

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет

ННІ Холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського

Кафедра Нафтогазових технологій, інженерії та теплоенергетики

Ступінь вищої освіти бакалавр

Спеціальність 185 Нафтогазова інженерія та технології

Освітня програма Нафтогазова інженерія та технології



КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

**на тему: Проєкт системи зливу мазуту на залізничній естакаді
вантажобігом 850 м³/год. терміналу «Південний»**

Здобувача Кротюка Д. С.

Керівник доц. Волгушева Н.В

Консультанти: проф. Басюркіна Н.І.

доц. Кологривов М.М.

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від _____ 2026 р., протокол № ____.

Завідувач кафедри НТІТ

Олександр ТІТЛОВ

Одеса - 2026 рік

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
ОП	доц.Волгушева Н.В.		
НК	доц.Кологривов М.М.		
Економіка	проф. Басюркіна Н.І.		

7. Дата видачі завдання _____

Керівник _____ Волгушева Н.В.
Завдання прийняв до виконання _____ Кротюк Д.С.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Огляд літературних джерел, методик розрахунків, підготовка структури роботи	01.03-21.03.26	
2.	Підготовка теоретичного розділу роботи	22.03-28.03.26	
3.	Підготовка розрахункового розділу роботи	29.03-25.04.26	
4.	Підготовка розділу з охорони праці	26.04-02.05.26	
5.	Підготовка економічного розділу	03.05-09.05.26	
6.	Оформлення пояснювальної записки кваліфікаційної роботи	10.05-16.05.26	
7.	Підготовка графічних матеріалів	17.05-23.05.26	
8.	Підготовка презентації та доповіді	24.05-30.05.26	
9.	Відгук керівника, рецензування, підготовка до захисту кваліфікаційної роботи	01.06-08.06.26	

Здобувач – дипломник _____ Кротюк Д.С.

Керівник роботи _____ Волгушева Н.В.

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-
дипломник _____ Кротюк Данило Сергійович

Abstract

The bachelor's qualification work consists of: 77 pages of text, 12 figures, 9 tables, 13 references to literature.

The aim of the work is to improve the technology of heating and draining high-viscosity fuel oil from railway tank cars.

The paper analyzes existing methods of heating viscous petroleum products, reveals their main shortcomings. The physicochemical properties of fuel oil (viscosity, density, pour point) and their influence on transportation technology are considered. The prospects of using a multifunctional electromechanical converter (PEMP) for combined heating of drain devices are substantiated. The design and technological schemes of a one-way railway overpass, pumping station, heat exchange and filtering equipment are presented.

The technological part describes the principle of operation of the fuel oil drain system using circulating heating through heat exchangers and lower drain devices with hydraulic monitors. Emergency unloading through the upper drain installation is also considered.

Calculations of tanks in the route, hydraulic calculation of drain and pressure collectors, pressure losses in sections are performed. The required heat flow for heaters and steam consumption are determined.

Keywords: fuel oil, railway tank car, draining, heating, hydraulic calculation, pump, heater, rack, header.

Анотація

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з: 77 сторінок тексту, 12 рисунків, 9 таблиць, 13 посилань на літературу.

Метою роботи є удосконалення технології розігріву та зливу високов'язкого мазуту із залізничних цистерн.

У роботі проведено аналіз існуючих способів розігріву в'язких нафтопродуктів, виявлено їх основні недоліки. Розглянуто фізико-хімічні властивості мазуту (в'язкість, густина, температура застигання) та їх вплив на технологію транспортування. Обґрунтовано перспективність застосування поліфункціонального електромеханічного перетворювача (ПЕМП) для комбінованого розігріву зливних пристроїв. Представлено конструктивно-технологічні схеми односторонньої залізничної естакади, насосної станції, теплообмінного та фільтрувального обладнання.

У технологічній частині описано принцип роботи системи зливу мазуту з використанням циркуляційного підігріву через теплообмінники та пристроїв нижнього зливу із гідромоніторами. Розглянуто також аварійне вивантаження через установку верхнього зливу.

Виконано розрахунок цистерн у маршруті, гідравлічний розрахунок зливного та напірного колекторів, втрати тиску на ділянках. Визначено необхідний тепловий потік для підігрівачів та витрату пари.

Ключові слова: мазут, залізнична цистерна, злив, розігрів, гідравлічний розрахунок, насос, підігрівач, естакада, колектор.

Зміст

Вступ.....	6
1. Теоретична частина.....	8
1.1 Напрями підвищення ефективності розвантажувальних операцій при зливі мазуту.....	8
1.2 Основні властивості мазуту	11
1.3 Аналіз існуючих систем розігріву мазуту	13
1.4 Комплексна технологія вивантаження високов'язких продуктів із залізничних цистерн.....	19
1.5 Технологічний вузол поєданого підігріву та зливу високов'язких нафтових фракцій з ємностей залізниці.....	20
1.6 Апаратурне оформлення та трубопровідні мережі пункту зливу.....	23
1.7 Теплообмінне та фільтрувальне обладнання терміналу зливу мазуту	26
1.8 Призначення, будова та експлуатація рідинних фільтрів.....	30
2 Технологічна частина	32
2.1 Опис одnobічної залізничної естакади.....	35
2.2 Пристрій УСН-175: призначення, конструкція та принцип роботи.....	38
2.3 Технологічне оснащення для верхнього розігріву та вивантаження мазуту	40
2.4 Насосна станція зливу мазуту.....	42
3 Розрахункова частина	47
3.1 Розрахунок кількості цистерн маршруту.....	47
3.2 Розрахунок зливного колектора та напірного трубопроводів.....	48
3.5 Вибір насосів для мазуту.....	53
3.6 Розрахунок підігрівачів мазуту.....	54
4 Охорона праці та техніка безпеки	57
4.1 Система пожежогасіння.....	57
4.2. Інструкція з охорони праці та техніки безпеки.....	60
4.3. Вимоги безпеки перед початком та під час виконання робіт.....	61
4.4. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.....	64
5 Розрахунок економічної ефективності.....	65
Висновки	76

Список літературних джерел	77
----------------------------------	----

ВСТУП

Актуальність теми. Проблема ефективного зливу високов'язких та застигаючих нафтопродуктів, зокрема мазуту, із залізничних цистерн є надзвичайно актуальною для сучасних підприємств-споживачів та організацій, що здійснюють їх транспортування. Особливої гостроти вона набуває в умовах необхідності раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів та підвищення екологічної безпеки. Аналіз існуючих технологій (газових, парових, електричних, рідинних) виявив їх суттєві недоліки: значні енерговитрати на розігрів, тривалість процесу, нерівномірність прогрівання об'єму цистерни, складність конструктивного виконання, а також наявність значних залишків продукту (до 2 тонн) після завершення зливу. Це зумовлює необхідність пошуку та вдосконалення нових, більш ефективних методів розвантаження. Найбільш перспективним напрямом є застосування систем циркуляційного рідинного розігріву з використанням поліфункціональних електромеханічних перетворювачів (ПЕМП), які забезпечують поєднання процесів нагрівання, перемішування та транспортування в'язкого продукту.

Мета роботи. Метою дипломної роботи є підвищення ефективності розвантажувальних операцій при зливі мазуту із залізничних цистерн на основі вдосконалення технологічної схеми та обґрунтування параметрів обладнання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

Проаналізувати існуючі способи та обладнання для розігріву та зливу в'язких нафтопродуктів, виявити їх основні переваги та недоліки.

Розглянути фізико-хімічні властивості мазуту як енергетичного палива, що впливають на технологію його транспортування та перекачування.

Дослідити конструктивно-технологічну схему пункту зливу мазуту, включаючи апаратурне оформлення, трубопровідні мережі, теплообмінне та фільтрувальне обладнання.

Виконати гідравлічний розрахунок зливного та напірного колекторів, а також розрахунок необхідної кількості цистерн маршруту та обладнання (підігрівачів, насосів).

Обґрунтувати вибір насосного обладнання та параметрів роботи системи для забезпечення ефективного та безперебійного зливу мазуту.

Об'єкт дослідження: технологічний процес розігріву та зливу мазуту із залізничних цистерн на спеціалізованому терміналі.

Предмет дослідження: основні та допоміжні елементи системи зливу мазуту (естакада, колектори, теплообмінники, фільтри, насосна станція), їхні параметри та гідравлічні режими роботи.

Методи дослідження. У роботі використано методи гідравлічного розрахунку трубопровідних систем, теплового балансу для визначення витрати пари в підігрівачах, а також аналітичні методи оцінки реологічних властивостей в'язких продуктів та їх впливу на процес перекачування.

Практичне значення. Запропонована вдосконалена технологія комбінованого підігріву (з використанням принципів ПЕМП) дозволяє скоротити тривалість розвантажувальних операцій на 50–75 %, зменшити залишки продукту в цистернах, знизити енерговитрати та мінімізувати екологічне навантаження. Результати гідравлічних розрахунків можуть бути використані для модернізації існуючих та проектування нових пунктів зливу мазуту на підприємствах нафтопереробної та теплоенергетичної галузей.

1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Напрями підвищення ефективності розвантажувальних операцій при зливі мазуту

Проблема зливу в'язких нафтопродуктів із залізничних цистерн є актуальною для підприємств-споживачів та організацій, що здійснюють їх транспортування. Особливої гостроти вона набуває під час роботи з високов'язкими та застигаючими мазутами, для яких характерні значні енерговитрати на розігрів, тривалість технологічного процесу та наявність залишків продукту після завершення зливу. У контексті раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів удосконалення технологій розвантаження таких вантажів на залізничному транспорті є важливим техніко-економічним і екологічним завданням.

Існуючі способи розігріву органічних в'язких матеріалів класифікують за видом теплоносія на газові, рідинні, парові та електричні. Газовий спосіб передбачає нагрівання бітуму або мазуту димовими газами, що утворюються внаслідок згоряння палива. Його перевагою є можливість використання різних видів палива, проте суттєвими недоліками виступають висока температура продуктів згоряння, складність конструктивного виконання обладнання, а також труднощі автоматизації й контролю процесу.

