендації.

5. Перелік графічного матеріалу: схема вулканізаційного преса з місцевим відсмоктуванням; блок схема а матеріального балансу; креслення плану цеху. Специфікація та креслення виконуються окремо.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Огляд пресового та гумового обладнання	20.04.2026	виконано
2	Аналіз механізмів пресу та вулканізаційної плити	02.05.2026	виконано
3	Дослідження конструкції та принципу дії пресового та вулканічного механізму	08.05.2026	виконано
4	Проведення необхідних розрахунків	17.05.2026	виконано
5	Розробка креслень	02.06.2026	виконано

Студент _____ **Б. О. Назаренко**

Керівник проєкту _____ **Д. Е. Бенатов**

РЕФЕРАТ

Назаренко Богдан. Екологічна оцінка процесу вулканізації гумових виробів на пресовому обладнанні на прикладі ДП «НДІ «Еластик».

КПІ ім. Ігоря Сікорського, спеціальність 161 «Хімічні технології та інженерія», 2026, 56 стор., 13 рис., 12 табл., бібліогр.: 40.

Дипломна робота присвячена екологічній оцінці процесу вулканізації гумових виробів на пресовому обладнанні. Розглянуто технологічну сутність вулканізації, роботу вулканізаційного преса, вплив температури, тиску, тривалості циклу, складу гумової суміші, вентиляції та водяного циклічного охолодження на екологічні показники виробництва.

У першому розділі подано теоретичні основи виробництва гумових виробів: склад гумових сумішей, призначення каучуків, наповнювачів, пластифікаторів і вулканізувальних агентів. У другому розділі охарактеризовано ДП «НДІ «Еластик» та описано послідовність роботи пресової дільниці: підготовку заготовки, завантаження у прес-форму, нагрівання, витримку під тиском, виймання виробу, обрізання облоя та охолодження.

У третьому розділі наведено розрахунково-екологічну оцінку: матеріальний баланс процесу, кількість облоя та браку, орієнтовні виділення забруднювальних речовин, витрату місцевої витяжної вентиляції, концентрації до і після очищення, ефективність сорбційного фільтра й параметри водяного охолодження. Запропоновано модернізацію місцевих відсмоктувачів, очищення вентиляційних викидів, контроль температури преса, повторне використання води та роздільне збирання гумових відходів.

Ключові слова: вулканізація, гумові вироби, пресове обладнання, екологічна оцінка, НДІ «Еластик», вентиляція, очищення викидів, водяне охолодження, відходи.

					ДП ЛЦ-321.00.05 ПЗ	Арк
						5
		№ докум.	Підпис			

ABSTRACT

Nazarenko Bohdan. Environmental assessment of the rubber product vulcanization process on press equipment: the case of SE “Research Institute Elastik”.

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, specialty 161 “Chemical Technologies and Engineering”, 2026, 56 pages, 13 figures, 12 tables, bibliography: 40 sources.

The diploma thesis is devoted to the environmental assessment of rubber product vulcanization performed on press equipment. The work considers the technological nature of vulcanization, the operation of a vulcanizing press, and the influence of temperature, pressure, cycle duration, rubber compound composition, ventilation and cyclic water cooling on production environmental indicators.

The first chapter presents the theoretical basis of rubber product manufacturing: rubber compounds, rubbers, fillers, plasticizers and vulcanizing agents. The second chapter describes SE “Research Institute Elastik” and the sequence of operations in the press section: blank preparation, loading into the mold, heating, pressure holding, product removal, flash trimming and cooling. Material flows, typical process parameters, ventilation, closed-loop water cooling and waste generation sources are considered.

The third chapter contains the calculation-based environmental assessment of the process. It includes the material balance, the estimated amount of flash and defective products, pollutant release calculation, local exhaust air flow rate, pollutant concentrations before and after treatment, sorption filter efficiency and water-cooling parameters. The proposed measures include improving local exhaust systems, purifying ventilation emissions, controlling press temperature, reusing cooling water and separating rubber waste for transfer to specialized organizations.

Keywords: vulcanization, rubber products, press equipment, environmental assessment, Research Institute Elastik, ventilation, emission purification, cyclic water cooling, rubber production waste.

					ДП ЛЦ-321.00.05 ПЗ	Арк
						6
		№ докум.	Підпис			

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	5
ABSTRACT	6
ВСТУП	9
1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПРОЦЕСУ ВУЛКАНІЗАЦІЇ ГУМОВИХ ВИРОБІВ ТА ЙОГО ЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ	12
1.1. Загальна характеристика гумових виробів і сировинних компонентів	12
1.2. Фізико-хімічна сутність процесу вулканізації	13
1.3. Пресове обладнання для вулканізації гумових виробів	16
1.4. Основні джерела екологічного впливу та нормативні вимоги	17
2. АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ВУЛКАНІЗАЦІЇ ГУМОВИХ ВИРОБІВ НА ДП «НДІ «ЕЛАСТИК»	20
2.1. Загальна характеристика підприємства та напрями його діяльності	20
2.2. Опис пресової ділянки та стадій технологічного процесу	22
2.3. Матеріальні потоки, рецептурні компоненти та технологічні режими	24
2.4. Вентиляція, водяне охолодження, відходи та виробничі ризики	25
3. РОЗРАХУНКОВО-ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ПРОЦЕСУ ВУЛКАНІЗАЦІЇ НА ПРЕСОВОМУ ОБЛАДНАННІ	29
3.1. Методика розрахунку матеріального балансу та вихідні дані	29
3.2. Розрахунок витрат гумової суміші, виходу продукції та відходів	30
3.3. Розрахунок викидів, вентиляції та ефективності очищення	32
3.4. Розрахунок водяного циклічного охолодження	37

3.5. Розрахунок енергоспоживання та інтегральних екологічних показників. природоохоронні заходи	38
4. БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА	40
4.1. Теплотехнічний розрахунок товщини зовнішньої стіни	40
4.2. Розрахунок площі адміністративно-побутових приміщень	41
4.3. Об'ємно-планувальне вирішення будівлі	42
4.4. Конструктивне вирішення будівлі	43
5. ОХОРОНА ПРАЦІ	44
5.1 Організація та контроль охорони праці	44
5.2. Шкідливі та небезпечні виробничі чинники	45
5.3. Захист і безпека працівників	45
5.4. Забезпечення нормального мікроклімату	46
5.5. Зниження рівня шуму та вібрації	46
5.6. Освітлення робочої зони	47
5.7. Електробезпека	47
5.8. Пожежна та вибухопожежна безпека	48
ВИСНОВКИ	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	52
ДОДАТКИ	55

ВСТУП

Гумові вироби належать до найбільш поширених видів полімерної продукції, без якої неможливе функціонування машинобудування, енергетики, транспорту, приладобудування та оборонної галузі. Унікальне поєднання високої еластичності, стійкості до багаторазових деформацій, газо- і вологонепроникності та хімічної стійкості робить гуму незамінним конструкційним матеріалом для ущільнень, амортизаторів, прокладок, манжет та інших відповідальних деталей. Ключовою стадією, що перетворює пластичну гумову суміш на пружнопластичний матеріал із заданим комплексом властивостей, є вулканізація [1, 5, 7, 9].

Серед промислових способів вулканізації найширше застосовують пресовий метод, за якого заготовка гумової суміші формується та структурується безпосередньо у нагрітій прес-формі під дією тиску. Пресова вулканізація забезпечує високу точність геометричних розмірів виробів, щільну монолітну структуру та стабільні фізико-механічні показники. Водночас цей процес супроводжується низкою чинників екологічного впливу: під час нагрівання гумової суміші у повітря робочої зони виділяються газоподібні продукти термоокиснювальної деструкції та залишкові компоненти рецептури, утворюються тверді технологічні відходи (облой, бракована продукція), споживаються значні обсяги води для охолодження обладнання та електроенергії на нагрівання плит.

					ДП ЛЦ-321.00.05 ПЗ	Арк
						9
		№ докум.	Підпис			

Зростання вимог природоохоронного законодавства України, гармонізованого з директивами Європейського Союзу, а також впровадження принципів ресурсоефективного та більш чистого виробництва обумовлюють необхідність комплексної екологічної оцінки технологічних процесів. Така оцінка дозволяє виявити основні джерела впливу на довкілля, кількісно визначити обсяги утворення забруднювальних речовин і відходів та обґрунтувати ефективні природоохоронні заходи. Саме цим визначається актуальність обраної теми [2, 3, 12, 17, 27].

Мета роботи — екологічна оцінка процесу вулканізації гумових виробів на пресовому обладнанні (на прикладі ДП “Науково-дослідний інститут “Еластик”) та обґрунтування природоохоронних заходів, спрямованих на зниження негативного впливу процесу на довкілля.

Об’єкт дослідження — процес вулканізації гумових виробів на пресовому обладнанні.

Предмет дослідження — екологічні характеристики процесу пресової вулканізації: джерела утворення газоповітряних викидів і твердих відходів, обсяги споживання води та електроенергії, а також технічні й організаційні заходи зі зниження їх впливу на довкілля.

Завдання роботи: для досягнення поставленої мети в роботі вирішено такі завдання:

- проаналізувати теоретичні основи процесу вулканізації гумових виробів, склад гумових сумішей, типи пресового обладнання та основні джерела екологічного впливу;
- охарактеризувати ДП “НДІ “Еластик” і пресову дільницю, описати стадії технологічного процесу, матеріальні потоки та технологічні режими вулканізації;
- визначити основні джерела забруднення довкілля під час пресової вулканізації (газоповітряні викиди, тверді відходи, споживання води та енергії);

					ДП ЛЦ-321.00.05 ПЗ	Арк
						10
		№ докум.	Підпис			

- виконати розрахунково-екологічну оцінку процесу: матеріальний баланс, обсяги відходів, масу забруднювальних речовин, параметри вентиляції та ефективність очищення, водяне циклічне охолодження й енергоспоживання;
- розробити та обґрунтувати природоохоронні заходи зі зниження викидів, скидів і відходів та розглянути питання охорони праці й будівельної частини.

Методи розрахунку (оцінки). У роботі застосовано: метод матеріального балансу для визначення витрат сировини, виходу продукції та обсягів відходів; розрахунковий метод оцінки маси забруднювальних речовин за усередненими питомими показниками; розрахунок параметрів місцевої витяжної вентиляції та ефективності сорбційного (адсорбційного) очищення викидів; розрахунок параметрів водяного циклічного охолодження та енергоспоживання; порівняння одержаних концентрацій із гранично допустимими (ГДК), а також аналіз нормативно-технічної документації у сфері охорони атмосферного повітря, поводження з відходами та промислової безпеки.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що виконана розрахунково-екологічна оцінка та запропоновані заходи — модернізація місцевих відсмоктувачів, сорбційне очищення вентиляційних викидів, контроль температури преса, оборотне використання охолоджувальної води та роздільне збирання й утилізація гумових відходів — можуть бути використані для зниження екологічного навантаження на ДП “НДІ “Еластик” та на інших підприємствах, що застосовують пресову вулканізацію гумових виробів.

					ДП ЛЦ-321.00.05 ПЗ	Арк
						11
		№ докум.	Підпис			

1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПРОЦЕСУ ВУЛКАНІЗАЦІЇ ГУМОВИХ ВИРОБІВ ТА ЙОГО ЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ

1.1. Загальна характеристика гумових виробів і сировинних компонентів

Гумові вироби — це продукція, виготовлена на основі еластомерів, які після вулканізації набувають високоеластичних властивостей у широкому інтервалі температур. Залежно від призначення та способу формування гумові вироби поділяють на формові й неформові, ущільнювальні, амортизаційні, захисні та вироби спеціального призначення. Найбільшу частку технічних гумових виробів становлять ущільнювальні деталі — кільця, манжети, прокладки, які виготовляють переважно методом пресової вулканізації у металевих прес-формах (рис. 1.1) [1, 5, 7, 15].

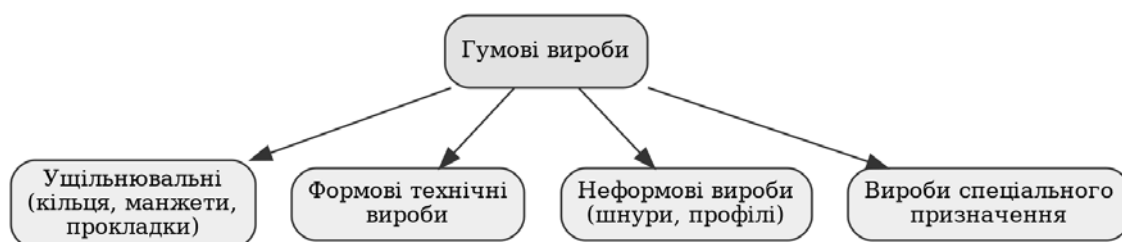


Рисунок 1.1. — Класифікація гумових виробів за призначенням

Властивості готового виробу визначаються передусім рецептурою гумової суміші — багатокомпонентної системи, у якій кожен інгредієнт виконує певну функцію. Основою суміші є каучук — високомолекулярний еластомер, що формує безперервну полімерну матрицю. У техніці застосовують натуральний каучук (НК) та широкий спектр синтетичних каучуків: бутадієн-стирольний (БСК), бутадієн-нітрильний (БНК), етилен-пропілен-дієновий (ЕПДМ), хлоропреновий, силіконовий та інші. Вибір типу

каучуку зумовлюється експлуатаційними вимогами до виробу — стійкістю до дії мастил, озону, високих або низьких температур.

Окрім каучуку, до складу гумової суміші входять функціональні інгредієнти, узагальнену характеристику яких наведено в табл. 1.1. Саме поєднання цих компонентів і подальша вулканізація забезпечують потрібний комплекс фізико-механічних та експлуатаційних властивостей.