Рідинні системи базуються на застосуванні проміжних теплоносіїв (високотемпературних мастил, гліцерину тощо), які нагріваються від продуктів згоряння або електронагрівачів і передають тепло вантажу. Перевагою такого підходу є збереження початкових властивостей органічних в'язких матеріалів у процесі нагрівання. Водночас необхідність спеціального обладнання для підігріву та циркуляції теплоносія, а також вимоги до герметичності системи через токсичність парів ускладнюють його впровадження. [1,2,3]

Електричні способи характеризуються простотою експлуатації та відсутністю безпосереднього забруднення довкілля. Однак вони супроводжуються значними енергетичними витратами, підвищенням температури нагрівальних елементів до небезпечних значень та наявністю електротехнічних ризиків. Паровий спосіб розігріву вирізняється високим тепловмістом пари, пожежною безпекою та відсутністю коксування продукту. Разом із тим зростання тиску пари при підвищенні температури, потреба у дороговартісних котельних установках і ризик обводнення мазуту обмежують його ефективність.[3,4]

У практиці розвантажувальних робіт способи підігріву мазуту поділяють також за місцем підведення тепла — через стінки котла цистерни або безпосередньо всередину об'єму вантажу. До першої групи належать електроіндукційний та поверхневий електропідігрів, високочастотний нагрів, використання теплових камер (у тому числі знімних або стаціонарних), еластичних теплових оболонок і теплового випромінювання. Для цих методів характерні значні втрати енергії, оскільки передача тепла від стінок котла до мазуту відбувається переважно шляхом теплопровідності, яка для високов'язких продуктів є низькою. Це зумовлює тривалість процесу та підвищені тепловтрати в навколишнє середовище.

До другої групи належать способи внутрішнього підігріву: застосування переносних підігрівачів з природною або вимушеною конвекцією, а також подача струменів теплоносія (пари, гарячого повітря чи самого продукту). Підігрів із природною конвекцією (зокрема паровими змійовиками або зануреними електронагрівачами) характеризується нерівномірністю температурного поля та значною тривалістю процесу через обмежену площу теплообміну, що визначається розмірами горловини цистерни. Використання вимушеної конвекції — шляхом перемішування вантажу або переміщення нагрівача (вібропідігрів) — підвищує коефіцієнт тепловіддачі, проте ускладнює конструкцію системи, підвищує енерговитрати й експлуатаційну

складність. Крім того, у випадку застигаючих мазутів виникає проблема початкового занурення нагрівальних елементів у затверділу масу.[5]

Найбільшого поширення набули методи циркуляційного та гідротермодинамічного розігріву, за яких теплоносій подається безпосередньо в товщу продукту. Для мазутів, що допускають часткове обводнення, ефективним є застосування так званої «гострої» пари, яка конденсується в об'ємі вантажу та інтенсивно передає тепло. Перевагами цього підходу є доступність пари на пунктах зливу та її високий теплосміст. Водночас традиційна подача пари через перфоровані труби, введені через верхню горловину, не забезпечує достатнього прогріву нижньої та торцевих зон котла, що знижує ефективність розігріву застигаючих мазутів. Альтернативні конструкції пристроїв подачі пари часто відзначаються конструктивною складністю.

Окремого значення набуває проблема адекватного математичного опису теплових процесів у цистернах. Існуючі рішення задачі внутрішньої вільної конвекції при охолодженні нафтопродуктів отримані без урахування фазового переходу та виділення прихованої теплоти кристалізації. Крім того, недостатньо враховано вплив торцевих ділянок котла та вузлів його кріплення до рами вагона на формування температурного поля. Розв'язання задач теплопереносу за наявності фазових переходів є складним у математичному аспекті, однак сучасні чисельні методи моделювання дозволяють отримувати адекватні результати для інженерної практики.

Аналіз наявних методик визначення залишків високов'язких і застигаючих вантажів у цистернах свідчить про неповне врахування реологічних властивостей продуктів і особливостей їх розігріву. Сукупність зазначених факторів дає підстави стверджувати, що існуючі технології розігріву та зливу мазуту з цистерн загального призначення не є оптимальними. Найбільш перспективним напрямом удосконалення вбачається застосування систем циркуляційного рідинного розігріву з обґрунтуванням їх конструктивних рішень і робочих параметрів, що

забезпечують інтенсифікацію теплообміну, скорочення енерговитрат і мінімізацію залишків продукту після зливу.[5,6]

1.2 Основні властивості мазуту

Загальна характеристика мазуту як енергетичного палива. Мазут належить до важких залишкових нафтопродуктів і є одним із основних видів рідкого палива, що застосовується на теплових електростанціях та в промислових і комунальних котельнях. За хімічною природою він являє собою складну багатокомпонентну суміш високомолекулярних вуглеводнів, смолистих і асфальтенових сполук, що залишаються після відгону світлих фракцій нафти.

Отримання мазуту здійснюється на нафтопереробних підприємствах шляхом атмосферно-вакуумної перегонки сирової нафти або внаслідок високотемпературного крекінг-процесу. У першому випадку формується прямогонний мазут — суміш важких залишків прямої перегонки з додаванням малов'язких дистилятних фракцій для доведення показників в'язкості до нормативних значень. У другому випадку утворюється крекінг-мазут, що характеризується підвищеною густиною та в'язкістю внаслідок термічної деструкції вихідної сировини.

Основні фізико-хімічні властивості, експлуатаційні характеристики мазуту визначаються сукупністю його фізико-хімічних показників, серед яких визначальними є в'язкість, густина, температура спалаху, температура займання, температура застигання, питома теплоємність і теплопровідність. Температура самозаймання мазуту становить близько 350 °С, температура спалаху — близько 90 °С, межі температур займання знаходяться в інтервалі 91–155 °С. Вибухонебезпечна концентрація парів у суміші з повітрям складає 1,4–8 % (за об'ємом). За ступенем впливу на організм людини мазут вінесено до IV класу небезпеки (малонебезпечні речовини).[2,7,8]

Характерною особливістю мазуту є різко виражена залежність в'язкості від температури. При зниженні температури спостерігається істотне зростання в'язкості аж до втрати плинності. Саме тому для забезпечення перекачування трубопроводами та нормального розпилення у форсунках котлів мазут потребує попереднього підігріву. Температурний режим транспортування та зберігання визначається маркою палива та його реологічними характеристиками.

Конструктивна структура мазутопровідних систем транспортування мазуту являють собою комплекс інженерних споруд і обладнання, призначених для подачі палива від резервуарів зберігання або нафтопереробних підприємств до споживачів із забезпеченням необхідних гідравлічних і температурних параметрів. До складу мазутопровідної мережі входять: трубопроводи; з'єднувальні елементи (фланці, муфти, відводи, трійники, хрестовини); трубопровідна арматура; компенсатори температурних деформацій; системи теплової ізоляції та обігріву.

Прокладання мазутопроводів, як правило, здійснюється наземним способом. За умов експлуатації на відкритому повітрі або в неопалюваних приміщеннях трубопроводи обладнуються системами супутнього обігріву, які розміщуються в загальній ізоляційній оболонці з основною магістраллю.

Розрізняють зовнішній та внутрішній обігрів. При зовнішньому обігріві поряд з мазутопроводом прокладаються труби меншого діаметра, по яких циркулює теплоносій (пара або гаряча вода). При внутрішньому способі обігріву теплоносій рухається по трубі меншого діаметра, розташованій безпосередньо всередині мазутопроводу.[6,9]

У парових системах обігріву передбачається організація відведення конденсату та підтримання робочого тиску порядку 20 кгс/см². На практиці застосовується безперервний (подорожній) обігрів по всій довжині трубопроводу з метою запобігання застиганню палива.

Одним із ключових елементів мазутопровідної системи є трубопровідна арматура, від надійності якої залежить безпечність і стабільність роботи всієї установки. За функціональним призначенням арматура поділяється на:

Запірну (засувки, клапани, крани), що призначена для повного перекриття прохідного перерізу трубопроводу.

Регулюючу (регулювальні клапани, регулятори тиску), яка забезпечує зміну витрати та підтримання заданих параметрів потоку.

Запобіжну (відсічні та зворотні клапани, затвори), що використовується для запобігання аварійним режимам і створення безпечних умов експлуатації.

За способом приведення в дію арматура може бути приводною (з ручним, електричним, гідравлічним або пневматичним приводом) або самодіючою, яка спрацьовує під впливом енергії самого робочого середовища. На вводах магістральних мазутопроводів у котельні та на відгалуженнях до кожного котлоагрегату встановлюється запірна арматура з дистанційним електричним або механічним керуванням. Для аварійного відключення на всмоктувальних і напірних лініях насосних станцій передбачається встановлення додаткової запірної арматури на відстані 10–50 м від мазутонасосної.[8,10]

1.3 Аналіз існуючих систем розігріву мазуту

Упродовж останнього часу спостерігається помітне зростання зацікавленості споживачів до легкоплавких в'язких матеріалів, зокрема таких як нафта, бітум, воскові композиції, пластилін, різноманітні мастильні речовини тощо. Ці продукти знаходять надзвичайно широке застосування в багатьох секторах економіки: при будівництві автомобільних шляхів, у процесах нафтопереробки та харчової індустрії, в електротехнічній галузі, цивільному будівництві, а також у сфері збереження культурної спадщини та мистецькій діяльності. Така різноманітність сфер використання зумовила

інтенсивний розвиток і вдосконалення відповідного технологічного обладнання.

Враховуючи зазначені обставини, впродовж значного періоду часу фахівцями розроблялися численні конструкції установок, що базуються на різноманітних фізичних принципах нагрівання. При цьому виробничі потужності, як правило, орієнтовані на випуск певного виду продукції, що висуває специфічні вимоги до створення такого електромеханічного устаткування, яке б інтегрувало виконання декількох технологічних завдань у межах єдиного функціонального модуля. Це дозволяє підвищити гнучкість та ефективність виробничих процесів.

Усі наявні на сьогодні методики розігріву легкоплавких матеріалів можна класифікувати за способом підведення теплової енергії. Перша група методів передбачає передачу тепла крізь стінки резервуара або цистерни. Сюди відносяться індукційний нагрів, поверхневий електричний та високочастотний методи, використання спеціалізованих теплових камер і еластичних оболонок, а також нагрів за допомогою інфрачервоного випромінювання. Друга група об'єднує технології, при яких тепло підводиться безпосередньо в товщу матеріалу: це розігрів переносними пристроями, що працюють за рахунок природної або примусової конвекції, а також струменеві методи з використанням різноманітних теплоносіїв — насиченої пари, перегрітого повітря або ж самого продукту, що циркулює в системі.

У практиці роботи з високов'язкими сортами мазуту найбільшого поширення набув спосіб підігріву з використанням пари, яка інжектуюється безпосередньо у масу продукту. Такий підхід є досить ефективним завдяки високій інтенсивності тепловіддачі, що досягається в процесі фазового переходу (конденсації) пари. Це дозволяє успішно розігрівати в'язкі вантажі, особливо ті, для яких допустима деяка присутність вологи. Однак, практична реалізація цього методу через системи перфорованих труб не завжди гарантує рівномірний розподіл температури, особливо в нижніх сегментах та торцевих частинах залізничних цистерн. Така нерівномірність створює передумови для

утворення застійних зон і вимагає пошуку більш досконалих конструктивних рішень для забезпечення якісного та повного зливу.

У технологічному циклі підготовки мазуту до безпосереднього спалювання процес його підігріву є критично важливим етапом. Спочатку мазут нагрівається парою, після чого його температура доводиться до рівня, який гарантує досягнення нормативних показників в'язкості. Це необхідно для забезпечення надійного транспортування продукту трубопровідними магістралями та його ефективного розпилення через форсунки в топках котельних агрегатів. Оскільки на енергетичні підприємства мазут надходить певної, заздалегідь визначеної марки з чітко регламентованими фізико-хімічними характеристиками, вибір оптимальних режимів його підігріву, тонкої фільтрації та подальшої подачі до пальників здійснюється з урахуванням цих параметрів.

Проведений аналіз існуючих на сьогодні технологій та способів розігріву високов'язких мазутів з подальшим їх зливом із залізничних цистерн дає підстави стверджувати, що жоден з них не є абсолютно оптимальним. Кожному методу притаманні певні недоліки, серед яких найбільш суттєвими є значні енергетичні витрати на проведення процесу, нерівномірність прогрівання всього об'єму продукту, а також конструктивна складність та, відповідно, висока вартість виготовлення і складність подальшої експлуатації нагрівального обладнання. Виявлені недоліки чітко вказують на нагальну необхідність подальшого вдосконалення існуючих та пошуку нових технологічних рішень у сфері розігріву та транспортування в'язких нафтопродуктів.

Окрім вибору раціонального способу нагрівання, для ефективного функціонування сучасного мазутного господарства критичне значення має високий рівень автоматизації всіх технологічних процесів. Управління роботою механізмів, насосних агрегатів та допоміжного обладнання здійснюється оператором зі спеціалізованих щитів керування, які, як правило, розміщуються безпосередньо в зоні зливної естакади, а також в окремому

приміщенні насосної станції. У випадках, коли постійна присутність обслуговуючого персоналу на місці не передбачена, система автоматики повинна забезпечувати формування узагальнених аварійних сигналів про порушення нормального перебігу процесів з можливістю їх подальшої деталізації на локальному рівні для швидкого виявлення та усунення несправності.

Керуючись чинними нормативними документами, що регламентують експлуатацію електричних станцій, обов'язковому автоматичному регулюванню підлягають такі ключові параметри мазутного господарства, як температура мазуту на виході з підігрівників та тиск у напірній магістралі безпосередньо перед котлоагрегатами. При цьому обсяг функцій технологічного контролю має бути достатнім для гарантування надійної та безаварійної роботи всього устаткування як в усталених (стаціонарних), так і в перехідних режимах, що виникають при зміні навантаження. Крім того, система контролю повинна забезпечувати можливість проведення техніко-економічного аналізу роботи, вести облік напрацювання окремих агрегатів, а також виконувати функції попереджувальної сигналізації, спрацьовування автоматичного захисту та автоматичного введення резервного обладнання у разі виходу з ладу основного.

Для підтримання безперебійності функціонування системи підготовки мазуту проектні рішення передбачають наявність низки замкнених контурів регулювання. Зокрема, це контури стабілізації температури та підтримання заданого рівня в приймальних і основних резервуарах зберігання. Окремим важливим завданням є контроль перепаду тиску на фільтрах різних ступенів очищення, що дозволяє своєчасно визначати ступінь їх забруднення. Автоматика також регулює витрату рідкого палива відповідно до поточного графіка навантаження котлоагрегатів, контролює параметри пари, що використовується як гріючий агент, та стежить за тиском мазуту перед підігрівниками.

Крім перелічених функцій, система автоматизації обов'язково включає розвинену систему сигналізації. Вона візуально та звуково інформує персонал про стан автоматичних регуляторів (ручний/автоматичний режим), а також про вихід основних технологічних параметрів за встановлені допустимі межі. Під постійним контролем перебувають температура і тиск мазуту в головній магістралі, рівень продукту в резервуарах (з формуванням попередження про досягнення граничних верхніх або нижніх позначок), а також стан фільтрувальних елементів, що оцінюється за показниками перепаду тиску на них. Пристрої технологічного захисту виконують функцію автоматичного запуску резервного насосного чи іншого обладнання у разі аварійної зупинки робочого агрегату, що є ключовим фактором для підвищення загальної надійності, живучості та безпеки експлуатації всього мазутного господарства.

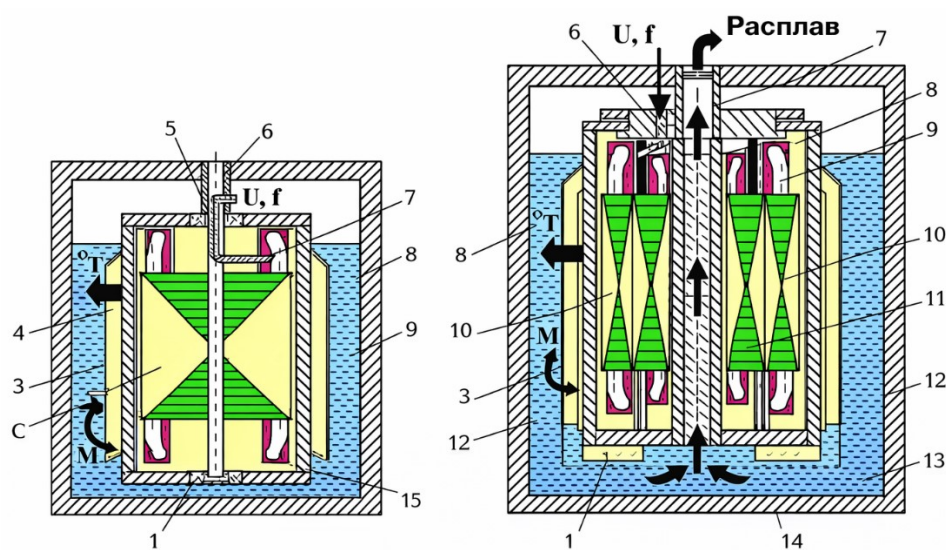


Рисунок 1.1 – Конструктивно-технологічна схема ПЕМП

а) одностаторного; б) двостаторного

На рисунку 1.1, а) позначене: 1 - підшипник нижнього щита; 2 - статор; 3 - масивний ротор; 4 - лопатка; 5 - підшипник верхнього щита; 6 - вал; 7 - обмотка; 8 - резервуар; 9 - матеріал. На рис 1.1, б): 1 - нижня лопатка; 2 - бічна лопатка; 3 - зовнішній масивний ротор; 4 - зовнішній статор; 5 - обмотка зовнішнього статора; 6 - щит підшипниковий нерухливий; 7 - труба видаткова;

8 - ротор внутрішній; 9 - обмотка внутрішнього статора; 10 - внутрішній статор; 11 - шнековий змішувач внутрішнього ротора; 12 - торцевий індуктор; 13 - матеріал; 14 - резервуар; 15-капсула з парафіном.

Цей поліфункціональний електромеханічний перетворювач виконує наступні функції (рисунок 1.2) при роботі з матеріалом:

- 1) нагрівання й плавлення;
- 2) змішування;
- 3) транспортування (відкачка розплаву).

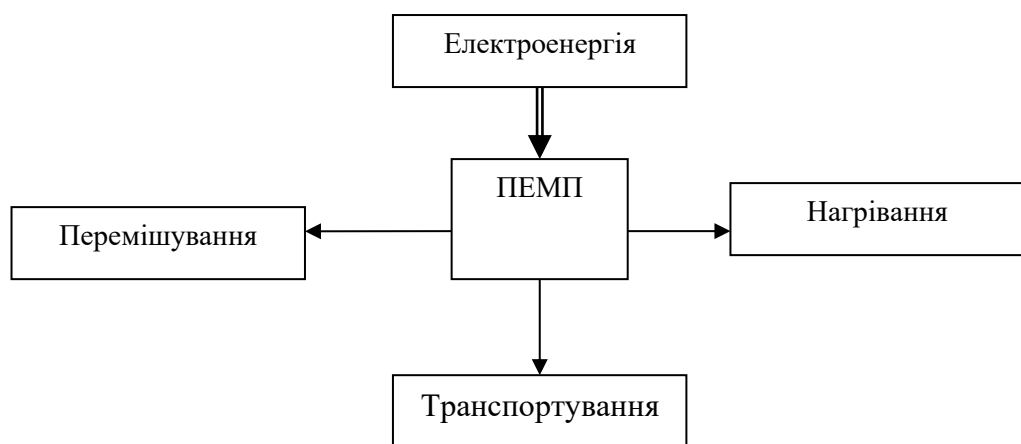


Рисунок 1.2 - Схема розподілу функцій ПЕМП

Робочий матеріал піддається відповідному технологічному впливу. Наприклад, в'язкі речовини (такі як бітум, парафін або озокерит) необхідно довести до температури плавлення, перетворити на рідкий стан, гомогенізувати та, за потреби, транспортувати з ємності за допомогою насоса.

За своїм функціоналом ПЕМП ідентичний стандартному асинхронному двигуну з масивним ротором. Багатофазна статорна обмотка генерує обертове магнітне поле, яке індукує вихрові струми безпосередньо в корпусі ротора. Завдяки взаємодії цих струмів із полем статора ротор починає обертатися. У такій системі масивний ротор виконує одночасно кілька функцій: виступає магнітопроводом для потоку взаємоіндукції, відіграє роль «обмотки» для

проходження індукованих струмів, слугує нагрівачем (внаслідок виділення тепла від вихрових струмів) та є безпосереднім робочим органом, оскільки лопатки на його поверхні забезпечують змішування розплавленої маси

1.4 Комплексна технологія вивантаження високов'язких продуктів із залізничних цистерн

У дослідженні [11] представлено теоретичне підґрунтя та інноваційне розв'язання задачі з розробки комплексу науково-технічних рішень для створення високоефективних асинхронних двигунів-нагрівачів із масивним ротором, призначених для обробки легкоплавких сумішей. Шляхом узагальнення ключових характеристик такого поліфункціонального електромеханічного перетворювача (ПЕМП) було сформовано єдину методику його розрахунку, моделювання та проектування. Також було визначено специфіку функціонування обладнання в різних режимах: від тривалого перебування під струмом у нерухомому стані до пускових періодів, перехідних процесів при зміні навантаження та сталої роботи. За допомогою чисельно-аналітичних моделей, що інтегрують взаємопов'язані електричні, теплові, електромагнітні та гідродинамічні явища, розраховано базові робочі параметри пристрою. Підтверджено ефективність впровадження ПЕМП у енергоощадні технології переробки в'язких середовищ і доведено технічну можливість його реалізації в одно- та двостаторному виконанні.