Таблиця 1.1. — Основні компоненти гумової суміші та їх призначення

Група компонентів	Призначення та типові представники
Каучук (еластомер)	Полімерна основа суміші, що визначає еластичність та хімічну стійкість (НК, БСК, БНК, ЕПДМ)
Вулканізувальні агенти	Утворюють поперечні зв'язки між макромолекулами (сірка, органічні пероксиди, донори сірки)
Прискорювачі та активатори	Регулюють швидкість і ступінь зшивання (сульфенаміди, тіазоли; оксид цинку, стеаринова кислота)
Наповнювачі	Підвищують міцність і твердість, здешевлюють суміш (технічний вуглець, біла сажа, крейда)
Пластифікатори (м'якшувачі)	Полегшують перероблення, знижують в'язкість суміші (нафтові оливи, складні ефіри)
Протистарувачі (антиоксиданти)	Уповільнюють термоокиснювальне та озонне старіння гуми

З екологічного погляду суттєвим є те, що під час нагрівання суміші частина легколетких компонентів — залишкових мономерів, пластифікаторів, продуктів розкладу прискорювачів та сірковмісних сполук — переходить у газову фазу. Тому склад рецептури безпосередньо впливає на якісний і кількісний характер газоповітряних виділень під час вулканізації [4, 6, 8, 9].

1.2. Фізико-хімічна сутність процесу вулканізації

Вулканізація — це фізико-хімічний процес, у ході якого лінійні або розгалужені макромолекули каучуку з'єднуються поперечними хімічними зв'язками у просторову (сітчасту) структуру [1, 5, 8, 9]. Внаслідок цього

пластична гумова суміш перетворюється на пружнопластичний матеріал — гуму, що здатна до значних оборотних деформацій. Утворення просторової сітки супроводжується різким зростанням міцності, пружності, твердості та зниженням залишкової деформації й розчинності полімеру.

За найпоширенішої сірчаної вулканізації атоми сірки утворюють між сусідніми макромолекулами моно-, ди- та полісульфідні містки (рис. 1.2). Кількість і тип цих поперечних зв'язків (густина сітки) визначають кінцеві властивості гуми: зі зростанням густини сітки підвищуються твердість і модуль пружності, проте надмірне зшивання робить матеріал крихким [4, 8, 9].

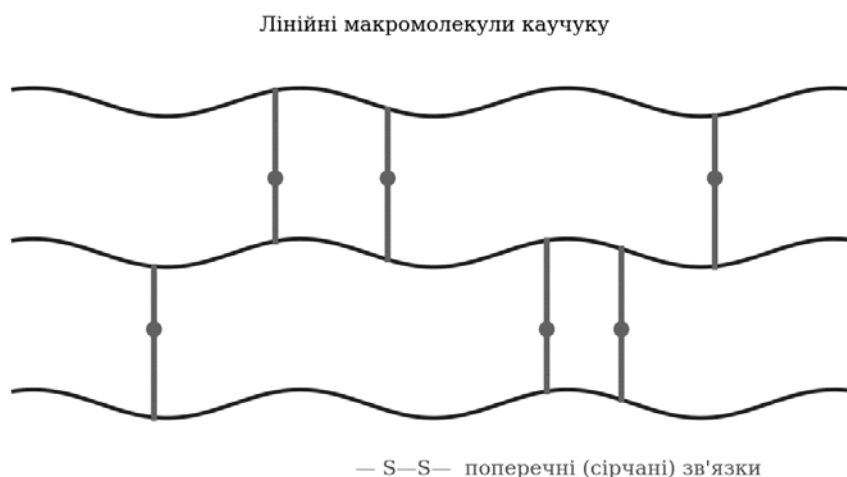


Рисунок 1.2. — Схема утворення просторової сітки під час сірчаної вулканізації

Кінетику вулканізації зручно характеризувати реометричною кривою — залежністю крутного моменту, пропорційного ступеню зшивання, від тривалості процесу за сталої температури (рис. 1.3). На кривій виділяють три характерні ділянки: індукційний період (період підвулканізації), упродовж якого структурування ще не починається і суміш зберігає здатність до формування; період власне структурування, коли інтенсивно утворюються поперечні зв'язки і момент швидко зростає; та період плато або реверсії, коли

досягається оптимальний ступінь зшивання, після чого можливе часткове руйнування сітки за надмірної тривалості нагрівання.

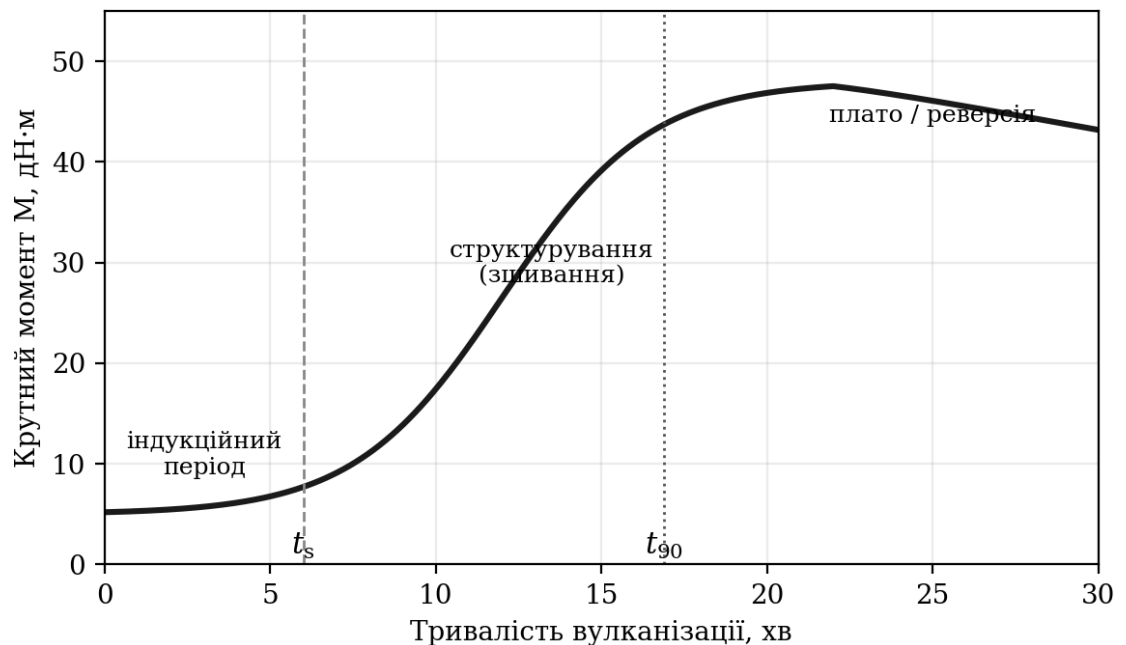


Рисунок 1.3 — Реометрична крива процесу вулканізації

Тривалість, за якої досягається 90 % приросту крутного моменту, позначають t_{90} і приймають за оптимальний час вулканізації. Швидкість і повнота процесу залежать від температури, тиску, складу вулканізувальної групи та теплофізичних властивостей виробу. Підвищення температури пришвидшує реакцію зшивання, проте одночасно посилює термоокиснювальну деструкцію та газовиділення. Тиск, що створюється у прес-формі, забезпечує щільне заповнення формувальної порожнини, видалення повітря та монолітність виробу. Саме тому раціональний вибір температурно-часового режиму є компромісом між продуктивністю, якістю виробу та обсягом шкідливих виділень [5, 7, 9, 15].

1.3. Пресове обладнання для вулканізації гумових виробів

Пресова вулканізація здійснюється на гідравлічних вулканізаційних пресах, які поєднують функції формування виробу та підведення теплоти. Основними вузлами преса (рис. 1.4) є станина з нерухомою верхньою траверсою та рухомим столом, гідроциліндр, що створює зусилля змикання, нагрівальні плити та гідростанція з насосом і маслобаком. Заготовку гумової суміші вміщують у прес-форму, встановлену між нагрівальними плитами, після чого плити змикаються із заданим зусиллям [10, 11, 15].

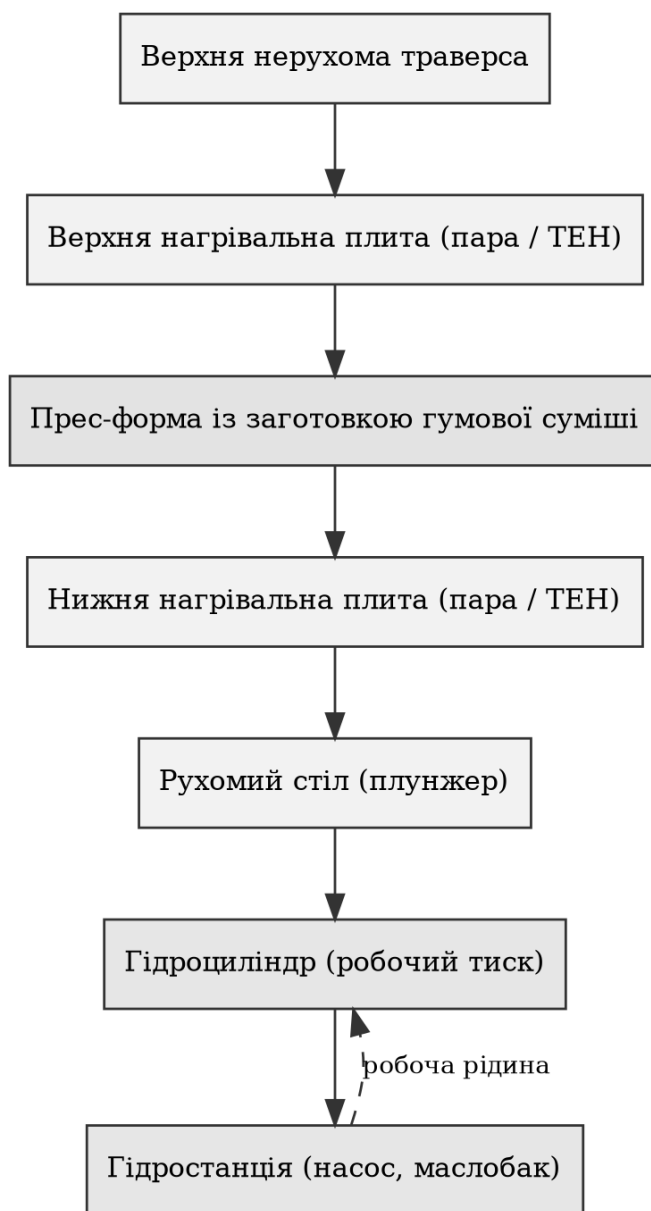


Рисунок 1.4. — Принципова схема вулканізаційного преса

Нагрівання плит здійснюють насиченою водяною парою або електричними нагрівниками, що дозволяє підтримувати стабільну температуру робочих поверхонь у межах, потрібних для конкретної рецептури. Тиск пресування забезпечує щільне змикання прес-форми та запобігає утворенню пористості у виробі. За кількістю поверхів (проміжків між плитами) преси поділяють на одно- та багатопверхові; останні дають змогу одночасно вулканізувати кілька виробів, підвищуючи продуктивність дільниці.

Технологічний цикл преса включає завантаження заготовки, змикання форми та створення тиску, витримку за заданої температури впродовж часу вулканізації, розмикання форми та виймання готового виробу. Після розмикання форми у повітря робочої зони інтенсивно виділяються нагріті газоподібні продукти, тому преси обладнують місцевою витяжною вентиляцією. Таким чином, конструктивні особливості преса та режим його роботи безпосередньо визначають як якість продукції, так і характер екологічного впливу [11, 18, 21].

1.4. Основні джерела екологічного впливу та нормативні вимоги

Процес пресової вулканізації характеризується кількома взаємопов'язаними чинниками впливу на довкілля. Основним технологічним вузлом, у зоні якого формуються газоповітряні виділення, споживається теплова або електрична енергія та утворюються технологічні відходи у вигляді облою і браку, є вулканізаційний прес (рис. 1.5). Головним з них є викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря, що утворюються під час термічного оброблення гумової суміші. До їх складу входять леткі органічні сполуки (вуглеводні, продукти деструкції пластифікаторів), сірковуглець та сірководень, що супроводжують сірчану вулканізацію, оксид вуглецю, а також гумовий пил, який утворюється під час механічного оброблення та обрізання облою [2, 12, 13, 21, 22].

Іншим чинником є утворення твердих відходів — технологічного облою, що зрізається з виробів, та бракованої продукції. Вулканізована гума є

					ДП ЛЦ-321.00.05 ПЗ	Арк
						17
		№ докум.	Підпис			

термореактивним матеріалом і не піддається повторному плавленню, тому такі відходи потребують подрібнення з подальшим частковим використанням у вигляді гумової крихти або передавання спеціалізованим організаціям. Третім чинником є споживання води для охолодження прес-форм і гідросистеми та теплоти (пари або електроенергії) на нагрівання плит, що визначає ресурсо- та енергоємність процесу [17, 19, 20, 26].



Рисунок 1.5. — вулканізаційний прес як основне технологічне джерело екологічного впливу процесу пресової вулканізації

У зоні роботи преса під час нагрівання та витримки гумової суміші утворюються газоповітряні виділення, після розмикання прес-форми можливе інтенсивне надходження летких компонентів у повітря робочої зони, а під час обрізання виробів утворюються тверді відходи. Тому саме пресове обладнання розглядається як ключовий елемент технологічного процесу, пов'язаний з основними екологічними аспектами виробництва.

Гранично допустимі концентрації (ГДК) основних забруднювальних речовин, що супроводжують процес вулканізації, наведено в табл. 1.2. Дотримання цих значень у повітрі робочої зони та в атмосферному повітрі населених пунктів є обов'язковою умовою екологічної безпеки виробництва [12, 13, 14].

Таблиця 1.2. — Гранично допустимі концентрації основних забруднювальних речовин

Речовина	ГДК р.з., мг/м ³	ГДК м.р., мг/м ³	Клас небезпеки
Вуглеводні (за С)	300	5,0	4
Оксид вуглецю (СО)	20	5,0	4
Сірковуглець (CS ₂)	1,0	0,03	2
Сірководень (H ₂ S)	10	0,008	2
Пил гумовий	6,0	0,10	4

Природоохоронна діяльність підприємства регламентується чинним законодавством України, зокрема законами «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про охорону атмосферного повітря», «Про управління відходами», а також низкою державних стандартів і санітарних норм щодо вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони та атмосферному повітрі населених пунктів. Дотримання цих вимог досягається застосуванням ефективних систем місцевої вентиляції та газоочищення, раціональним поводженням з відходами та використанням оборотних систем водопостачання [3, 12, 17, 18, 19].

2. АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ВУЛКАНІЗАЦІЇ ГУМОВИХ ВИРОБІВ НА ДП «НДІ «ЕЛАСТИК»

2.1. Загальна характеристика підприємства та напрями його діяльності

Державне підприємство «Науково-дослідний інститут «Еластик» є спеціалізованим підприємством, що поєднує науково-дослідну, дослідно-конструкторську та виробничу діяльність у сфері еластомерних матеріалів і гумотехнічних виробів. Основними напрямками діяльності підприємства є розроблення рецептур гумових сумішей, виготовлення формових і неформових технічних гумових виробів, ущільнювальних елементів, а також проведення випробувань матеріалів і виробів на відповідність технічним вимогам [1, 5, 15].

Виробнича структура підприємства охоплює дільниці підготовки та змішування гумових сумішей, формування заготовок, пресової вулканізації, механічного оброблення та контролю якості готової продукції. Особливе місце посідає дільниця пресової вулканізації, оскільки саме на ній відбувається термічне оброблення гумових сумішей, що супроводжується найбільшим екологічним навантаженням — газоповітряними виділеннями, утворенням твердих відходів та споживанням води й теплоти.

Номенклатура продукції дільниці пресової вулканізації охоплює формові гумотехнічні вироби (РТВ) ущільнювального та амортизаційного призначення: ущільнювальні кільця круглого перерізу (типу O-ring), армовані й неармовані манжети для валів, плоскі та профільні прокладки, віброізолювальні й амортизаційні елементи, захисні ковпачки та втулки. Вироби виготовляють переважно із сумішей на основі бутадієн-нітрильного каучуку (NBR), що забезпечує потрібну мастило- та бензостійкість; для окремих позицій застосовують суміші на основі етиленпропієнового (EPDM) і хлоропренового (CR) каучуків. Репрезентативний асортимент, прийнятий для подальших розрахунків [1, 4, 5, 6, 15], та рецептуру суміші наведено в підрозділі 2.3.

					ДП ЛЦ-321.00.05 ПЗ	Арк
						20
		№ докум.	Підпис			

Парк основного технологічного обладнання діляниці становлять чотири гідравлічні вулканізаційні преси колонного (рамного) типу з електрообігрівом плит, що мають такі основні характеристики:

- кількість пресів на діляниці — 4 шт.; кожен прес обладнано двома нагрівальними плитами з електронагрівачами та терморегулюванням;
- робоча температура плит — 150–160 °С; номінальний тиск у гідросистемі — до 12 МПа; зусилля змикання та розмір робочих плит — за паспортними даними обладнання;
- режим роботи — напівавтоматичний, тривалість циклу вулканізації 8–12 хв; ефективний фонд робочого часу — 4000 год/рік (підрозділ 2.3).

Діляниця оснащена системою місцевої витяжної вентиляції (по одному місцевому відсмоктувачу над зоною роз'єму кожного преса) сумарною розрахунковою продуктивністю 5760 м³/год та загальнообмінною припливно-витяжною вентиляцією; для охолодження прес-форм і гідросистем застосовано оборотне водопостачання із замкненим циклом. Основними відходами діляниці є вулканізована гума (технологічний облой і бракована продукція) загальною кількістю близько 7523 кг/рік, а також гумовий пил і відпрацьована олива гідросистем. Параметри вентиляції, водяного охолодження та перелік відходів детально розглянуто в підрозділі 2.4, а кількісні показники — у розділі 3.

Підприємство провадить діяльність відповідно до вимог природоохоронного законодавства та має такі дозвільні й облікові документи:

- дозвіл на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами (видається відповідно до Закону України “Про охорону атмосферного повітря” та Порядку, затвердженого постановою КМУ від 12.03.2002 № 302) з установленими нормативами гранично допустимих викидів (ГДВ); для об'єктів, що підпадають під дію Закону України від № 3855-IX “Про інтегроване

					ДП ЛЦ-з21.00.05 ПЗ	Арк
						21
		№ докум.	Підпис			

запобігання та контроль промислового забруднення”, — інтегрований довкіллевий дозвіл [3, 12, 17, 27];

- документи інвентаризації стаціонарних джерел викидів та звіти про її проведення, на підставі яких обґрунтовано обсяги викидів;
- дозвіл на спеціальне водокористування (Водний кодекс України; Порядок, затверджений постановою КМУ від 13.03.2002 № 321) — за наявності забору води з власних джерел та/або скидання зворотних вод; за умови роботи системи охолодження за замкненим циклом без скиду у водні об’єкти потреба в дозволі визначається обсягами та джерелом водопостачання;
- документи у сфері поводження з відходами — ведення обліку утворення відходів, відповідна статистична звітність, а також договори на передавання гумових відходів відпрацьованих олив спеціалізованим організаціям, що мають ліцензію на поводження з відходами.

Контроль фактичних показників впливу на довкілля здійснюється шляхом періодичних інструментальних вимірювань викидів від стаціонарних джерел акредитованою лабораторією, результати яких порівнюються із встановленими нормативами ГДВ; параметри роботи систем вентиляції та водопостачання контролюються штатними засобами обліку. Результати замірів наведено за даними підприємства. Подальший аналіз зосереджено саме на дільниці пресової вулканізації як на основному джерелі впливу на довкілля в межах розглянутого технологічного процесу [12, 13, 14, 18].

2.2. Опис пресової дільниці та стадій технологічного процесу

Технологічний процес виготовлення гумових виробів на пресовій дільниці є послідовністю взаємопов’язаних операцій, узагальнену послідовність яких наведено на рис. 2.1. Процес розпочинається з підготовки заготовки гумової суміші: суміш, виготовлену на дільниці змішування,

					ДП ЛЦ-321.00.05 ПЗ	Арк
						22
		№ докум.	Підпис			

розкроюють і зважують відповідно до маси майбутнього виробу з урахуванням припуску на облой.

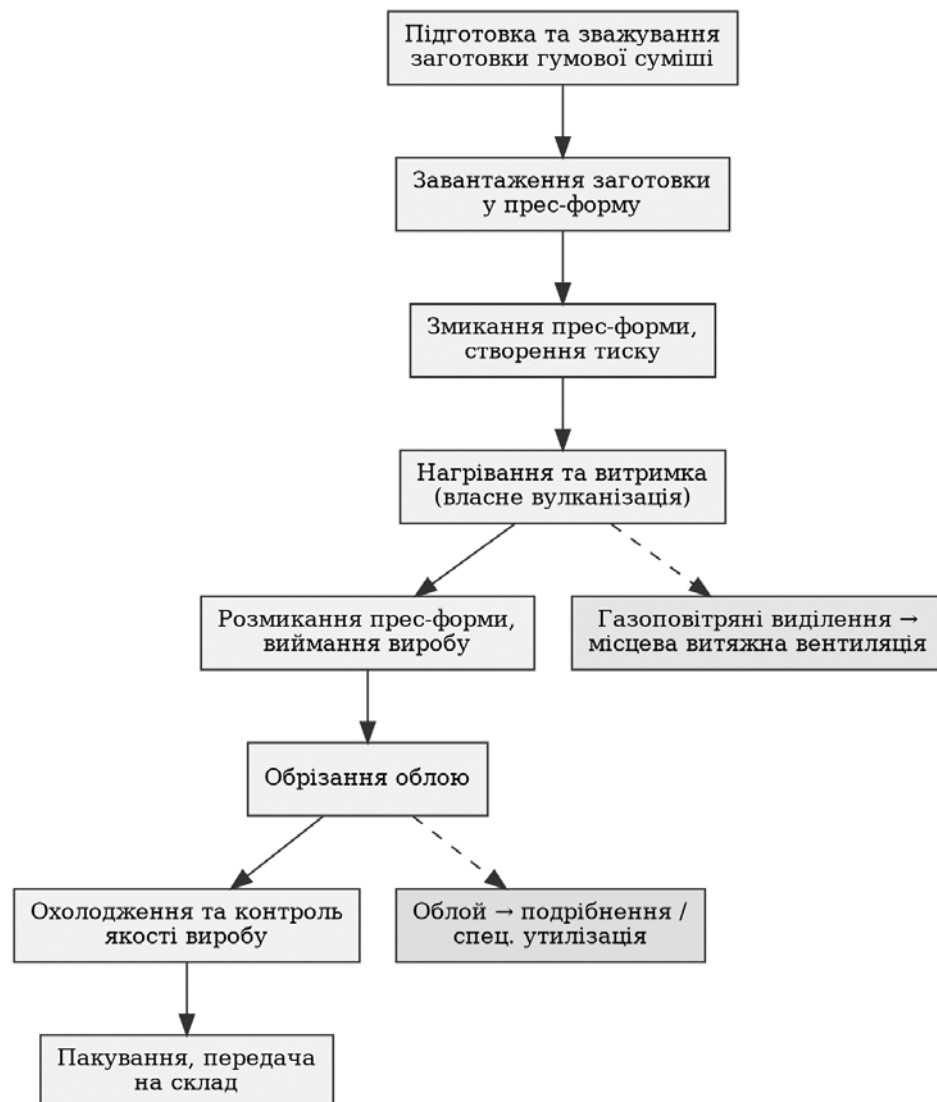


Рисунок 2.1. — Блок-схема технологічного процесу пресової вулканізації

Підготовлену заготовку завантажують у попередньо нагріту прес-форму, після чого прес-форму змикають і створюють робочий тиск. Під дією тиску суміш заповнює формувальну порожнину, а надлишок матеріалу витискається у вигляді облою. На стадії нагрівання та витримки відбувається власне вулканізація — суміш витримують за заданої температури впродовж часу, що

відповідає оптимальному ступеню зшивання. Саме на цій стадії у повітря робочої зони виділяються газоподібні продукти, які вловлюються місцевою витяжною вентиляцією.

Після завершення витримки прес-форму розмикають і виймають готовий виріб. Облой, що утворився по лінії роз'єму форми, обрізають вручну або механічно; зрізаний облой накопичують для подальшого подрібнення та утилізації. Готовий виріб охолоджують, після чого проходить контроль якості: вироби, що не відповідають вимогам, відбраковують. Придатну продукцію пакують і передають на склад. Таким чином, технологічний процес формує три основні матеріальні потоки відходів — облой, бракована продукція та газоповітряні виділення, що й визначає предмет подальшої екологічної оцінки [1, 5, 11, 15].

2.3. Матеріальні потоки, рецептурні компоненти та технологічні режими

Для подальшої оцінки прийнято репрезентативний асортимент продукції дільниці — формові ущільнювальні вироби (кільця та манжети) із гумової суміші на основі бутадієн-нітрильного каучуку, що забезпечує потрібну мастилостійкість. Типову рецептуру такої суміші наведено в табл. 2.1; вміст компонентів подано в масових частинах на 100 масових частин каучуку (мас. ч.).

Таблиця 2.1. — Типова рецептура гумової суміші (на 100 мас. ч. каучуку)

Компонент	Вміст, мас. ч.	Функція
Каучук бутадієн-нітрильний	100	основа
Технічний вуглець	45	наповнювач
Оксид цинку	5	активатор
Стеаринова кислота	2	активатор
Пластифікатор (олива)	8	м'якшувач
Сірка	1,8	вулканізатор
Прискорювач (сульфенамід)	1,2	прискорювач

Компонент	Вміст, мас. ч.	Функція
Протистарувач	1,5	антиоксидант

Технологічні режими пресової вулканізації для прийнятого виду продукції наведено в табл. 2.2. Вони обрані виходячи з рецептури суміші та розмірів виробів і забезпечують досягнення оптимального ступеня зшивання за прийнятної тривалості циклу.

Таблиця 2.2. — Технологічні режими пресової вулканізації

Параметр	Значення	Одиниця
Температура плит	150–160	°С
Тиск пресування	8–12	МПа
Тривалість вулканізації	8–12	хв
Кількість пресів на дільниці	4	шт.
Ефективний фонд часу	4000	год/рік

Матеріальні потоки дільниці утворюються внаслідок того, що лише частина завантаженої у прес-форму гумової суміші перетворюється на придатну продукцію. Решта розподіляється між технологічним облоєм, бракованою продукцією та незначними безповоротними втратами у вигляді легких речовин і чаду. Кількісне співвідношення цих потоків є основою матеріального балансу, який детально розраховано у розділі 3.

2.4. Вентиляція, водяне охолодження, відходи та виробничі ризики

Для видалення газоповітряних виділень кожен прес обладнано місцевою витяжною вентиляцією (рис. 2.2) [18, 21, 23]. Над зоною роз'єму прес-форми встановлюють місцевий відсмоктувач (зонт або панель рівномірного всмоктування), від якого забруднене повітря повітропроводами відводиться вентилятором на очищення та далі викидається в атмосферу через димову трубу. Раціонально організована місцева витяжка дозволяє вловлювати виділення безпосередньо біля джерела, не допускаючи їх поширення у робочу зону.

					ДП ЛЦ-321.00.05 ПЗ	Арк
						25
		№ докум.	Підпис			

Очищення вентиляційних викидів від летких органічних сполук і сірковмісних речовин доцільно здійснювати сорбційним (адсорбційним) фільтром, причому для різних компонентів виділень потрібні різні типи сорбенту. Звичайне активоване вугілля забезпечує високу ефективність уловлювання насамперед летких органічних забруднювачів. Для сірководню (H_2S) та сірковуглецю (CS_2) доцільно застосовувати імпрегноване активоване вугілля (просочене KI , $NaOH$ тощо) або інший спеціалізований (модифікований) сорбент, який вловлює ці сполуки переважно за рахунок хемосорбції. Натомість для оксиду вуглецю (CO) сорбція активованим вугіллям не є основним рішенням, оскільки ця мала хімічно стабільна молекула звичайним вугіллям практично не вилучається й потребує каталітичних засобів (наприклад, на основі гопкаліту, що окиснює CO до CO_2). Параметри роботи системи вентиляції та ефективність очищення розраховано в підрозділі 3.3.



Рисунок 2.2. — Панель місцевого відсмоктування від вулканізаційного преса [40]

Гідравлічна система пресів і прес-форми потребують охолодження, для чого застосовують оборотну систему водяного охолодження із замкненим циклом (рис. 2.3). Нагріта в процесі роботи вода відводиться до градирні або

теплообмінника, де охолоджується, накопичується у баку-збірнику і насосом знову подається до споживачів. Втрати води на випаровування та продувку компенсуються підживленням свіжою водою. Застосування замкненого циклу дозволяє багаторазово зменшити споживання свіжої води порівняно з прямоточною схемою.