Спираючись на результати праці [12] та власні теоретичні вишукування, ми пропонуємо вдосконалену технологію розвантаження залізничних цистерн, що базується на новому комбінованому методі прогріву та зливу в'язких вантажів

1.5 Технологічний вузол поєданого підігріву та зливу високов'язких нафтових фракцій з ємностей залізниці

У виробництві асфальтобетону використовуються бітумні марки, які за кімнатної температури (близько 20°C) є надмірно в'язкими. Це ускладнює їх злив, вимагаючи обов'язкового попереднього нагрівання до 110–120°C. Схожі труднощі характерні й для мазуту та інших темних нафтопродуктів.

Традиційні технології розігріву мають істотні вади: вони потребують громіздкої інфраструктури, тривалого часу підготовки, значних капіталовкладень, часто залишають у цистернах до 2 тонн залишку та відрізняються низькою надійністю.

Вирішенням цих проблем є комплекс для прискореного розвантаження, показаний на рис. 1.3. Його принцип дії ґрунтується на поєднанні конвекційного підігріву та гідродинамічного перемішування вмісту цистерни протягом усього руху потяга. Живлення ПЕМП (1) через генератор (2) від обертання колісних пар унеможливорює витрати на зовнішню електроенергію. Завдяки цьому матеріал не охолоджується і не застигає в дорозі: пристрій постійно підтримує його температуру та гомогенність (3).

Після прибуття на місце призначення вивантаження починається миттєво, без додаткового очікування, та супроводжується безперервним підігрівом. Висока продуктивність ПЕМП (до 60 м³/год) дозволяє повністю звільнити цистерну в середньому за годину, що вдесятеро швидше порівняно з класичними методами. Герметичність процесу також зводить до мінімуму екологічні ризики.

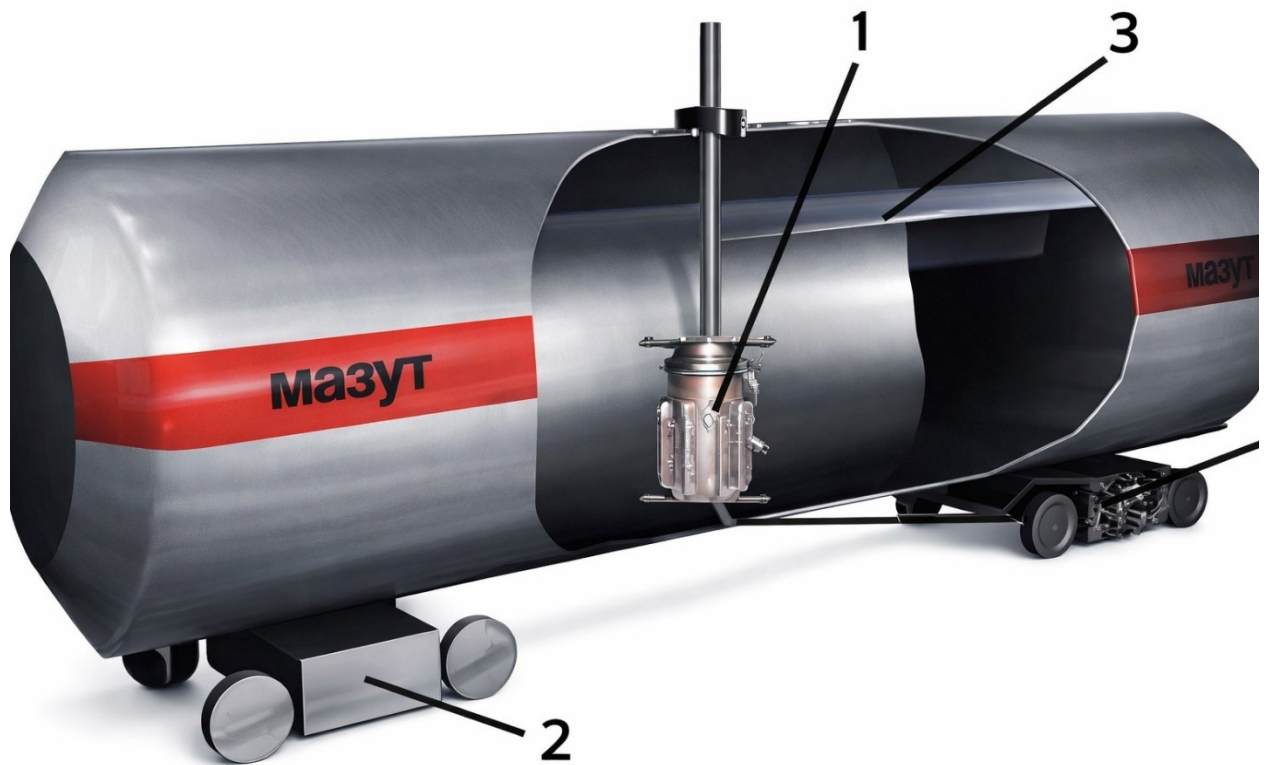


Рисунок 1.3 – Конструктивно-технологічна схема розігріву й зливу
грузлого матеріалу за допомогою ПЕМП

- 1 – ПЕМП заглибного типу;
- 2 – генератор змінного струму;
- 3 – матеріал, що транспортується.

Представлений технологічний комплекс вирізняється низкою суттєвих конструктивних і експлуатаційних переваг. Насамперед він характеризується простотою технічного виконання та порівняно невисокою вартістю реалізації. Висока швидкість термічної підготовки продукту забезпечується завдяки активній циркуляції розігрітого нафтопродукту безпосередньо всередині цистерни, що дає змогу скоротити загальний час розігріву та вивантаження на 50–75 % порівняно з наявними методами, включно із сучасними аналогами іноземного виробництва. Модульна архітектура системи надає гнучкості її впровадженню, а можливість організації зливу без спорудження складних

інженерних комунікацій та естакад дозволяє розгортати роботи навіть на звичайних залізничних тупиках.

Окремою важливою особливістю є можливість здійснювати відбір продукту через верхній люк цистерни, що унеможливорює необхідність влаштування систем нижнього зливу. При цьому комплекс гарантує видачу бітуму з чітко заданими температурними параметрами в діапазоні 90–150 °С безпосередньо споживачеві. Технічне оснащення установки забезпечує високі показники економічної ефективності та екологічної безпеки, вимагаючи залучення лише одного оператора в зміну завдяки повній автоматизації процесів керування. Поєднання кількох функцій у єдиній системі суттєво підвищує загальний коефіцієнт корисної дії, а поставка обладнання в зібраному вигляді дозволяє розпочати його експлуатацію без тривалого монтажу.

Застосування цього способу під час розвантаження залізничних ємностей дає змогу радикально скоротити тривалість теплового впливу, що автоматично знижує втрати енергії в навколишнє середовище. Завдяки безперервному примусовому перемішуванню матеріал прогрівається рівномірно не лише в центральній частині котла, а й у критичних зонах — торцях та нижніх сегментах цистерни. Саме в цих місцях зазвичай спостерігається зниження температури, що за традиційних підходів призводить до застигання значних обсягів продукту (до 2 тонн). Інтенсифікація розігріву в цих областях за допомогою комбінованого методу практично повністю унеможливорює утворення залишків, що дозволяє зберегти корисний об'єм нафтопродукту та мінімізувати екологічне навантаження на довкілля.

З огляду на розрахункові дані, загальна тривалість розвантажувальних операцій може бути скорочена на 50–75 %, що безпосередньо сприяє прискоренню обороту залізничного рухомого складу. Отже, запропонований інноваційний метод транспортування та вивантаження в'язких матеріалів відкриває широкі перспективи для галузі, хоча й потребує проведення додаткового циклу експериментальних досліджень. З огляду на отримані

результати, ця технологія може бути рекомендована до впровадження на пунктах зливу нафтопродуктів як високоефективна альтернатива наявним системам.

1.6 Апаратурне оформлення та трубопровідні мережі пункту зливу

Міжцехові комунікації (МЦК) виконують функцію сполучних технологічних ліній між різними об'єктами терміналу. У межах цих комунікацій прокладено трубопроводи та змонтовано зовнішнє технологічне обладнання.

Буферна ємність Е-4 використовується для акумуляції мазуту з метою стабілізації його подачі до всмоктувальної лінії насосного обладнання під час проведення зливних операцій із залізничних цистерн на естакаді. Ємність обладнана системою блокувань, яка активується при досягненні граничних верхнього або нижнього рівнів нафтопродукту. Це забезпечує контроль над процесом зливу, виключає ризик переповнення резервуара та захищає гвинтові насоси від роботи без рідини («всуху»).

Для моніторингу технологічних показників передбачено набір контрольно-вимірювальних приладів: датчик температури, пристрій вимірювання рівня та сигналізатор рівня. Додатково ємність оснащена підігрівачем, який запобігає загусанню продукту. Основні технічні параметри буферної ємності Е-4 подані в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристики буферної ємності

Найменування параметра	Величина
Обсяг, м ³	11,2
Висота, мм	6750
Діаметр, мм	1600
Тиск, МПа	1,0
Температура робоча, °С	65...80
Температура розрахункова, °С	-34...90

Для видалення механічних домішок із нафтопродуктів, що надходять із залізничних цистерн, використовуються рідинні фільтри Ф-13...Ф-16. Ступінь забруднення фільтруючих елементів відстежується за допомогою вимірювачів перепаду тиску — манометрів, змонтованих до та після фільтрів.

Розігрів мазуту під час його зливу із залізничного транспорту здійснюється в теплообмінниках Т-3, Т-4. Як носій тепла використовується водяна пара, що має такі параметри: тиск 0,8 МПа та температуру 164 °С. Безпечні умови експлуатації теплообмінних апаратів досягаються шляхом контролю температурного режиму та тиску, а також регулюванням витрати пари залежно від температури мазуту на виході з апарату. Для звільнення теплообмінників і трубопроводних систем від залишків продукту в нижніх точках передбачено їх відведення через спеціальні лінії до дренажної ємності Е-6.

Дренажна ємність Е-6 має підземне горизонтальне розташування. Вона призначена для накопичення залишкових нафтопродуктів під час вивільнення обладнання та трубопроводів перед проведенням ремонтних операцій, а також для збору водно-нафтової суміші, що утворюється після пропарювання технологічних систем. Цей резервуар оснащено заглибним насосом Н-6 для викачування накопиченого продукту, вбудованими електричними нагрівачами для підтримки необхідного температурного режиму, а також дихальними клапанами, оснащеними вогнеперегороджувачами.