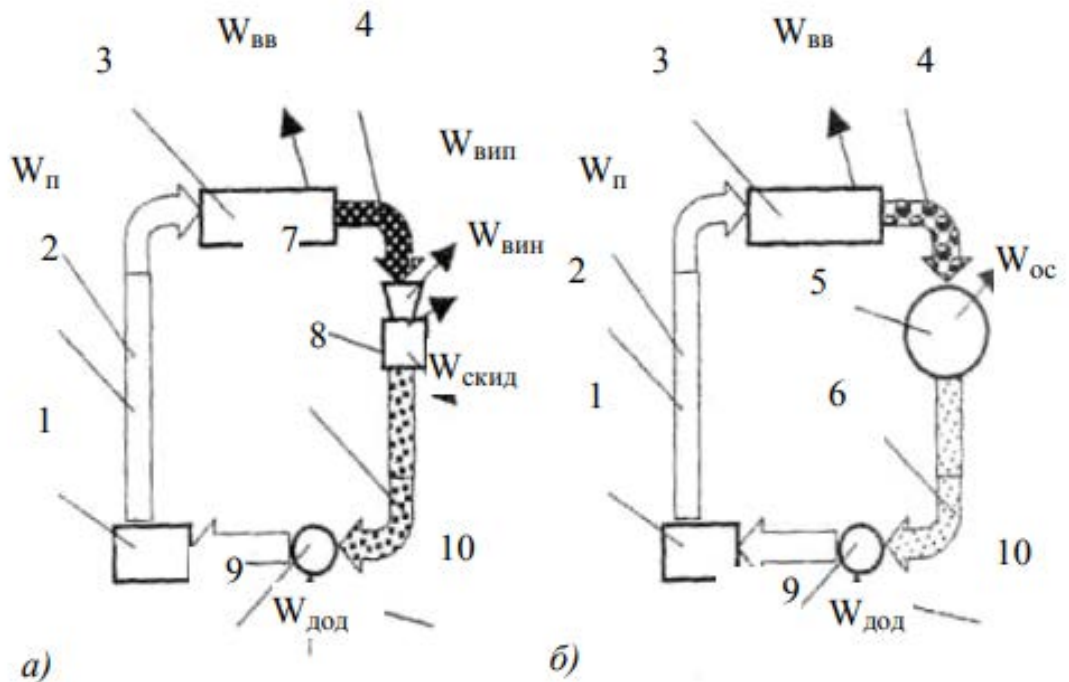


Рисунок 2.3. — Схема оборотного водяного охолодження
а — оборотна з охолодженням; б — оборотна з очищенням води [39]

1 — насосна станція; 2 — подача чистої води; 3 — підприємство; 4 — відведення, відпрацьованої води; 5 — очисні споруди; 6 — відведення очищеної води; 7 — охолоджувальний пристрій; 8 — подавання охолодженої води; 9 — підживлювальний, колодязь; 10 — подача підживлювальної води, $W_{п}$ — кількість води, що подають на виробничий процес; $W_{вв}$ — виробничі витрати води; $W_{ос}$ — кількість води, що втрачається з осадом на водоочисній станції; $W_{скид}$ — кількість води, що скидають до водойми.

Тверді відходи ділянки узагальнено в табл. 2.3. Основну їх частину становить технологічний облой, а також бракована продукція; обидва види належать до вулканізованої гуми, що потребує подрібнення з подальшим використанням у вигляді крихти або передавання спеціалізованим організаціям.

Таблиця 2.3. — Основні види відходів пресової дільниці

Вид відходу	Джерело утворення	Спосіб поводження
Технологічний облой	обрізання виробів по лінії роз'єму	подрібнення, гумова крихта
Бракована продукція	відбраковування за контролем якості	подрібнення / утилізація
Гумовий пил	механічне оброблення, обрізання	уловлювання, видалення
Відпрацьована олива	обслуговування гідросистеми	збирання, регенерація

До виробничих ризиків дільниці належать вплив на працівників нагрітого обладнання та газоповітряних виділень, шум і вібрація від насосного й вентиляційного обладнання, а також пожежна небезпека, пов'язана з наявністю горючих гумових матеріалів та оливи. Зниження цих ризиків досягається ефективною вентиляцією, застосуванням засобів індивідуального захисту, контролем температурного режиму та дотриманням правил пожежної безпеки.

3. РОЗРАХУНКОВО-ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ПРОЦЕСУ ВУЛКАНІЗАЦІЇ НА ПРЕСОВОМУ ОБЛАДНАННІ

3.1. Методика розрахунку матеріального балансу та вихідні дані

Екологічну оцінку процесу виконано у такій послідовності: спершу визначають продуктивність дільниці та витрату гумової суміші з утворенням відходів, далі — масу і концентрацію забруднювальних речовин у вентиляційному викиді та ефективність газоочищення, після чого — параметри оборотного водопостачання [19, 22], енергоспоживання та інтегральні (питомі) екологічні показники процесу. Такий підхід дозволяє кількісно охарактеризувати всі основні потоки впливу дільниці на довкілля [21, 22].

Вихідні дані для розрахунку, виконано за прийнятими типовими питомими показниками [17, 20, 26].

Таблиця 3.1. — Вихідні дані для розрахунково-екологічної оцінки

Найменування показника	Позначення	Значення
Річна програма (придатна продукція), кг/рік	М _{гп}	50 000
Середня маса одного виробу, кг	m _{вир}	0,05
Тривалість циклу вулканізації, хв	т _ц	10
Кількість гнізд у прес-формі	k	12
Кількість пресів, шт.	n	4
Ефективний фонд часу, год/рік	Т _{еф}	4000
Частка облою / браку / втрат	кобл, кбр, квт	0,10 / 0,03 / 0,006
Питомі показники виділень (орг./CO/CS ₂ /H ₂ S), кг/т	q _{1...q4}	0,70 / 0,15 / 0,05 / 0,03
Площа отвору відсмоктувача / швидкість, м ² / м/с	F / v	0,5 / 0,8
Теплове навантаження охолодження, кВт	Q	30
Встановлена потужність преса / коеф. завантаження, кВт	N _{вст} / k _з	15 / 0,6
Динамічна активність сорбенту, кг/кг	ад	0,10

Найменування показника	Позначення	Значення
Питомі викиди CO ₂ електромережі, кг/(кВт·год)	kCO ₂	0,40

Вихідні дані табл. 3.1 мають характер розрахункової моделі пресової ділянки, сформованої на основі типових технологічних параметрів і питомих показників, та не є фактичною інвентаризацією джерел викидів ДП «НДІ “Еластик”».

3.2. Розрахунок продуктивності, витрат гумової суміші, виходу продукції та відходів

Спершу перевіримо, чи забезпечує наявна кількість пресів задану річну програму. Річну кількість виробів визначають за масою одного виробу:

$$N = \frac{M_{\text{зн}}}{m_{\text{вир}}} = \frac{50000}{0,05} = 1\,000\,000 \text{ виробів/рік} \quad (3.1)$$

Кількість циклів вулканізації, що їх може виконати один прес за рік, обчислюють за ефективним фондом часу та тривалістю циклу:

$$n_{\text{ц}} = \frac{T_{\text{еф}} \cdot 60}{\tau_{\text{ц}}} = \frac{4000 \cdot 60}{10} = 24\,000 \text{ циклів/рік} \quad (3.2)$$

Річну продуктивність ділянки у штуках виробів визначають з урахуванням кількості гнізд у прес-формі та кількості пресів:

$$P_{\text{річ}} = k n_{\text{ц}} n = 12 \cdot 24000 \cdot 4 = 1\,152\,000 \text{ виробів/рік} \quad (3.3)$$

Коефіцієнт використання виробничої потужності дорівнює відношенню необхідної програми до можливої продуктивності:

$$K_3 = \frac{N}{P_{\text{річ}}} = \frac{1\,000\,000}{1\,152\,000} = 0,87 \quad (3.4)$$

Отримане значення коефіцієнта використання виробничої потужності $K_3 = 0,87$ (87 %) свідчить, що чотири преси повністю забезпечують річну програму з технологічним запасом продуктивності близько 13 %.

					ДП ЛЦ-321.00.05 ПЗ	Арк
						30
		№ докум.	Підпис			

Далі визначають витрату гумової суміші. Уся завантажена у прес-форми суміш розподіляється між придатною продукцією, технологічним облоєм, бракованою продукцією та безповоротними втратами, тому витрату суміші обчислюють за формулою

$$G_{cm} = \frac{M_{гп}}{1 - k_{обл} - k_{бр} - k_{вт}} \quad (3.5)$$

де $M_{гп}$ — річна програма випуску придатної продукції, кг/рік; $k_{обл}$, $k_{бр}$, $k_{вт}$ — частки облою, браку та безповоротних втрат від маси суміші відповідно.

Підставляючи числові значення, одержуємо:

$$G_{cm} = \frac{50000}{1 - 0,10 - 0,03 - 0,006} = \frac{50000}{0,864} = 57870,4 \text{ кг/рік} \quad (3.6)$$

Звідси середня маса однієї заготовки, що завантажується у прес-форму, становить:

$$m_{заг} = \frac{G_{cm}}{N} = \frac{57870,4}{1\,000\,000} = 0,0579 \text{ кг} \quad (3.7)$$

Масу технологічного облою, бракованої продукції та безповоротних втрат за рік визначають як добуток відповідної частки на витрату суміші:

$$M_{обл} = k_{обл} G_{cm} = 0,10 \cdot 57870,4 = 5787,0 \text{ кг/рік} \quad (3.8)$$

$$M_{бр} = k_{бр} G_{cm} = 0,03 \cdot 57870,4 = 1736,1 \text{ кг/рік} \quad (3.9)$$

$$M_{вт} = k_{вт} G_{cm} = 0,006 \cdot 57870,4 = 347,2 \text{ кг/рік} \quad (3.10)$$

Годинну витрату гумової суміші одержують діленням річної витрати на ефективний фонд часу:

$$G_{год} = \frac{G_{cm}}{T_{еф}} = \frac{57870,4}{4000} = 14,47 \text{ кг/год} \quad (3.11)$$

Результати матеріального балансу діляниці зведено в табл. 3.2, а їх співвідношення показано на рис. 3.1.

					ДП ЛЦ-321.00.05 ПЗ	Арк
						31
		№ докум.	Підпис			

Таблиця 3.2. — Матеріальний баланс дільниці пресової вулканізації

Стаття балансу	Маса, кг/рік	Частка, %
Надходження: гумова суміш	57 870,4	100,0
Витрата: придатна продукція	50 000,0	86,4
Витрата: технологічний облой	5 787,0	10,0
Витрата: бракована продукція	1 736,1	3,0
Витрата: безповоротні втрати	347,2	0,6
Усього витрата	57 870,4	100,0

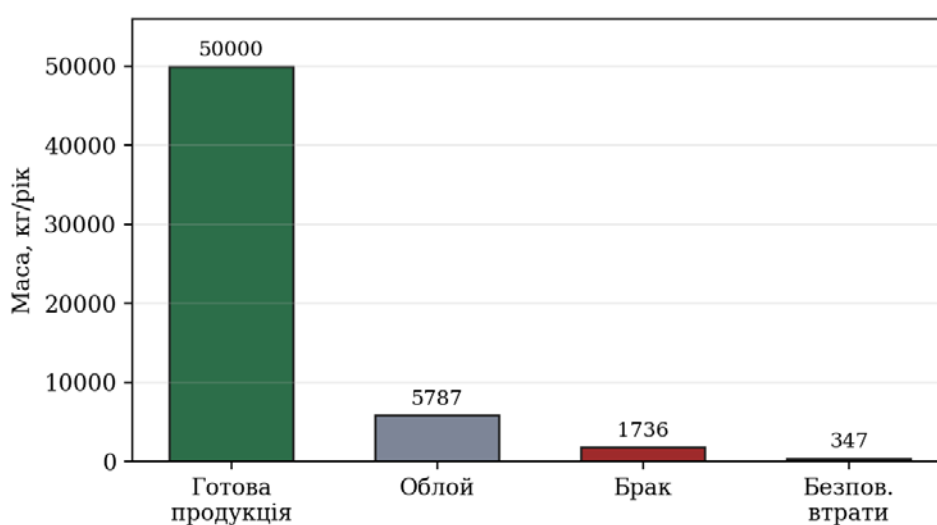


Рисунок 3.1. — Структура матеріального балансу дільниці

Отже, частка придатної продукції становить 86,4 % від маси переробленої суміші, а сумарна кількість твердих гумових відходів (облой і брак) — 7523,1 кг/рік, що потребує організованого поводження з ними.

3.3. Розрахунок викидів, вентиляції та ефективності очищення

Масу викиду кожної забруднювальної речовини за рік визначають за питомими показниками виділення, віднесеними до маси переробленої гумової суміші ($G_{см} = 57,870$ т/рік):

$$M_i = q_i G_{cm} \quad (3.12)$$

де q_i — питомий показник виділення i -ї речовини, кг/т; G_{cm} — річна витрата суміші, т/рік.

Результати розрахунку річної маси викидів за окремими речовинами:

$$M_1 = 0,70 \cdot 57,870 = 40,51 \text{ кг/рік} \quad (3.13)$$

$$M_2 = 0,15 \cdot 57,870 = 8,68 \text{ кг/рік} \quad (3.14)$$

$$M_3 = 0,05 \cdot 57,870 = 2,89 \text{ кг/рік} \quad (3.15)$$

$$M_4 = 0,03 \cdot 57,870 = 1,74 \text{ кг/рік} \quad (3.16)$$

Для порівняння з гранично допустимими викидами масовий потік речовини зручно подати у грамах за секунду. Для летких органічних речовин потужність викиду становить:

$$m_1 = \frac{M_1 \cdot 1000}{T_{ef} \cdot 3600} = \frac{40,51 \cdot 1000}{4000 \cdot 3600} = 0,00281 \text{ г/с} \quad (3.17)$$

Витрату повітря, що видаляється місцевими відсмоктувачами, визначають за швидкістю всмоктування у відкритому отворі. Для одного відсмоктувача

$$L_1 = 3600 F v = 3600 \cdot 0,5 \cdot 0,8 = 1440 \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.18)$$

Сумарну витрату повітря для всіх пресів ділянки одержують множенням на їх кількість:

$$L = L_1 n = 1440 \cdot 4 = 5760 \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.19)$$

Концентрацію забруднювальної речовини у вентиляційному викиді до очищення визначають як відношення її масового потоку (у мг/год) до витрати повітря. Для летких органічних речовин ($M_{1,год} = 40,51 \cdot 10^6 / 4000 = 10130$ мг/год):

					ДП ЛЦ-321.00.05 ПЗ	Арк
						33
		№ докум.	Підпис			

$$C_{до} = \frac{M_{1, дод}}{L} = \frac{10130}{5760} = 1,76 \text{ мг/м}^3 \quad (3.20)$$

Для зниження викидів летких органічних речовин передбачено адсорбційне очищення на активованому вугіллі. Для сірководню та сірковуглецю доцільним є застосування спеціалізованого, зокрема імпрегнованого або модифікованого, сорбенту, а для оксиду вуглецю — каталітичне доочищення [23, 24, 25]. Тому наведений нижче розрахунок ефективності очищення із прийнятим ступенем $\eta = 0,85$ розглядається як розрахункова оцінка насамперед для летких органічних речовин. Концентрацію речовини після очищення обчислюють за формулою:

$$C_{ніс} = C_{до} (1 - \eta) \quad (3.21)$$

де η — ступінь очищення, частка вловленої речовини. Для летких органічних речовин прийнято $\eta = 0,85$. Для інших компонентів газоповітряних виділень значення η залежить від типу очисного обладнання і сорбенту, тому не може автоматично прийматися однаковим для CO, H₂S, CS₂ та ЛОС, тоді

$$C_{ніс} = 1,76 \cdot (1 - 0,85) = 0,264 \text{ мг/м}^3 \quad (3.22)$$

Ефективність очищення у відсотках визначають за формулою

$$\eta = \frac{C_{до} - C_{ніс}}{C_{до}} \cdot 100 \% = \frac{1,76 - 0,264}{1,76} \cdot 100 \% = 85 \% \quad (3.23)$$

Масу речовини, вловленої фільтром, та масу речовини, що залишається у вентиляційному викиді після очищення, за рік (на прикладі летких органічних речовин) визначають за ступенем очищення:

$$M_{вл} = M_1 \eta = 40,51 \cdot 0,85 = 34,43 \text{ кг/рік} \quad (3.24)$$

$$M_{зал} = M_1 (1 - \eta) = 40,51 \cdot 0,15 = 6,08 \text{ кг/рік} \quad (3.25)$$

Потрібну річну кількість сорбенту (активованого вугілля) для вловлювання органічних речовин визначають за його динамічною активністю ад:

$$m_{\text{сорб}} = \frac{M_{\text{вл}}}{a_{\text{д}}} = \frac{34,43}{0,10} = 344,3 \text{ кг/рік} \quad (3.26)$$

Розраховані концентрації забруднювальних речовин до та після очищення зведено в табл. 3.3 і показано на рис. 3.2, а відповідні маси викидів — на рис. 3.3.

Розраховані концентрації характеризують вміст домішок безпосередньо у вентиляційному викиді / газоході. Висновок щодо дотримання ГДК в атмосферному повітрі на межі санітарно-захисної зони може бути зроблений лише після окремого розрахунку розсіювання та/або інструментальних вимірювань.

Таблиця 3.3. — Концентрації забруднювальних речовин до та після очищення

Речовина	Сдо, мг/м³	Спіс, мг/м³	η, %
Леткі органічні речовини	1,76	0,264	85
Оксид вуглецю	0,38	0,190	50
Сірковуглець	0,126	0,025	80
Сірководень	0,075	0,011	85

За результатами розрахункової оцінки встановлено, що масові концентрації основних забруднювальних речовин у вентиляційному викиді дільниці пресової вулканізації не перевищують нормативних значень масових концентрацій для організованих викидів стаціонарних джерел, установлених Наказом Мінприроди України № 309. Разом з тим цей висновок стосується виключно розрахункових концентрацій у вентиляційному викиді / газоході та має попередній характер. Остаточне підтвердження дотримання нормативів ГДВ для конкретного стаціонарного джерела, а також ГДК забруднювальних речовин в атмосферному повітрі, потребує проведення інвентаризації джерел викидів, інструментальних вимірювань, розрахунку розсіювання

забруднювальних речовин та порівняння отриманих результатів із показниками, встановленими у чинному дозволі на викиди. Вихідні дані чинної дозвільної документації підприємства виконавцю цього проекту не надавалися, тому відповідний висновок у роботі має розрахунково-оціночний, а не дозвільний характер.

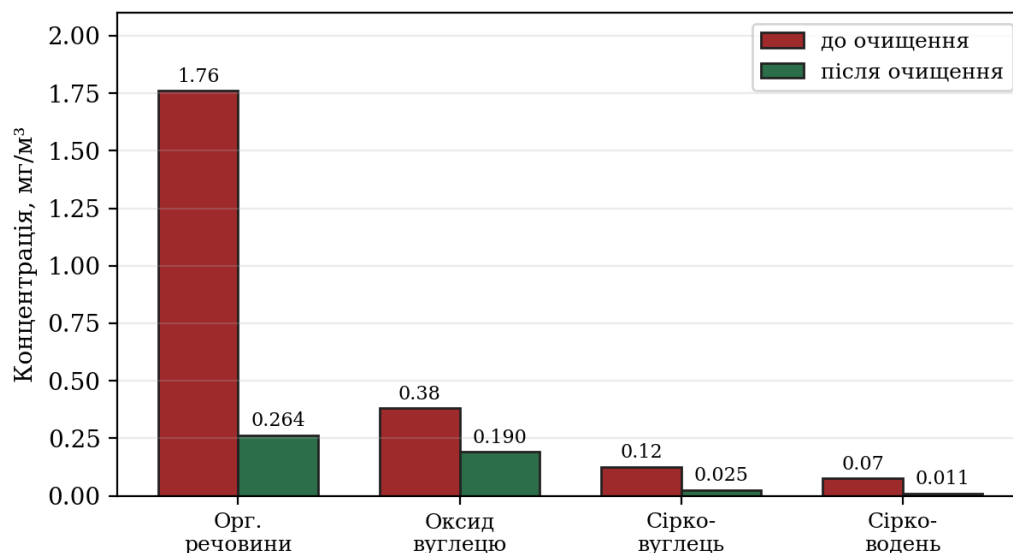


Рисунок 3.2. — Концентрації забруднювальних речовин до та після очищення

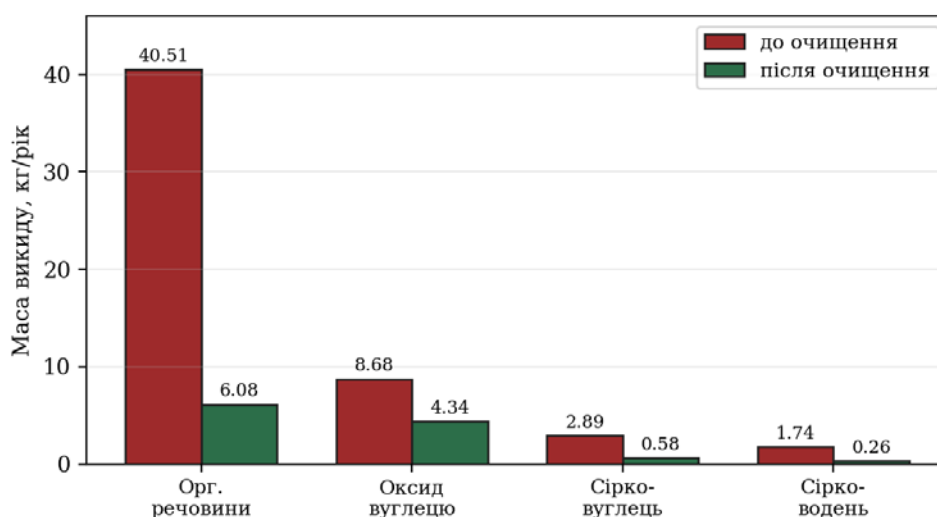


Рисунок 3.3. — Маса викидів забруднювальних речовин до та після очищення

3.4. Розрахунок водяного циклічного охолодження

Оборотна система водяного охолодження відводить теплоту від гідросистеми пресів і прес-форм. Витрату охолоджувальної води визначають із рівняння теплового балансу:

$$G_v = \frac{Q}{c \rho \Delta t} \quad (3.27)$$

де Q — теплове навантаження системи, Вт; $c = 4190$ Дж/(кг·К) — питома теплоємність води; $\rho = 1000$ кг/м³ — густина води; Δt — допустиме нагрівання води, К.

За теплового навантаження $Q = 30$ кВт і нагрівання води $\Delta t = 10$ К об'ємна витрата охолоджувальної води становить:

$$G_v = \frac{30000}{4190 \cdot 1000 \cdot 10} = 0,000716 \text{ м}^3/\text{с} \approx 2,58 \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.28)$$

За замкненого циклу свіжа вода витрачається лише на підживлення для компенсації втрат на випаровування та продувку (близько 3 % від витрати оборотної води):

$$G_{\text{пiж}} = 0,03 G_v = 0,03 \cdot 2,58 = 0,077 \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.29)$$

Річна потреба у свіжій воді на підживлення:

$$W_{\text{св}} = G_{\text{пiж}} T_{\text{еф}} = 0,077 \cdot 4000 = 308 \text{ м}^3/\text{рік} \quad (3.30)$$

Економію свіжої води порівняно з прямоточною схемою ($W_{\text{прям}} = G_v \cdot T_{\text{еф}} = 2,58 \cdot 4000 = 10\,320$ м³/рік) визначають за формулою

$$E_v = \left(1 - \frac{W_{\text{св}}}{W_{\text{прям}}}\right) \cdot 100 \% = \left(1 - \frac{308}{10320}\right) \cdot 100 \% = 97 \% \quad (3.31)$$

Отже, застосування замкненого циклу водяного охолодження дозволяє скоротити споживання свіжої води приблизно на 97 %, що є суттєвим ресурсозберезним ефектом.

					ДП ЛЦ-321.00.05 ПЗ	Арк
						37
		№ докум.	Підпис			

3.5. Розрахунок енергоспоживання та інтегральних екологічних показників. Природоохоронні заходи

Середню споживану потужність ділянки визначають за встановленою потужністю преса, коефіцієнтом використання встановленої електричної потужності та кількістю пресів:

$$P_{сер} = N_{вст} k_3 n = 15 \cdot 0,6 \cdot 4 = 36 \text{ кВт} \quad (3.32)$$

Річне споживання електроенергії на нагрівання плит і роботу гідросистеми:

$$W_{ел} = P_{сер} T_{еф} = 36 \cdot 4000 = 144\,000 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік} \quad (3.33)$$

Питому витрату електроенергії на тонну продукції обчислюють як

$$w_{ел} = \frac{W_{ел}}{M_{зн}} = \frac{144\,000}{50} = 2880 \text{ кВт} \cdot \text{год/т} \quad (3.34)$$

Непрямі викиди діоксиду вуглецю, пов'язані зі споживанням електроенергії, визначають за питомим показником викидів електромережі:

$$M_{CO_2} = W_{ел} k_{CO_2} = 144\,000 \cdot 0,40 = 57\,600 \text{ кг/рік} \quad (3.35)$$

Для узагальненої характеристики екологічності процесу обчислюють інтегральні (питомі) показники, віднесені до тонни придатної продукції ($M_{п} = 50 \text{ т/рік}$). Питомі викиди в атмосферу після очищення (сумарна маса $\Sigma M_{атм} = 11,26 \text{ кг/рік}$):

$$e_{вук} = \frac{\Sigma M_{атм}}{M_{зн}} = \frac{11,26}{50} = 0,225 \text{ кг/т} \quad (3.36)$$

Питоме утворення твердих гумових відходів:

$$e_{відх} = \frac{M_{обл} + M_{бр}}{M_{зн}} = \frac{7523,1}{50} = 150,5 \text{ кг/т} \quad (3.37)$$

Питома витрата свіжої води:

$$e_{вод} = \frac{W_{св}}{M_{ен}} = \frac{308}{50} = 6,16 \text{ м}^3/\text{т} \quad (3.38)$$

Зведені інтегральні екологічні показники процесу наведено в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 — Інтегральні (питомі) екологічні показники процесу

Показник	Позначення	Значення	Одиниця
Питомі викиди в атмосферу (після очищення)	евик	0,225	кг/т
Питоме утворення твердих відходів	евідх	150,5	кг/т
Питома витрата свіжої води	евод	6,16	м ³ /т
Питома витрата електроенергії	вел	2880	кВт·год/т
Непрямі викиди CO ₂	МСO ₂	57,6	т/рік

На підставі виконаної екологічної оцінки запропоновано такі природоохоронні заходи:

- 1) удосконалення місцевих відсмоктувачів над пресами для повнішого вловлювання газоповітряних виділень безпосередньо біля джерела;
- 2) очищення вентиляційних викидів сорбційним фільтром на активованому вугіллі (потреба сорбенту близько 344 кг/рік) з періодичною заміною або регенерацією;
- 3) точне підтримання температурно-часового режиму вулканізації [5, 7, 9, 15] місцевого відсмоктування [18, 21, 23], що зменшує термоокиснювальну деструкцію та обсяг газовиділень;
- 4) застосування замкненого циклу водяного охолодження, що скорочує споживання свіжої води приблизно на 97 %;
- 5) роздільне збирання технологічного облою та бракованої продукції (7523,1 кг/рік) з подальшим подрібненням у гумову крихту або передаванням спеціалізованим організаціям [17, 20, 26];
- 6) зниження енергоємності процесу шляхом теплоізоляції плит та оптимізації завантаження пресів, що зменшує непрямі викиди CO₂

4. БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

4.1. Теплотехнічний розрахунок товщини зовнішньої стіни

Виробничу будівлю дільниці пресової вулканізації запроєктовано як одноповерхову каркасну промислову будівлю [29, 30]. Завдання для виконання креслень плану та розрізів наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1. — Завдання для виконання креслень будівлі

Поверхів	Прогонів	Прогін, м	Крок колон, м	Висота, м	Довжина, м
1	2	18	6	10,8	72

Метою теплотехнічного розрахунку є визначення товщини зовнішньої стіни, яка забезпечує необхідний опір теплопередачі. Необхідний опір теплопередачі визначають за формулою

$$R_0 = \frac{T_v - T_z}{\Delta t_n \alpha_v} = \frac{18 - (-22)}{7 \cdot 8,7} = 0,66 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} \quad (4.1)$$

де T_v — розрахункова температура повітря всередині приміщення ($T_v = 18 \text{ }^\circ\text{C}$); T_z — розрахункова зимова температура зовнішнього повітря для м. Києва ($T_z = -22 \text{ }^\circ\text{C}$); Δt_n — нормований температурний перепад між температурою внутрішнього повітря та внутрішньої поверхні стіни ($\Delta t_n = 7 \text{ }^\circ\text{C}$); $\alpha_v = 8,7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ — коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні стіни.