Під час роботи дренажної ємності передбачено моніторинг наступних показників:

- тиск у нагнітальній лінії заглибного насоса;
- граничні верхній та нижній рівні рідини в ємності;
- температурний режим продукту;
- температура підшипникових вузлів заглибного насоса;
- тиск охолоджувальної води на вході системи охолодження насоса.

Реалізовано систему захистів, що відключають заглибний насос і електричний підігрів у разі падіння рівня рідини до аварійної мінімальної позначки, а також

при перевищенні допустимої температури продукту. Відкачування відстійних нафтопродуктів із дренажних резервуарів проводиться у напрямку складських резервуарів, тоді як промивні води та вода, що утворюється після відстою, спрямовуються до системи виробничо-дощової каналізації. Технічні характеристики дренажної ємності Е-6 наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Характеристики дренажної ємності

Найменування параметра	Величина
Обсяг, м ³	16,0
Діаметр, мм	2000
Довжина, мм	5280
Тиск, МПа	0,07
Температура робоча, °С	5...34
Температура розрахункова, °С	100

Прокладання технологічних трубопроводів на терміналі здійснено надземним методом. Трубопроводи, що функціонують без надлишкового тиску, монтується на низьких опорах із забезпеченням ухилу в бік насосного обладнання. На верхніх рівнях естакад розташовуються трубопроводи, що працюють під тиском. Разом із продуктопроводами прокладаються теплові мережі, кабельні лінії електропостачання та системи телемеханіки (СТОСІВ). У зонах підземного перетину залізничних колій та автомобільних доріг трубопроводи розміщуються в захисних кожухах (футлярах), виконаних із сталевих труб, діаметр яких на 200 мм більший за діаметр основного трубопроводу. Краї футлярів виступають не менш ніж на 2 метри від крайньої рейки або межі проїжджої частини. Запірна арматура на трубопровідних системах монтується в місцях, зручних для технічного обслуговування та ремонтних робіт. На естакадах, що мають два або більше ярусів, передбачено перехідні містки шириною 0,7 м. Настил та огороження виконані з негорючих

матеріалів. Для доступу до цих містків через кожні 400 метрів (але не менше двох на всю довжину) встановлено маршові сходи.

Діаметри трубопроводів визначено, виходячи з продуктивності насосів Н-45 та Н-46, які забезпечують перекачування мазуту. За межами залізничної естакади колекторні трубопроводи виводяться з каналу на поверхню та прокладаються по опорних конструкціях до насосної станції зливу мазуту. Для реалізації дистанційного управління перемиканням потоків передбачено використання запірної арматури з електроприводом.

У процесі перекачування нагрітих нафтопродуктів, а також під впливом коливань температури навколишнього середовища сталеві трубопроводи піддаються температурним розширенням. Для уникнення аварійних ситуацій у конструкцію трубопроводів інтегровано компенсатори, зокрема гнучкі П-подібні (радіальні) компенсаційні пристрої.

Для підтримання необхідної температури продукту трубопроводи забезпечено системою електрообігріву у вибухозахищеному виконанні. Як нагрівальний елемент використовується гнучкий кабель. Трубопроводи покриті теплоізоляційним шаром із пінополіуретанових шкаралуп і заземлені згідно з нормативними вимогами безпеки. Видалення залишків нафтопродуктів з апаратів, обладнання та трубопроводів виконується в дренажну систему.

1.7 Теплообмінне та фільтрувальне обладнання терміналу зливу мазуту

Підігрівачі мазуту марки ПМР призначені для розігріву високов'язкого палива марки М-100 із вмістом сірки до 3,5% та механічних домішок до 2,5% згідно з ДСТ 10585-75. Конструктивно ці апарати виконано як теплообмінники кожухотрубного типу.

До основних конструктивних складових апаратів належать:

- кожух (корпус);
- трубна система, утворена нагрівальними елементами;

- трубний пучок;
- парова кришка;
- мазутна кришка;
- засоби контрольно-вимірювальної техніки та відповідна арматура.

Підігрівач мазуту укомплектовано:

- манометрами для контролю тиску мазуту на вході в апарат та тиску гріючої пари всередині корпусу;
- пристроями візуального контролю рівня конденсату в корпусі та паровій кришці.

Технічні параметри підігрівача моделі ПМР 13-240 наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики підігрівача типу ПМР 13-240

Показник	Величина показника
Продуктивність, т/год	240
Робочий і розрахунковий тиск мазуту, МПа	1,3
Робочий і розрахунковий тиск пари, МПа	1,6
Температура мазуту на вході, °С	60...80
Температура мазуту на виході, °С	110...150
Температура пари, що гріє, °С	300
Температура конденсату, °С	189
Гідравлічний опір, МПа	0,1

Зазначені підігрівачі розташовуються на відкритому майданчику поблизу будівлі насосної станції зливу мазуту. У разі монтажу обладнання просто неба перед введенням його в експлуатацію в зимовий період необхідно підтримувати температуру апарата та трубопроводів на рівні не нижче +5°С.

Прогрівання слід виконувати за допомогою пари, гарячої води або мішків із розігрітим піском. Нагрівання корпусу має відбуватися зі швидкістю не більше ніж 2°С за хвилину. Обов'язковою умовою при компонуванні підігрівачів є наявність майданчиків з боку рознімного парового днища, що

забезпечує можливість повного витягування трубного пучка нагрівальних елементів.

Підігрівач мазуту монтується на фундамент за допомогою двох опор і фіксується анкерними болтами. Для покращення відведення конденсату через відповідні патрубки корпусу надається нахил у бік парової кришки (рис. 1.4).

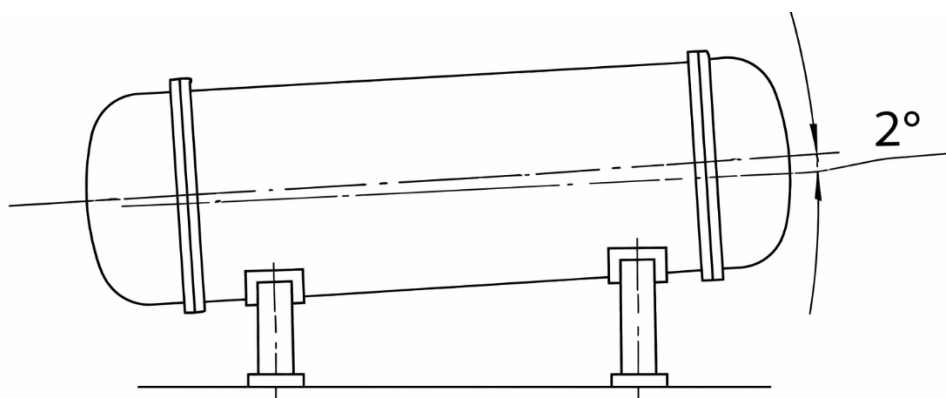


Рисунок 1.4 – Схема установки підігрівача на фундамент

Перед запуском необхідно завершити всі монтажні чи ремонтні роботи, а також переконатися у справності всіх вузлів і підігрівача загалом. Контрольно-вимірювальні прилади мають бути справними та підключеними. Слід відкрити засувки на вході та виході. Для видалення повітря з корпусу клапани тримають відкритими до появи нафтопродукту, після чого їх закривають. Виконується налаштування парового регульовального клапана та клапана регулятора рівня конденсату таким чином, щоб при номінальній витраті нафтопродукту та необхідній температурі на виході з апарата забезпечувався нормальний рівень конденсату в корпусі.

У процесі експлуатації підігрівача здійснюється контроль таких параметрів:

- температури та тиску нафтопродукту на вході;
- температури та тиску нафтопродукту на виході;
- температури та тиску гріючої пари;
- рівня конденсату;

- ступеня забруднення конденсату нафтопродуктом.

Також контролюється гідравлічний опір, значення якого не має перевищувати 0,1 МПа, та стежать за герметичністю фланцевих з'єднань.

Розбирання підігрівача з метою ремонту або очищення трубної системи здійснюється із застосуванням спеціального ремонтного пристрою, виконаного у вигляді рами зі швелера. На фланцях висунутого трубного пучка встановлюються дві опори з роликами, які переміщуються по напрямних рейках-швелерах. Витягування трубного пучка разом із паровою кришкою виконується за допомогою вантажопідійомних механізмів (ручної талі або іншого пристрою).

Експлуатація підігрівачів мазуту повинна здійснюватися відповідно до таких нормативних документів:

- Правил будови та безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском;
- Правил техніки безпеки під час обслуговування теплоенергетичного обладнання електростанцій;
- Правил будови та безпечної експлуатації трубопроводів пари та гарячої води;
- Правил пожежної безпеки;
- Експлуатаційної документації на контрольно-вимірювальні прилади та інше обладнання.

1.8 Призначення, будова та експлуатація рідинних фільтрів

Основне призначення фільтрів полягає в запобіганні потраплянню механічних домішок до насосного обладнання та інших технологічних апаратів на установках нафтопереробної, нафтохімічної, нафтової та газової промисловості. Ці пристрої забезпечують грубу фільтрацію високов'язких мазутів, видаляючи тверді частки нафтових залишків і механічні включення розміром понад 200 мкм. У межах розглянутого терміналу фільтри змонтовані на всмоктувальних лініях насосів Н-45 і Н-46 — по одному виробу на кожному лінію в складі фільтрувального вузла.

За конструктивним виконанням фільтри для мазуту належать до вертикальних посудин, що функціонують під надлишковим тиском. Основними елементами апарата є вертикальний циліндричний корпус, сформований обичайкою з трубної заготовки, днище та еліптична кришка. До корпусної частини приварено штуцери для підведення та відведення технологічного середовища, а також дренажний патрубок.

Для проведення регламентних робіт із очищення, ремонту внутрішньої порожнини та заміни перфорованого склянки корпус фільтра оснащено фланцевим роз'ємом. Фільтрувальний елемент виконано у вигляді каркасної основи, обтягнутої сіткою, краї якої з'єднані між собою швом і зафіксовані затискними планками. У випадку грубого очищення використовується сітчасте полотно з густиною отворів приблизно 5 на 1 см². Сам фільтрувальний елемент розміщується на опорному кільці. Технологічний процес передбачає подавання мазуту через верхній вхідний патрубок, проходження рідини крізь сітку, де відбувається затримування твердих включень, та виведення очищеного продукту через нижній штуцер корпусу.