Товщину одношарової стіни визначають за формулою

$$\delta = \lambda \left(R_0 - \frac{1}{\alpha_v} - \frac{1}{\alpha_z} \right) = 0,76 \left(0,66 - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} \right) = 0,38 \text{ м} \quad (4.2)$$

де $\lambda = 0,76 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ — коефіцієнт теплопровідності цегляної кладки; $\alpha_z = 23 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ — коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні стіни.

Оскільки розрахункова товщина становить 0,38 м, а стіну приймають цегляною, остаточно обираємо товщину стіни 510 мм (кладка у дві цеглини).

Перевіримо масивність прийнятої стіни за тепловою інерцією

					ДП ЛЦ-321.00.05 ПЗ	Арк
						40
		№ докум.	Підпис			

$$D = \frac{\delta}{\lambda} S = \frac{0,51}{0,76} \cdot 9,2 = 6,2 \quad (4.3)$$

де $S = 9,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ — коефіцієнт теплотозасвоєння матеріалу стіни. Оскільки $4 < D < 7$, стіна належить до конструкцій середньої масивності, що є прийнятним для промислової будівлі. Конструкцію зовнішньої стіни показано на рис. 4.1.

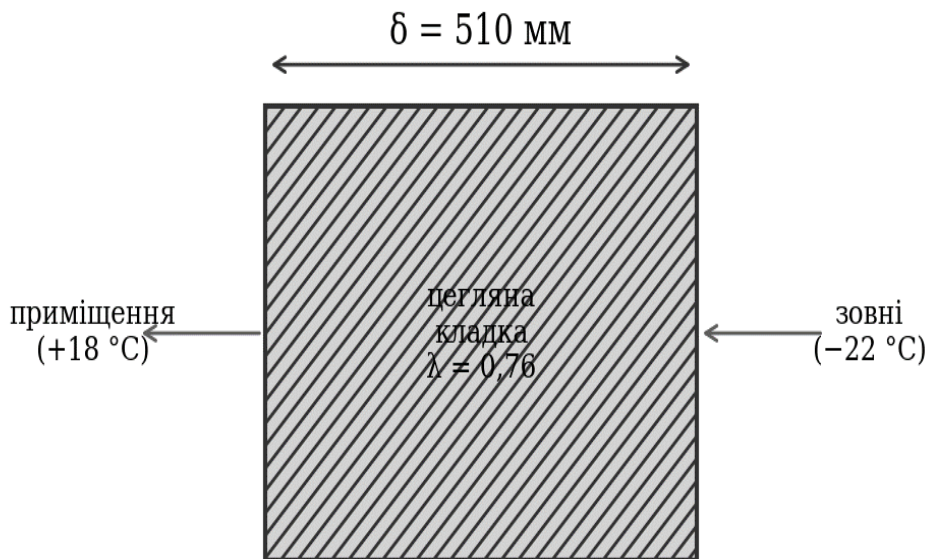


Рисунок 4.1. — Переріз зовнішньої цегляної стіни

4.2. Розрахунок площі адміністративно-побутових приміщень

Облікова чисельність працівників діляниці прийнята 20 осіб, у тому числі 12 чоловіків і 8 жінок. Склад і площу адміністративно-побутових приміщень визначено згідно з нормами проектування та наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 — Площа адміністративно-побутових приміщень

Приміщення	Кількість осіб	Площа, м ²
Гардеробні чоловічі (шафи)	12	14
Гардеробні жіночі (шафи)	8	10
Душові (чоловічі та жіночі)	20	18
Вмивальні	20	6

Приміщення	Кількість осіб	Площа, м ²
Вбиральні (чоловічі та жіночі)	20	8
Кімната приймання їжі	20	18
Кабінет начальника дільниці	—	12
Кімната майстрів	—	12
Медичний пункт	—	12
Усього		110

Загальна площа адміністративно-побутових приміщень дільниці становить 110 м² та включає окремі чоловічі й жіночі гардеробні з двома шафами для вуличного і робочого одягу, душові, вмивальні та вбиральні, а також кімнату приймання їжі, кабінет начальника дільниці, кімнату майстрів і медичний пункт.

4.3. Об'ємно-планувальне вирішення будівлі

Згідно з об'ємно-планувальним вирішенням запроектовано одноповерхову промислову будівлю каркасного типу з двома прогонами по 18 м, кроком колон 6 м, висотою 10,8 м та довжиною 72 м. Площу забудови визначають як добуток сумарної ширини прогонів на довжину будівлі:

$$S_{\text{заб}} = (z \cdot l_{\text{пр}}) \cdot L_{\text{буд}} = (2 \cdot 18) \cdot 72 = 2592 \text{ м}^2 \quad (4.4)$$

де z — кількість прогонів; $l_{\text{пр}}$ — величина прогону, м; $L_{\text{буд}}$ — довжина будівлі, м. Загальна площа забудови становить 2592 м², що достатньо для розміщення пресової дільниці з чотирма вулканізаційними пресами, системами вентиляції та оборотного водопостачання, а також допоміжних і складських зон.

Технологічне обладнання розміщують з дотриманням нормативних проходів та зон обслуговування. Поперечну конструктивну схему будівлі наведено на рис. 4.2. Адміністративно-побутові приміщення розміщують у прибудові або в окремому блоці, що прилягає до виробничого корпусу.

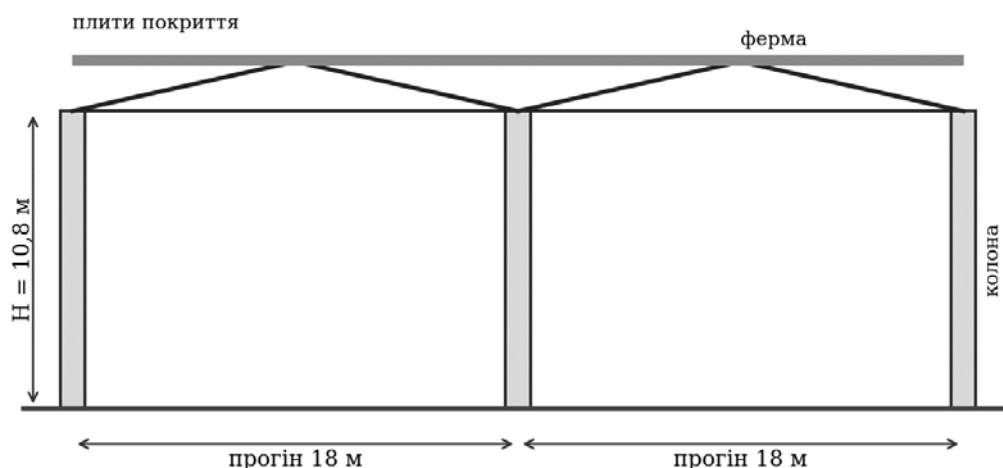


Рисунок 4.2. — Поперечна конструктивна схема будівлі

4.4. Конструктивне вирішення будівлі

При проектуванні будівлі прийнято такі основні конструктивні рішення. Несучий каркас утворюють збірні залізобетонні колони прямокутного перерізу 400×600 мм, зацмлені у фундаментах; для кріплення стінових панелей при торцевих стінах встановлено колони фахверку перерізом 400×400 мм.

- фундаменти — монолітні залізобетонні стовпчасті стаканного типу під окремі та спарені колони;
- несучі конструкції покриття — залізобетонні кроквяні ферми прогоном 18 м, по яких укладають ребристі плити покриття розмірами 1,5×6 м;
- підкранові конструкції — залізобетонні підкранові балки двотаврового перерізу для мостового крана відповідної вантажопідйомності;
- зовнішні стіни — цегляна кладка завтовшки 510 мм (або навісні стінові панелі) із влаштуванням віконних прорізів для природного освітлення та аерації;
- покрівля — рулонна по залізобетонних плитах з улаштуванням пароізоляції, утеплювача та водовідведення;

- підлога — бетонна з хімічно стійким зносостійким покриттям, придатним для очищення;
- ворота та двері — для в'їзду транспорту та евакуації працівників відповідно до протипожежних вимог.

Прийняті об'ємно-планувальні та конструктивні рішення відповідають вимогам будівельних норм до промислових будівель і забезпечують надійне розміщення та безпечну експлуатацію обладнання пресової дільниці [29, 30].

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

У дипломному проєкті розглянуто екологічну оцінку процесу вулканізації гумових виробів на пресовому обладнанні ДП «НДІ «Еластик».

У цьому розділі розглянуто питання організації охорони праці на дільниці пресової вулканізації, що розміщується у виробничому приміщенні площею близько 2592 м². Організація робочих місць, безпечність експлуатації обладнання, стан систем колективного та індивідуального захисту і санітарно-побутове забезпечення працівників мають відповідати вимогам чинного законодавства України, зокрема законів «Про охорону праці» та «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» [31, 32, 38].

5.1. Організація та контроль охорони праці

На підприємстві впроваджено систему управління охороною праці та триступеневий контроль. На першому рівні майстер і начальник зміни перед початком роботи перевіряють безпечний стан обладнання, працездатність систем вентиляції та належний стан виробничих приміщень. На другому рівні контроль щотижня здійснює керівництво дільниці (цеху). На третьому рівні щомісяця комісія за участю фахівців служби охорони праці, головного механіка та головного енергетика проводить комплексні перевірки стану охорони праці, виробничої санітарії та пожежної безпеки згідно із

					ДП ЛЦ-321.00.05 ПЗ	Арк
						44
		№ докум.	Підпис			

затвердженим графіком. Працівники проходять вступний і первинний інструктажі, періодичне навчання та перевірку знань з охорони праці; для робіт підвищеної небезпеки ведеться журнал допусків.

5.2. Шкідливі та небезпечні виробничі чинники

На ділянці пресової вулканізації на працівників можуть впливати такі шкідливі та небезпечні чинники:

- підвищена температура поверхонь обладнання та нагрітих виробів (ризик термічних опіків);
- газоповітряні виділення під час вулканізації (леткі органічні речовини, сірковуглець, сірководень, оксид вуглецю);
- підвищений рівень шуму та вібрації від пресів, насосів і вентиляційного обладнання;
- небезпека ураження електричним струмом;
- пожежна небезпека, пов'язана з наявністю горючих гумових матеріалів та гідравлічної оливи;
- механічні небезпеки, пов'язані з рухомими частинами пресів і вантажно-розвантажувальними роботами.

Параметри шкідливих чинників не повинні перевищувати гранично допустимих значень, установлених відповідними нормативами.

5.3. Захист і безпека працівників

Використання спецодягу та засобів індивідуального захисту є обов'язковою умовою допуску до роботи. Працівникам ділянки безкоштовно надаються бавовняний костюм або комбінезон, термозахисні рукавиці для роботи з нагрітими прес-формами та виробами, захисні окуляри, респіратори для захисту органів дихання від газоповітряних виділень, протишумові навушники або беруші та взуття на неслизькій підшві. Біля пресів передбачено огороження рухомих частин, аварійні кнопки зупинки та попереджувальні знаки. Місця з підвищеним тепловиділенням обладнують екранами та припливно-витяжною вентиляцією.

					ДП ЛЦ-321.00.05 ПЗ	Арк
						45
		№ докум.	Підпис			

5.4. Забезпечення нормального мікроклімату

Оптимальні мікрокліматичні умови забезпечують збереження нормального теплового стану організму без напруження механізмів терморегуляції. Параметри мікроклімату (температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря) у робочій зоні підтримують відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [35].

За енерговитратами роботи на дільниці пресової вулканізації належать до категорії Пб (роботи середньої важкості) з витратами енергії 233–290 Вт, оскільки вони пов'язані з постійним ходінням, переміщенням і перенесенням прес-форм та виробів масою до 10 кг і помірним фізичним навантаженням. Оптимальні значення параметрів мікроклімату для цієї категорії робіт наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1. – Оптимальні параметри мікроклімату для категорії робіт Пб

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	Пб	17–19	40–60	0,2
Теплий	Пб	20–22	40–60	0,3

З огляду на значні тепловиділення від нагрітих пресів передбачено припливно-витяжну вентиляцію з механічним спонуканням, а також місцеві відсмоктувачі над пресами, що одночасно видаляють надлишкову теплоту й газоповітряні виділення. У холодний період року приміщення обладнують системою опалення.

5.5. Зниження рівня шуму та вібрації

Джерелами шуму та вібрації на дільниці є гідравлічні преси, насоси гідростанцій і вентиляційне обладнання. Допустимі рівні шуму регламентуються ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку», а вібрації — ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації». Для зниження

шуму застосовують зменшення його в джерелі утворення (балансування й своєчасне обслуговування обладнання), встановлення глушників на вентиляційних системах, облицювання поверхонь звукопоглинальними матеріалами та засоби індивідуального захисту. Зниження вібрації забезпечують установленням обладнання на віброізолювальні опори (амортизатори) та своєчасним технічним обслуговуванням [33, 34].

5.6. Освітлення робочої зони

Раціональне освітлення є одним з найважливіших елементів сприятливих умов праці: при правильному освітленні підвищується продуктивність і безпека праці, зменшується втомлюваність. У виробничих приміщеннях передбачено комбіновану систему освітлення — природне (через віконні прорізи) та штучне (загальне і місцеве) відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення». Рівень освітленості на основних робочих місцях приймають не менше 300 лк, а на ділянках візуального контролю якості виробів — до 500–750 лк. Застосовують енергоефективні світлодіодні світильники із захисними корпусами; у зонах евакуації та біля основного обладнання передбачено аварійне освітлення [36].

5.7. Електробезпека

За небезпекою ураження електричним струмом приміщення дільниці належить до приміщень з підвищеною небезпекою. Живлення обладнання здійснюється трифазною чотирипровідною мережею змінного струму з глухозаземленою нейтраллю напругою 380/220 В, 50 Гц. Для запобігання ураженню електричним струмом передбачено надійну ізоляцію струмовідних частин, захисне заземлення та занулення електрообладнання, огороження небезпечних ділянок, укладання кабелів у захисні канали, маркування обладнання та забезпечення працівників діелектричними засобами захисту. Зазначені рішення відповідають вимогам чинних нормативів з електробезпеки [37].

					ДП ЛЦ-321.00.05 ПЗ	Арк
						47
		№ докум.	Підпис			

5.8. Пожежна та вибухопожежна безпека

Згідно з ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» приміщення пресової ділянки належить до категорії В (пожежонебезпечне), оскільки містить горючі тверді матеріали (гуму) та гідравлічну оливу. Потенційними джерелами займання можуть бути несправності електрообладнання, перегрів, статична електрика та розливи оливи. Заходи пожежної безпеки включають постійний контроль стану електрообладнання, своєчасне прибирання відходів і пилу, розміщення первинних засобів пожежогасіння (вогнегасників, ящиків з піском, протипожежного інвентарю) по всій території, влаштування пожежної сигналізації та забезпечення нормованої кількості й ширини евакуаційних виходів. У разі пожежі необхідно вимкнути живлення, зупинити вентиляцію, перекрити подачу теплоносія, відключити систему мастила та викликати пожежну службу.

					ДП ЛЦ-321.00.05 ПЗ	Арк
						48
		№ докум.	Підпис			

ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті виконано екологічну оцінку процесу вулканізації гумових виробів на пресовому обладнанні на прикладі Державного підприємства «Науково-дослідний інститут «Еластик», розроблено будівельну частину та розглянуто питання охорони праці. За результатами роботи зроблено такі висновки.

1) Обґрунтовано актуальність теми та опрацьовано теоретичні основи виробництва гумових виробів. Установлено, що властивості готової продукції й характер газоповітряних виділень визначаються складом гумової суміші (каучук, вулканізувальні агенти, прискорювачі, наповнювачі, пластифікатори, протистарувачі) та температурно-часовим режимом вулканізації як процесу утворення просторової сітки поперечних зв'язків; систематизовано основні джерела екологічного впливу процесу та чинні нормативні вимоги.

2) Проаналізовано процес пресової вулканізації на ДП «НДІ «Еластик» і встановлено, що дільниця формує три основні потоки впливу на довкілля — технологічний облой, браковану продукцію та газоповітряні виділення; описано систему місцевої вентиляції, оборотного водяного охолодження та поводження з відходами, наведено рецептуру суміші й технологічні режими.

3) За результатами матеріального балансу визначено, що для випуску 50 000 кг придатної продукції на рік необхідно переробити 57 870,4 кг гумової суміші; частка придатної продукції становить 86,4 %, сумарна кількість твердих гумових відходів — 7523,1 кг/рік, а коефіцієнт завантаження чотирьох пресів — 0,87, що забезпечує програму із запасом близько 13 %.

4) Розраховано річні викиди забруднювальних речовин (леткі органічні речовини — 40,51 кг/рік, оксид вуглецю — 8,68 кг/рік, сірковуглець — 2,89 кг/рік, сірководень — 1,74 кг/рік), потужність викиду та необхідну витрату місцевої витяжної вентиляції 5760 м³/год. Установлено, що ефективність сорбційного очищення на активованому вугіллі до 85 % є

					ДП ЛЦ-321.00.05 ПЗ	Арк
						49
		№ докум.	Підпис			

обґрунтованою насамперед щодо летких органічних сполук, для яких вугільна адсорбція є типовою технологією контролю. Водночас поширювати цей показник на всі забруднювальні речовини некоректно: оксид вуглецю як мала хімічно стабільна молекула звичайним а ктивованим вугіллям практично не вилучається й потребує каталітичних засобів (наприклад, на основі гопкаліту, що окиснює CO до CO₂); сірководень і меркаптани надійно видаляються переважно імпрегнованим вугіллям (KI, NaOH тощо) за рахунок хемосорбції, а ефективність уловлювання сірковуглецю істотно залежить від типу сорбенту, вологості, температури та часу контакту. Тому в проєкті обґрунтовано застосування не звичайного, а спеціалізованого (імпрегнованого/модифікованого) сорбенту з орієнтовною потребою близько 344 кг/рік та доцільність комбінування адсорбції з каталітичним доочищенням.

Розрахункова оцінка показала, що масові концентрації основних забруднювальних речовин у вентиляційному викиді дільниці пресової вулканізації не перевищують нормативних значень масових концентрацій для організованих викидів стаціонарних джерел. Водночас цей висновок стосується саме розрахункових концентрацій у вентиляційному викиді / газоході та не замінює офіційної оцінки дотримання нормативів ГДВ для конкретного стаціонарного джерела. Остаточне підтвердження відповідності потребує даних чинного дозволу на викиди, інструментальних вимірювань та розрахунку розсіювання забруднювальних речовин, до яких виконавець цього проєкту доступу не мав.

5) Зазначено, що розрахована концентрація забруднювальних речовин після очищення характеризує вміст домішок безпосередньо у вентиляційному викиді (газоході). Для обґрунтованого висновку про дотримання гранично допустимих концентрацій на межі санітарно-захисної зони та в зоні житлової забудови потрібен окремий розрахунок розсіювання з урахуванням висоти й параметрів джерела викиду, витрати, температури та швидкості виходу газоповітряної суміші, метеорологічних умов, фонових

					ДП ЛЦ-321.00.05 ПЗ	Арк
						50
		№ докум.	Підпис			

концентрацій і розташування розрахункових точок; виконання такого розрахунку визначено як напрям подальшого опрацювання.

6) Розраховано параметри оборотного водяного охолодження та встановлено, що застосування замкненого циклу скорочує споживання свіжої води приблизно на 97 % (близько 310 м³/рік замість 10 320 м³/рік за прямооточної схеми).

7) Визначено енергоспоживання дільниці (144 000 кВт·год/рік, непрямі викиди — 57,6 т СО₂/рік) та обчислено інтегральні питомі екологічні показники процесу (0,225 кг викидів, 150,5 кг твердих відходів, 6,16 м³ свіжої води та 2880 кВт·год електроенергії на тону продукції); обґрунтовано комплекс природоохоронних заходів щодо викидів, водоспоживання, енергоємності та поводження з відходами.

8) У будівельній частині виконано теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни (прийнято цегляну кладку завтовшки 510 мм), визначено площу адміністративно-побутових приміщень (110 м²) та розроблено об'ємно-планувальне й конструктивне вирішення одноповерхової каркасної будівлі з двома прогонами по 18 м, висотою 10,8 м та площею забудови 2592 м².

9) Розглянуто питання охорони праці: визначено шкідливі та небезпечні виробничі чинники дільниці й обґрунтовано заходи із забезпечення нормального мікроклімату, зниження рівня шуму та вібрації, раціонального освітлення, електричної та пожежної безпеки відповідно до чинних нормативних документів.

Запропоновані технічні та організаційні рішення дозволяють знизити екологічне навантаження дільниці пресової вулканізації, раціонально використовувати воду й енергію та впорядкувати поводження з гумовими відходами; вони можуть бути використані для вдосконалення відповідного виробництва на ДП «НДІ «Еластик».

					ДП ЛЦ-321.00.05 ПЗ	Арк
						51
		№ докум.	Підпис			

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кошелєв Ф. Ф., Корнєв А. Є., Буканов А. М. Загальна технологія гуми. Київ: Хімія, 2010. 528 с.
2. Запольський А. К., Салюк А. І. Основи екології: підручник. Київ: Вища школа, 2010. 382 с.
3. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 № 1264-ХІІ (зі змінами).
4. Аверко-Антонович Л. А., Аверко-Антонович Ю. О. Хімія і технологія синтетичних каучуків. Київ: Хімія, 2008. 357 с.
5. Корнєв А. Є., Буканов А. М., Шевердяєв О. М. Технологія еластомерних матеріалів: підручник. Київ: Істек, 2009. 504 с.
6. Ciullo P. A., Hewitt N. The Rubber Formulary. Norwich: Noyes Publications, 2008. 765 p.
7. Hofmann W. Rubber Technology Handbook. Munich: Hanser Publishers, 2009. 611 p.
8. Догадкін Б. О., Донцов А. А., Шершньов В. А. Хімія еластомерів. Київ: Хімія, 2009. 376 с.
9. Mark J. E., Erman B., Roland C. M. The Science and Technology of Rubber. 4th ed. Amsterdam: Academic Press, 2013. 779 p.
10. Лукомська А. І., Бадєнков П. Ф., Кепперлінг Л. М. Теплові процеси у виробництві гумових виробів. Київ: Хімія, 2007. 280 с.
11. Гончаров Г. М. Обладнання підприємств гумової промисловості: навчальний посібник. Київ: Хімія, 2011. 268 с.
12. Закон України «Про охорону атмосферного повітря» від 16.10.1992 № 2707-ХІІ (зі змінами).
13. ДСТУ ГОСТ 12.1.005-88. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони.

- 14.ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до атмосферного повітря населених місць.
- 15.Унковська Т. Є. Технологія гумотехнічних виробів: навчальний посібник. Київ: НТУУ «КПІ», 2012. 312 с.
- 16.Вострокнутов Є. Г., Новиков М. І. Перероблення каучуків і гумових сумішей. Київ: Хімія, 2008. 288 с.
- 17.Закон України «Про управління відходами» від 20.06.2022 № 2320-ІХ.
- 18.ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Київ: Мінрегіонбуд України, 2013. 141 с.
- 19.Дегтярьов В. М. Оборотно водопостачання промислових підприємств. Київ: Будівельник, 2009. 208 с.
- 20.Краснянський М. Ю. Утилізація та рекуперація відходів: навчальний посібник. Київ: КНЕУ, 2009. 288 с.
- 21.Бенатов Д. Е. Інженерна екологія промислових виробництв: конспект лекцій. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 124 с.
- 22.Мазур І. І., Молдаванов О. І. Курс інженерної екології. Київ: Вища школа, 2008. 510 с.
- 23.Дорошенко О. І. Очищення промислових газових викидів: навчальний посібник. Київ: Хімія, 2010. 244 с.
- 24.Сорбційні методи очищення газових викидів: монографія / за ред. М. С. Мальованого. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. 296 с.
- 25.Гомеля М. Д., Шаблій Т. О. Екологія та промислова безпека: навчальний посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 196 с.
- 26.Степаненко В. Д. Ресурсозбережні технології у виробництві гумотехнічних виробів. Київ: Наукова думка, 2016. 224 с.
- 27.Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council on industrial emissions (IPPC). Official Journal of the EU, 2010.
- 28.Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the production of polymers. Seville: European IPPC Bureau, 2007. 314 p.

					ДП ЛЦ-з21.00.05 ПЗ	Арк
						53
		№ докум.	Підпис			

- 29.Архітектура промислових будівель та споруд: навчальний посібник. Одеса: ОДАБА, 2012. 138 с.
- 30.Крамарчук А. П., Ільницький Б. М., Бобало Т. В. Будівельні конструкції: навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2016. 188 с.
- 31.Батлук В. А. Охорона праці в галузі: навчальний посібник. Львів: Афіша, 2011. 336 с.
- 32.Землянська О. В., Праховнік Н. А. Охорона праці та цивільний захист: навчальний посібник. Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2020. 298 с.
- 33.ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
- 34.ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.
- 35.ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
- 36.ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Київ: Мінрегіон України, 2018. 137 с.
- 37.ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.
- 38.Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-XII (зі змінами).
- 39.Айрапетян, Т. С. Конспект лекцій з дисципліни «Особливості промислового водопостачання» (для студентів 5-6 курсів денної і заочної форм навчання спеціальності 7.06010302 – «Рациональне використання і охорона водних ресурсів»). / Т. С. Айрапетян; Харк. нац. ун-т. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова – Х.: ХНУМГ, 2014. – 87 с.
- 40.ОВК ГРУП ТОВ | OVK GROUP LLC : офіційний вебсайт. Львів, Україна. URL: <https://ovk.group/> (дата звернення: 12.06.2026).

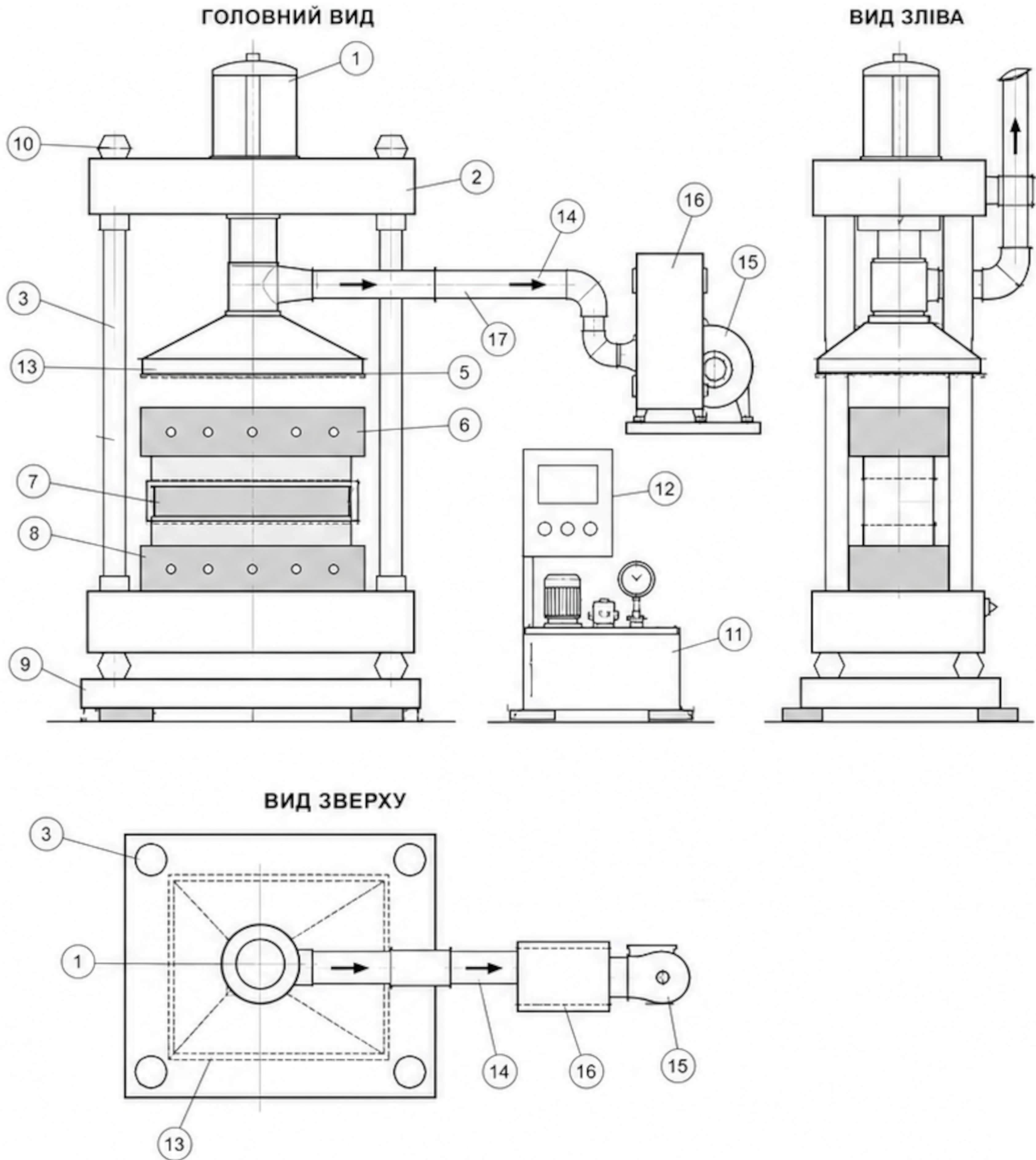
					ДП ЛЦ-з21.00.05 ПЗ	Арк
						54
		№ докум.	Підпис			