Експлуатація фільтрів має здійснюватися з дотриманням вимог нормативно-технічної документації, а саме: «Правил будови та безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском» ПБ 03-576-03, галузевих стандартів і правил, технологічного регламенту, а також посадових інструкцій щодо безпечного ведення технологічних операцій. Функціонування фільтрів

дозволяється виключно в межах робочих параметрів, зафіксованих у їхніх паспортах.

Кожен фільтр оснащується запобіжним клапаном, що унеможливорює підвищення тиску понад допустимий рівень. У процесі роботи обов'язковому контролю підлягає перепад тиску на фільтрувальному елементі — його значення не повинне перевищувати 0,1 МПа. Для цього до та після фільтра змонтовано манометри.

Під час експлуатації апарата забороняється:

- підвищувати тиск вище за паспортне значення;
- перевищувати температуру, зазначену в паспорті виробу;
- заповнювати апарат понад установлену допустиму межу.
- Підготовчі операції перед введенням фільтрів у роботу передбачають виконання таких дій:
- перевірка коректності встановлення прокладкових матеріалів, наявності повного набору кріпильних елементів (шпильок або болтів) у фланцевих з'єднаннях, а також забезпечення входження виступу відповідних фланців у западину фланців штуцерів;
- з'єднання фланців трубопроводних комунікацій із фланцями фільтра;
- затягування кріпильних виробів у фланцевих з'єднаннях;
- монтаж виробів відповідно до проектного рішення.

Технічні параметри фільтра наведено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Технічна характеристика рідинного фільтра

Найменування	Величина
Робочий тиск, МПа	0,07
Розрахунковий тиск, МПа	0,07
Робоча температура середовища, °С	-34...+80
Розрахункова температура стінки, °С	+90
Місткість, м ³	0,26
Термін служби, років	10

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Система зливу мазуту є сукупністю технологічних апаратів і комунікацій, які забезпечують своєчасне та безперебійне вивантаження нафтопродуктів із залізничних цистерн із подальшим їх транспортуванням до резервуарного парку. До складу системи входять:

- одностороння залізнична естакада;
- зливні та напірні колектори;
- пристрої для нижнього зливу;
- обв'язка технологічних трубопроводів;
- теплообмінні апарати;
- вузол фільтрації;
- насосна станція для перекачування мазуту.

Розрахункова кількість цистерн у маршруті визначається з умови забезпечення одночасного вивантаження всього складу протягом періоду, що не перевищує 2 годин, з урахуванням сумарної продуктивності подачі мазуту 850 м³/год. Витрата мазуту з однієї цистерни становить 56,7 м³/год. Загальна кількість цистерн у маршруті — 15 одиниць.

Розподіл вантажопотоків на зливній естакаді становить, тис. т/рік:

- мазут — 35;
- паливо пічне — 60;
- паливо суднове моторне — 90.

Вивантаження мазуту із залізничних цистерн відбувається на спеціалізованій естакаді з використанням методу циркуляційного підігріву через теплообмінники. У теплообмінних апаратах мазут нагрівається до температурного діапазону 65...80 °С, який є оптимальним для стабільної роботи насосного обладнання, задіяного в перекачуванні в'язких продуктів. Одностороння залізнична естакада, розрахована на 15 цистерномісць, конструктивно поділена на дві секції: перша включає 7 місць, друга — 8 місць.

За своїми фізико-хімічними властивостями мазут належить до категорії продуктів, що легко застигають, тому перед зливом він потребує обов'язкового попереднього розігріву. Нагрівання здійснюється шляхом подавання гарячого струменя продукту безпосередньо в залізничні цистерни. Злив мазуту з цистерн реалізується за допомогою пристроїв нижнього зливу, оснащених гідромоніторами.

Первинне заповнення системи та організацію циркуляції через теплообмінники виконують наявні насосні агрегати Н-8 і Н-9, які обладнані частотними перетворювачами для регулювання продуктивності. Технологічне рішення передбачає можливість підігріву мазуту як за допомогою існуючих теплообмінників, так із використанням знову запроектованих апаратів. У ролі теплоносія в теплообмінниках використовується водяна пара. Витрата пари регулюється залежно від температури мазуту на виході з теплообмінника.

Насоси Н-8 і Н-9 транспортують мазут по циркуляційній лінії до теплообмінників Т-3 та Т-4, де продукт нагрівається до значень 65...80 °С, після чого надходить на залізничну естакаду. Із напірних колекторів мазут розподіляється по секційних трубопроводах, а через перемичку, з'єднану з напірним і зливним колекторами, заповнює зливні колектори. У процесі заповнення повітря з колекторів витісняється та спрямовується в буферну ємність Е-4.

Контроль заповнення системи продуктом здійснюється за наявністю рівня в буферній ємності Е-4, що фіксується рівнеміром.

Після завершення заповнення системи мазутом відкривають засувки на зливних і напірних трубопроводах, підведених до кожної цистерни, і гарячий мазут надходить до гідромонітора, розташованого в пристрої нижнього зливу. Під дією тиску продукту телескопічний монітор вводиться всередину котла цистерни. Підігрітий мазут, що витікає через сопла, інтенсивно змішується з холодним продуктом усередині цистерни, забезпечуючи його рівномірне прогрівання.

На початковому етапі мазут подається в цистерни насосами з мінімальною продуктивністю, яка задається частотними варіаторами, встановленими на насосах Н-8 і Н-9.

Остаточне випорожнення цистерн здійснюється після досягнення температури мазуту на виході з теплообмінників у межах 80...90 °С. Відкачування продукту до резервуарного парку виконується насосами Н-45 і Н-46 насосної станції.

Технологічною схемою передбачено можливість часткового перекачування розігрітого мазуту до резервуарів безпосередньо під час циркуляційного процесу. Для цього на лініях після теплообмінників змонтовано клапани витрати, які регулюють розподіл мазуту між цистернами та резервуарами.

Поділ естакади на дві окремі секції уможливорює проведення операцій із розігріву та зливу мазуту як одночасно на обох секціях, так і по чергово на кожній із них.

Для вивантаження цистерн, у яких несправний нижній зливний пристрій, передбачено установку верхнього розігріву та зливу (УВСМ-15). До складу цієї установки входять:

- стояк для верхнього зливу та розігріву ССО-100;
- теплообмінний апарат;
- видаткова ємність (ресивер);
- насосні агрегати високого та низького тиску;
- запірно-регулювальна арматура, контрольно-вимірювальні прилади та засоби автоматизації.

Попередньо прогріта парою зливна труба опускається в котел цистерни, де через сопла відбувається розмивання застиглого продукту. Циркуляція мазуту організовується з видаткової ємності через теплообмінник, у якому продукт нагрівається від 30 до 90 °С. Насосне обладнання забезпечує попереднє прогрівання мазутопроводу, подальшу циркуляцію через теплообмінник, а також перекачування мазуту до резервуарів зберігання.

Окрім мазуту, на залізничній естакаді здійснюється злив пічного палива та суднового моторного палива. Ці види палива не потребують попереднього розігріву — випорожнення цистерн відбувається за допомогою пристроїв нижнього зливу типорозмірів ССО 16-3...ССО 30-3 із використанням насосів Н-47 і Н-48 насосної станції зливу мазуту.

2.1 Опис однобічної залізничної естакади

Естакада виконана за односторонньою схемою та розрахована на одночасне вивантаження 15 залізничних цистерн, кожна з яких має місткість 60 т. Максимальна пропускна здатність естакади за вантажообігом становить 500 тис. т/рік, що розподіляється між різними видами продукції згідно з таблицею 2.1.

Таблиця 2.1. Розподіл вантажообігу на односторонній залізничній естакаді зливу мазуту

Найменування продукту	Кількість продукту, тис. т/рік	Кількість цистерн на добу з $K=1,1$	Кількість ставок на добу	Кількість цистерн-місць
Мазут	350	18	1,2	-
Паливо пічне	90	5	0,3	-
Паливо суднове	60	3	0,2	-
Разом	500	26	1,7	15

Найбільша тривалість використання естакади припадає на операції з розігріву та зливу мазуту, оскільки інші нафтопродукти вивантажуються без попереднього нагрівання. З урахуванням нормативних показників часу на розігрів і злив мазуту в зимовий період (10 годин) завантаження естакади не перевищує двох ставок упродовж доби.

Особливість розміщення зливного обладнання на естакаді дозволяє приймати вагоно-цистерни під розвантаження без необхідності розчеплення залізничного складу.

Габаритні розміри естакади визначено з урахуванням технологічних вимог до зливу, параметрів будівельних конструкцій і норм наближення споруд згідно з ГОСТ 9238-83:

- довжина — 180 м;
- площа забудови — 1900 м².

До складу обладнання залізничної естакади для зливу мазуту входять:

- пристрої нижнього зливу УСН-175, оснащені гідромоніторами — 15 шт.;
- пристрої нижнього зливу (додаткові) — 15 шт.;
- установка верхнього зливу УВСН-15 — 1 шт.;
- насосний агрегат для вивантаження пічного та суднового палива — 1 шт.;
- пристрій верхнього зливу УВСН-100 — 1 шт.;
- колектори для транспортування гарячого мазуту до цистерн;
- повітряники для видалення повітря з трубопровідної системи;
- зливний колектор для пічного та суднового палива;
- зливні колектори для мазуту;
- каплезбірники;
- система дренажних трубопроводів для спорожнення колекторів;
- запірно-регулювальна арматура;
- паровий колектор.

Територія, на якій розташована зливна естакада, обладнана суцільним водонепроникним покриттям із посиленням у зоні залізничних колій. Тверде покриття виконано з бетону та має бортовий елемент висотою 200 мм.

Робочий настил естакади розміщено на позначці +3,400 м і виконано з просічно-витяжного листа. У торцевих частинах естакади передбачено сходові

марші шириною 1 м з кутом нахилу 45°, виготовлені з негорючих матеріалів. Сходинок також виконані з просічно-витяжного настилу.

З боку тупикової частини естакади передбачено можливість виконання зливу з аварійних цистерн.

Для екстреного розчеплення залізничного складу в разі виникнення пожежі естакада обладнана лебідкою.

З метою збору можливих витоків продукту влаштовано монолітні залізобетонні піддони з бортами, що мають ухил у бік лотків. Лотки також виконано з монолітного залізобетону та перекрито сталевим оцинкованим ґратчастим настилом типу «Батайськ».

Процес зливу мазуту реалізується через зливні прилади типу УСН-175г, які призначені для подання підігрітого нафтопродукту та забезпечення герметичного вивантаження в'язких нафтопродуктів із залізничних цистерн. Зазначені пристрої змонтовано на естакаді з інтервалом 12 м.

Мазут із пристроїв УСН-175г надходить до зливного колектора, який разом із системою трубопроводів (колектором) для подачі продукту на розігрів прокладається надземним способом.

Для виконання дренажу мазуту із зливного колектора та колектора розігріву передбачено вривання штуцерів у трубопроводи, що відходять, із встановленням запірної арматури.

Для підтримання нормального атмосферного тиску в зливному та обігрівальному колекторах у перемичці між ними передбачено продувну свічку. З метою запобігання потраплянню іскор у газовий простір свічка обладнується вогнегасним запобіжником.

Змивання витоків мазуту на залізничній естакаді виконується парою низьких параметрів (паром після теплообмінників). Розведення пари вздовж естакади здійснюється сухотрубною лінією, яка прокладається відкрито по конструкціях естакади в тепловій ізоляції.

У разі виявлення витoku із залізничної цистерни злив має бути негайно зупинено до повного усунення несправності. При виході з ладу клапана

зливного пристрою цистерни проектом передбачено можливість відкачування нафтопродукту через верхній люк за допомогою пересувної установки верхнього зливу УВСМ-15.

На трубопроводах нафтопродуктів, що підходять до естакади, змонтовано реле, які у разі аварійної ситуації відключають засувки. Керування цими засувками здійснюється як з пульта операторної, так і безпосередньо зі зливної естакади. На зливних колекторах встановлено засувки з електроприводом і реалізовано систему блокувань, що забезпечує надійну та безпечну роботу насосного обладнання під час вивантаження залізничних цистерн.

2.2 Пристрій УСН-175г: призначення, конструкція та принцип роботи

Вироби типу УСН-175г призначені для виконання операцій із розігріву та герметичного вивантаження високов'язких нафтопродуктів із залізничних цистерн. Конструкція пристрою об'єднує в одному корпусі елементи для герметизованого зливу через нижній патрубок і систему подавання теплоносія в котел цистерни. Схема розміщення установки показана на рисунку 2.1.

Зазначена установка повністю відповідає вимогам, що ставляться як до обладнання для герметизованого нижнього зливу, так і до засобів підігріву в'язких нафтопродуктів.

Використання пристрою дає змогу механізувати найбільш трудомісткі технологічні операції, пов'язані з розігрівом і вивантаженням в'язких нафтопродуктів. Унаслідок цього скорочується тривалість обслуговування цистерн, підвищується рівень організації праці, мінімізується обводнення продукту, що зливається, зменшується ризик забруднення зовнішніх поверхонь цистерн, території естакади та прилеглих площ, а також знижується пожежна небезпека в зоні проведення робіт.

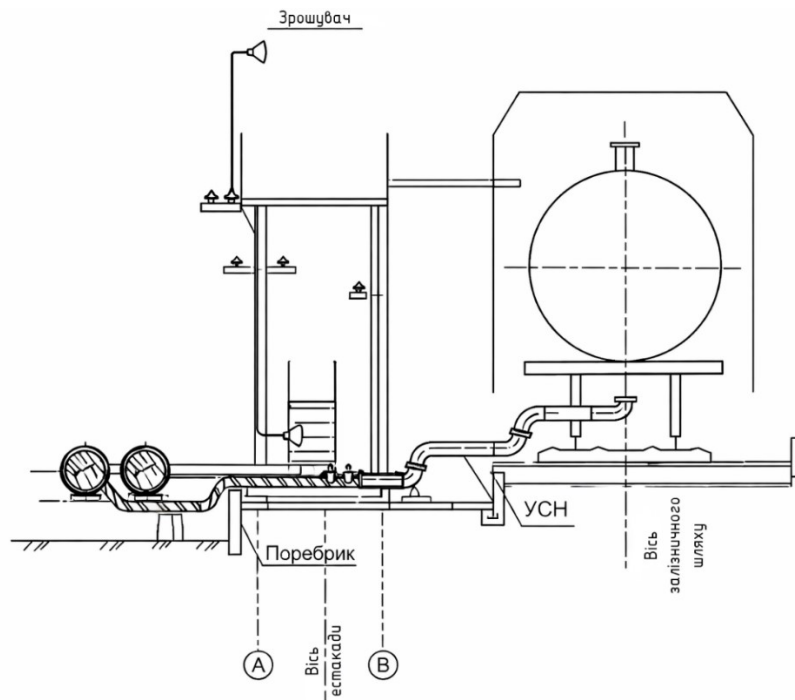


Рисунок 2.1. Установа герметизованого зливу в'язких нафтопродуктів із залізничних цистерн в колектор

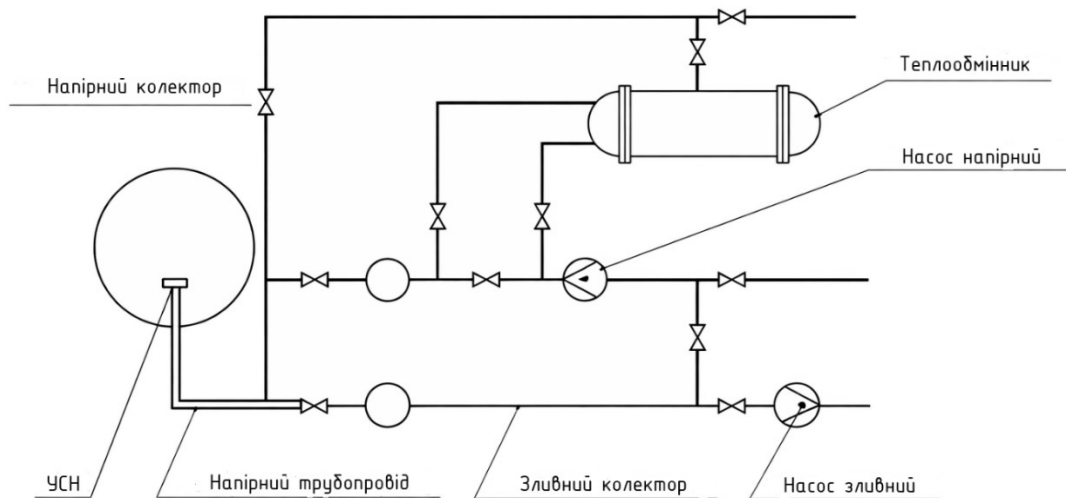


Рисунок 2.2 - Типова схема циркуляційного розігріву залізничних цистерн

Принцип дії пристрою базується на застосуванні гідромеханічної енергії затоплених струменів нафти або нафтопродуктів, які через патрубок зливного приладу (гідромонітор) спрямовуються всередину котла цистерни.

У зимовий період, коли парафінові відкладення набувають підвищеної в'язкості, мазут, що подається в цистерну для розмивання осаду, попередньо нагрівають у теплообмінних апаратах до вищих температурних значень.

Таблиця 2.2 - Технічні дані пристрої УСН – 175 г

Найменування параметрів із зазначенням одиниці виміру	Величина показника
Діаметр, мм	175
Діаметр сопел, мм	12...14
Тиск мазуту на виході з сопел гідромонітора, МПа	1,0...1,5
Робочий тиск при зливі, МПа, не более	0,05
Подача мазуту через сопла гідромонітора, м ³ /ч	25...45
Межі температур, при яких пристрій працездатний, °С	40...+100

2.3 Технологічне оснащення для верхнього розігріву та вивантаження мазуту

У разі виконання аварійного вивантаження через верхню горловину пристрій ССО-175г не задіюється. Для розігріву продукту застосовується спеціальне обладнання, яке опускається всередину цистерни через верхній люк, а саме:

- УНР 6-100 із блоком відкидних труб;
- занурювальна колона.

До складу занурювальної колони входять такі елементи:

- всмоктувальний трубопровід Ду150;
- напірний трубопровід Ду50, який проходить у внутрішній порожнині всмоктувальної труби Ду150 через верхню торцеву кришку; на кінці цього трубопроводу змонтовано нижнє сопло-розпилювач, орієнтоване

таким чином, що гарячий продукт, який виходить із сопла, повертається назад у всмоктувальну трубу Ду150;

- кільцевий підігрівач, розташований у нижній частині колони, призначений для попереднього нагрівання продукту всередині колони; підведення та відведення теплоносія до нього здійснюється вертикальними трубами Ду20, прокладеними всередині всмоктувальної труби Ду150.

З'єднання колони з блоком розігріву виконується за допомогою рукавів DN100 (всмоктувальна лінія), DN80 (напірна лінія) та DN20 (паропідведення) із застосуванням швидкокороз'ємних з'єднань. Опускання колони в цистерну здійснюється лебідкою. Лебідка закріплена на траверсі кран-балки, яка призначена для переміщення та центрування занурювальної колони відносно люка цистерни вздовж осі естакади, а також для занурення та підйому колони.

Кран-балка фіксується на вертикальній опорі естакади та оснащена поворотними шарнірами. Це разом із пересувним візком, на якому закріплено занурювальну колону, забезпечує точне центрування колони над люком цистерни навіть за неточного встановлення останньої.

Етапи розігріву цистерни через верхній люк повністю ідентичні відповідним операціям під час розігріву через зливний клапан. Після завершення розігріву випорожнення цистерни здійснюється насосом також через верхній люк.

Основні технічні характеристики установки УВСМ-15 наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Основні технічні параметри установки УВМ-15

Параметр	Одиниці виміру	Значення
Теплова потужність	кВт	700

Масова витрата пара	т/год	не менше 0,8
Температура пари в трубопроводі, що подає	⁰ С	152
Тиск пари в трубопроводі, що подає	МПа	0,40
Температура конденсату в зворотному трубопроводі	⁰ С	80
Тиск конденсату в зворотному трубопроводі	МПа	0,20
Витрата мазуту при циркуляції	м ³ /год	40...60
Тиск мазуту після насоса	МПа	до 0,45
Температура мазуту при циркуляції	⁰ С	50...80

2.4 Насосна станція зливу мазуту

Насосна станція, призначена для перекачування мазуту, забезпечує виконання таких технологічних завдань:

- приймання паливного продукту із залізничного транспорту;
- внутрішньобазове перекачування;
- проведення зачисних операцій.

За своїм конструктивним виконанням насосна станція є одноповерховою відкритою спорудою прямокутної форми в плані з габаритними розмірами 9,6×24,0 м.

Основні будівельні показники:

- площа забудови — 302,13 м²;
- загальна площа — 230,40 м²;
- будівельний об'єм — 833,96 м³.

Насосна станція розташована під навісом, а її підлоги обладнані системою електрообігріву.