ДОДАТОК А

ЕКСПЛІКАЦІЯ												
№		Найменування			Матеріал			К-ть				
1		Гідроциліндр			Сталь 45			1				
2		Поперечина верхня			Ст3, лиття			1				
3		Колона (стяжка)			Сталь 40х			4				
4		Плунжер			Сталь 45			1				
5		Плита нагрів. рухома			Сталь 35			1				
6		Прес-форма (робочий простір)			Сталь 45			1				
7		Плита нагрів, нерухома			Сталь 35			1				
8		Поперечна нижня (стіл)			Ст3, лиття			1				
9		Станина / основа			Ст3			1				
10		Гайка стяжна			Сталь 45			8				
11		Насосна станція гідроприводу			—			1				
12		Пульт керування			—			1				
13		Витяжний зонт			Ст3			1				
14		Повітропровід			Ст3			1				
15		Вентилятор			—			1				
16		Сорбційний фільтр, блок очищення газоповітряних викидів			—			1				
					ДП ЛЦ-з21.01.05 ТК							
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Назаренко Б.О			Вулканізаційний прес з місцевим відсмоктуванням			Літ.		Арк.	Акрушіє	
Перевір.		Бенатов Д.Е.									1	
Реценз.								ФАПІЕ, ЛЦ-з21				
Затверд.		Галиш В.В.										

ДОДАТОК Б

ЕКСПЛІКАЦІЯ										
№		Найменування								
1		Транспортний коридор								
2		Пресова діляниця								
3		Підготовка гумової суміші								
4		Підготовка заготовок								
5		Контроль якості та охолодження								
6		Склад сировини;								
7		Склад допоміжних матеріалів								
8		Склад готової продукції								
9		Інструментальна								
10		Електрощитова								
11		Насосна станція								
12		Побутові приміщення								
13		Витяжний зонт								
14		Повітропровід								
15		Вентилятор								
16		Блок очищення								
					ДП ЛЦ-з21.02.05 ТК					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Назаренко Б.О			План цеху		Лім.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Бенатов Д.Е.							1	
Реценз.							ФАПІЕ, ЛЦ-з21			
Затверд.		Галиш В.В.								



СПЕЦИФІКАЦІЯ

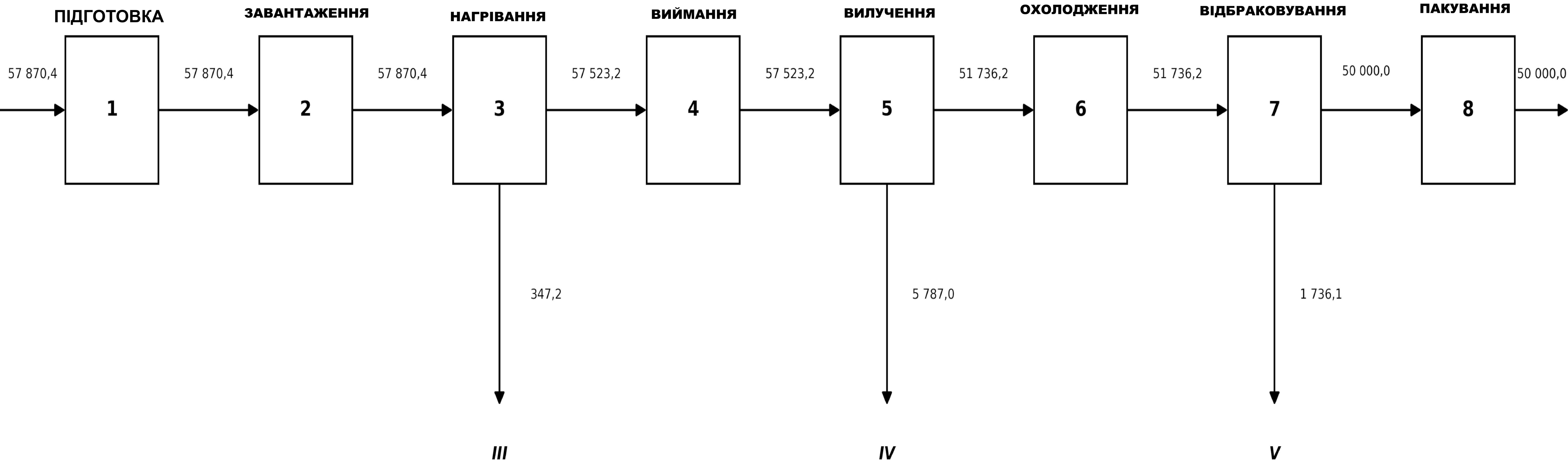
Поз.	Найменування	Кіл.	Матеріал
1	Гідроциліндр робочий	1	Сталь 45
2	Поперечина верхня	1	Ст3 / лиття
3	Колона (стяжка)	4	Сталь 40Х
4	Плунжер	1	Сталь 45
5	Плита нагрівальна рухома	1	Сталь 35
6	Прес-форма	1	Сталь 45
7	Плита нагрівальна нерухома	1	Сталь 35
8	Поперечина нижня (стіл)	1	Ст3 / лиття
9	Станина / основа	1	Ст3
10	Гайка стяжна	8	Сталь 45
11	Насосна станція гідроприводу	1	—
12	Пульт керування	1	—
13	Місцевий відсмоктувач (витяжний зонт)	1	Ст3
14	Повітропровід	1	Ст3
15	Вентилятор	1	—
16	Сорбційний фільтр / блок очищення	1	—
17	Викидна труба / патрубок відведення очищеного повітря	1	Ст3

ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА:

Зусилля пресування 2500 кН (250 тс)
Розмір нагрівальних плит 630 × 630 мм
Кількість поверхів (просвітів) 1
Хід плунжера 400 мм
Робочий тиск у гідросистемі 25 МПа
Температура нагріву плит до 200 °С
Спосіб нагріву електричний
Потужність нагрівачів одного преса 24 кВт
Потужність приводу насоса 15 кВт
Габаритні розміри преса (Д×Ш×В) 1600 × 1300 × 2800 мм
Маса преса 5000 кг
Кількість пресів на ділянці 4 шт.
Кількість місцевих відсмоктувачів 4 шт.
Тип місцевого відсмоктування витяжний зонт над зоною прес-форми
Витрата повітря від одного зонта 1440 м³/год
Сумарна витрата місцевої вентиляції 5760 м³/год
Тип фільтра сорбційний фільтр з імпрегнованим активованим вугіллям
Ефективність очищення до 85 % для летких органічних сполук

ЛЦ-з21.01.05				Лист	Маса	Масштаб
Ізм. Лист	Н. Док.м.	Підп.	Дата	Вулканізаційний прес з місцевим відсмоктуванням		
Розроб.	Назаренко Б.О.			БМ		
Перевір.	Бенатов Д.Е.			Лист		
І. контр.				Листів		
Н. контр.				ФАПІЕ, ЛЦ-з21		
Затв.	Галиш В.В.					

МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС ДІЛЬНИЦІ ВУЛКАНІЗАЦІЇ, КГ/РІК



Стадії технологічного процесу

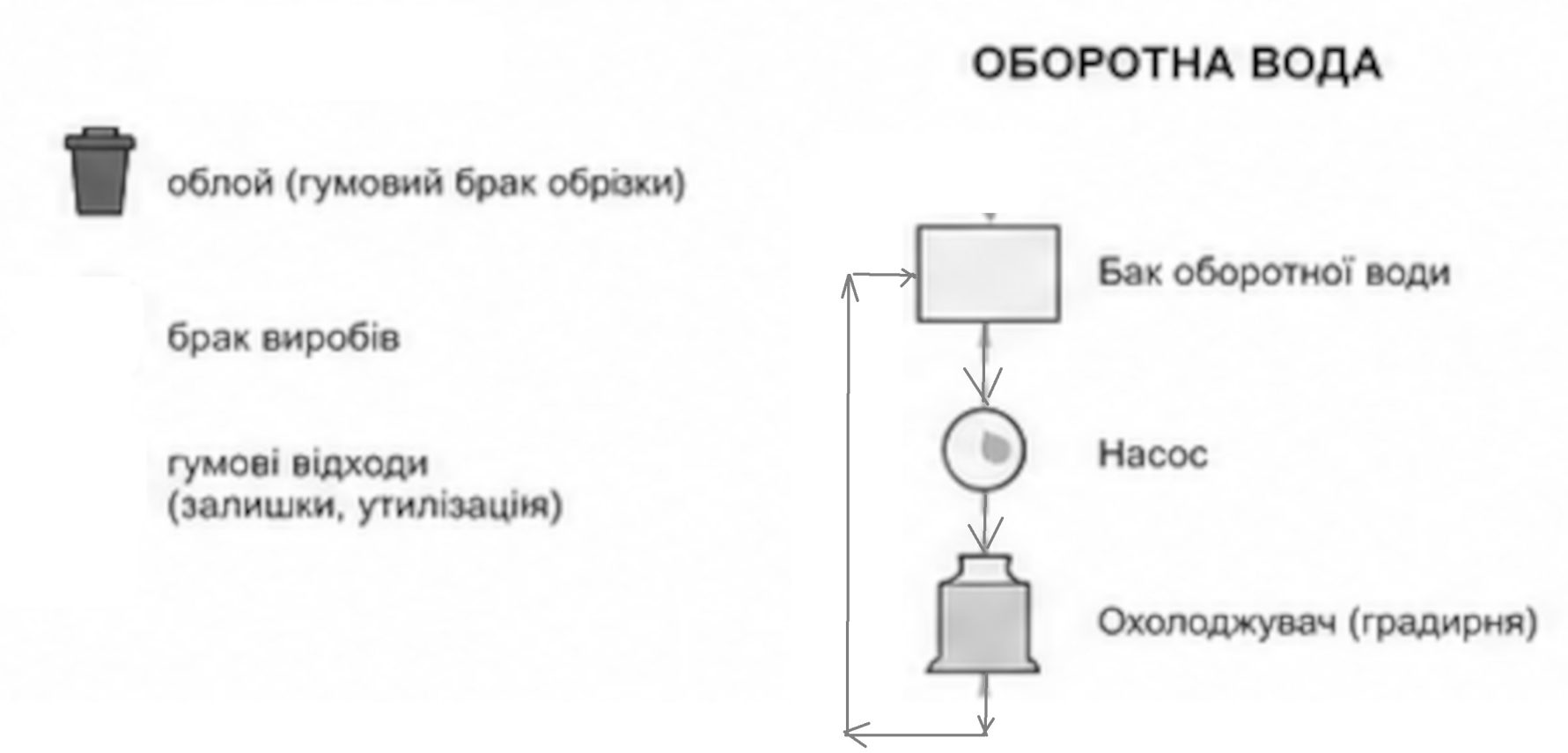
- 1 – підготовка заготовки (розкрій, зважування)
- 2 – завантаження у прес-форму
- 3 – пресова вулканізація (нагрівання, витримка під тиском)
- 4 – розмикання форми, виймання виробу
- 5 – обрізання облою
- 6 – охолодження виробу
- 7 – контроль якості (відбраковування)
- 8 – пакування, передавання на склад

Матеріальні потоки:

- I – гумова суміш (заготовки), 57 870,4 кг/рік
- II – придатна продукція, 50 000,0 кг/рік ,86,4%
- III – газоповітряні викиди , 347,2 кг/рік ,0,6%
- IV – технологічний облой, 5 787,0 кг/рік ,10,0%
- V – бракована продукція, 1 736,1 кг/рік ,3,0%

Незначна розбіжність зумовлена округленням

Інв. N подл.	Підп. и дата	Взам. інв. N	Інв. N дубл.	Підп. и дата



Поз.	Найменування	Поз.	Найменування
1	Транспортний коридор	10	Електрошито́ва
2	Пресо́ва ді́льни́ця (вулканіза́ція)	11	Гідро́станція (на́сосна ста́нція)
3	Підго́товка гу́мової су́міші	12	Побу́тові при́міщеня
4	Підго́товка заго́товок	13	Місцевий відсмо́ктувач / витя́жний зо́нт над зо́ною прес-фо́рми (одна́кові для всіх пресів)
5	Контро́ль я́кості та охоло́дження	14	Пові́тропро́від
6	Склад си́ровини	15	Вентиля́тор (вита́жний)
7	Склад допо́міжних ма́теріалів	16	Сорбці́йний фі́льтр / бло́к очи́щення га́зопові́тряних вики́дів
8	Склад гото́вої про́дукції	17	Мі́сце зби́рання відхо́дів
9	Інструме́нтальна	18	Вики́дна тру́ба (па́трубок відве́дення очи́щеного пові́тря)

[illegible]