Конструкція станції передбачає наявність бічних захисних огорожень, які перекривають не більше 50 % загальної площі відповідної сторони. Відповідно до умов природної вентиляції захисне бокове огороження не доходить до огорожувального бортика не менше ніж на 0,3 м. Висота

бортика, влаштованого по периметру насосної, становить 0,15 м. Проміжок між бортиком та огорожею зашито плетеною сіткою. Для виконання монтажних і ремонтних робіт передбачено електричну кран-балку вантажопідйомністю 3,2 т.

Стисло характеристику насосного обладнання, задіяного для вивантаження нафтопродуктів із цистерн, наведено в таблиці 2.4. Схему розміщення обладнання в межах насосної станції показано на рисунку 2.5. Насосні агрегати призначені виключно для зливу нафтопродуктів із залізничних цистерн і подальшого їх транспортування до резервуарного парку. Для зберігання мазуту використовуються резервуари РВС 5000 №0–3.

Таблиця 2.4 - Характеристика обладнання насосної зливу мазуту

Позиція	Найменування	Кількість	Характеристика
Н-45 Н-46	Насос зливу мазуту із залізничних цистерн	2 (гвинтовий)	Продуктивність...350м ³ /год Тиск нагнітання.....10,0 кгс/см ² Потужність електродвигуна.....75кВт
Н-47 Н-48	Насос зливу півного і суднового палива	2 відцентровий	Продуктивність...250м ³ /год Тиск нагнітання..... 4,0 кгс/см ² Мощность електродвигателя.....75кВт
Н-49	Насос зачистной	1 (гвинтовий)	Продуктивність...40м ³ /год Тиск нагнітання.....4,0 кгс/см ² Потужність електродвигуна.....18,5кВт

Розігрів мазуту забезпечується наявними насосами Н-8 і Н-9, які є горизонтальними одноступеневими відцентровими агрегатами зі спіральним корпусом та оснащені частотними перетворювачами. Для контролю роботи насосів передбачено вимірювання тиску на всмоктувальному та нагнітальному трубопроводах, а також сигналізацію граничних значень температури масла в

підшипниках із наступним блокуванням на відключення агрегату, вимірювання тиску та сигналізацію витoku ущільнювальної рідини.

Усі сигнали від контрольно-вимірювальних приладів виводяться до операторської. Для пропарювання трубопроводів і насосів перед проведенням ремонтних робіт використовується водяна пара, а для продування — інертний газ.

Гвинтові насосні агрегати обладнані запобіжними клапанами, які захищають систему від перевищення тиску понад 16 кгс/см².

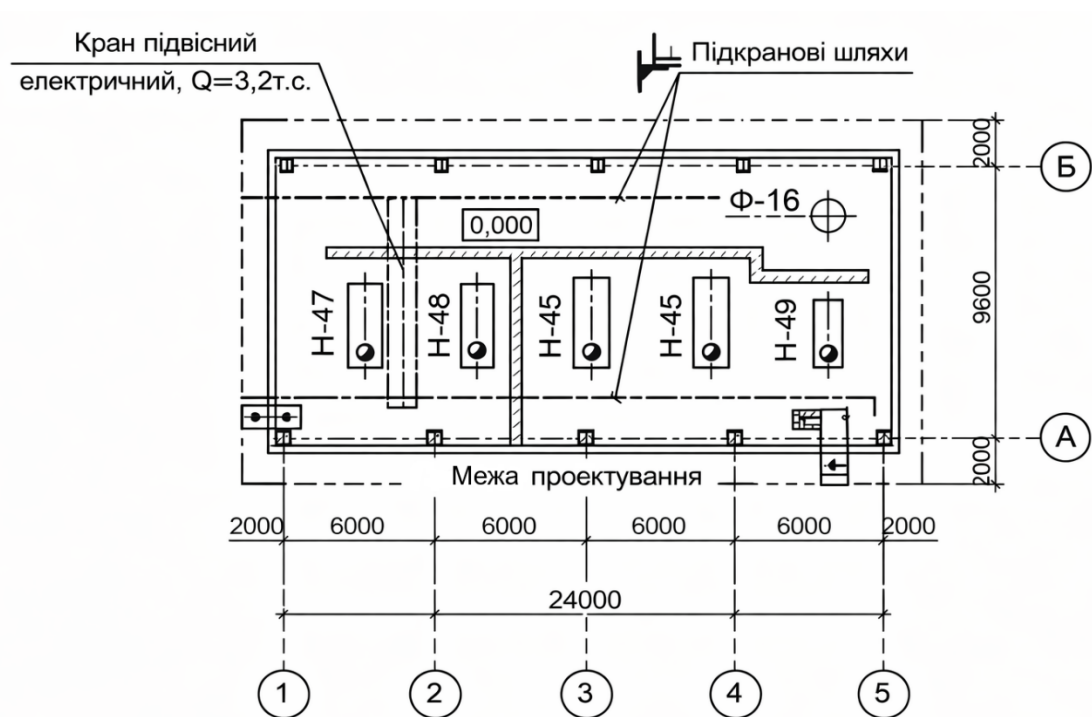


Рисунок 2.3 - Схема розташування обладнання насосної зливу мазуту

Спорожнення залишкової кількості продукту з корпусів насосів здійснюється в дренажну систему з подальшим відведенням до дренажної ємності Е-6.

Для виконання операцій зі зливу мазуту встановлено гвинтові насоси марки «Allweiler-Houttuin» моделі 249.178.075.

Підібраний за необхідними показниками продуктивності та напору агрегат являє собою здвоєний гвинтовий насос, який належить до типу

двовалових роторних машин позитивного витіснення. Його конструкція складається з двох гвинтових валів, що обертаються в протилежних напрямках. Для захисту насоса від надлишкового тиску застосовується запобіжний редуційний клапан, який з'єднує напірну та всмоктувальну порожнини агрегату. Цей клапан також може використовуватися для зниження пускового обертового моменту. Конструктивна особливість ручного маховика дає змогу відкривати клапан для зменшення тиску та створювати стартовий обертовий момент під час запуску.

Таблиця 2.5 - Робочі параметри насоса для зливу мазуту

Показник	Величина показника
Робочий продукт	Мазут М-100
Продуктивність, м ³ /год	353
Підпір, м	0,6...3
Тиск на виході з насоса, МПа	1,0
Частота обертів, об/хв.	1490
Потужність насоса, кВт	92
Необхідна потужність приводу, кВт	110

Необхідно забезпечити правильне заземлення насосного агрегату, а також, по можливості, інтегрувати його до системи аварійного відключення та вжити заходів для запобігання випадковому запуску до завершення всіх процедур із технічного обслуговування. Оскільки гвинтові насоси мають малі зазори між рухомими елементами, надзвичайно важливо, щоб усмоктувальний трубопровід був ретельно очищений перед монтажем. Тому на всмоктувальній лінії обов'язково встановлюється фільтрувальний пристрій. На зливному (напірному) трубопроводі змонтовано зворотний клапан, який виконує дві функції: захищає насос від зворотного обертання в разі зворотної течії рідини під час зупинки агрегату, а також дозволяє організувати паралельну роботу іншого насоса в тій самій системі.

3 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок кількості цистерн маршруту

Кількість цистерн всього маршруту розраховується, виходячи з умови одночасного зливу всього маршруту протягом часу, що не перевищує двох годин, з урахуванням загальної витрати мазуту 850 м³/год

Витрата мазуту з однієї цистерни:

$$Q_1 = \frac{m \cdot k}{\rho \cdot t} \quad (3.1)$$

де m – маса мазуту в одній цистерні, $m=60$ т;

– густина мазуту $\rho=961$ кг/м³;

k – коефіцієнт, що враховує витрату мазуту на розігрів, $k=1,8$;

t – час, потрібний для зливу цистерн: $t=2$ год.

$$Q_1 = \frac{60000 \cdot 1,8}{961 \cdot 2} = 56,7 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Кількість цистерн, з урахуванням загальної витрати $Q=850$ м³/год:

$$n = Q / Q_1 = 850 / 56,7 = 15 \text{ шт}$$

Швидкість руху продуктів по трубопроводах становить, м/с:

- При зливі з цистерн.....1,5
- При відкачці в резервуари.....2,0

3.2. Гідравлічний розрахунок зливного колектора

Особливістю розрахунку зливного колектора є витрата, що постійно змінюється, отже, необхідно розбити всю довжину колектора на вісім ділянок.

Розрахунок проведемо на прикладі першої ділянки, розрахунки інших ділянок наведені в таблиці 3.1.

Розрахунок першої ділянки колектора

Необхідний діаметр колектора визначається залежністю:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v \cdot 3600}} \quad (3.2)$$

де Q – витрата мазуту, м³/год;

v – швидкість мазуту в колекторі, м/с, $= 1,5$.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 53,1}{3,14 \cdot 1,5 \cdot 3600}} = 0,16 \text{ м.}$$

Приймаємо зовнішній діаметр 219 мм.

Товщина стінки колектора визначається наступною залежністю

$$\delta = \frac{npD_H}{2(R + np)} \quad (3.3)$$

де n – коефіцієнт надійності за навантаженням - внутрішньому робочому тиску в трубопроводі, який приймається за табл. 13 СНиП 2.05.06-85 «Магістральні трубопроводи», $n = 1,15$;

p – робочий тиск, МПа, $p=0,6$;

D_H – зовнішній діаметр труби, см, $D_H = 21,9$;

R – розрахунковий опір розтягування (стисненню), кг / см², розраховується за формулою:

$$R = \frac{R^H m}{k_1 k_H} \quad (3.4)$$

де R^H – нормативне опір розтягування (стисненню), для сталі Ст 20 $R^H=360$ МПа;
 m – коефіцієнт умов роботи трубопроводу, приймається за табл. 1 СНиП 2.05.06-85 «Магістральні трубопроводи», $m = 0,90$;

k_1 – коефіцієнт надійності за матеріалом, який приймається за табл. 9 СНиП 2.05.06-85 «Магістральні трубопроводи», $k_1 = 1,40$;

k_H – коефіцієнт надійності за призначенням трубопроводу, приймається за табл. 11 СНиП 2.05.06-85 «Магістральні трубопроводи», $k_H = 1,05$.

$$R = \frac{360 \cdot 0,90}{1,40 \cdot 1,05} = 220,4 \text{ МПа.}$$

Тоді товщина стінки:

$$\delta = \frac{1,15 \cdot 0,6 \cdot 219}{2(220,4 + 1,15 \cdot 0,6)} = 0,215 \text{ мм.}$$

Відповідно до СП 34-116-97 для забезпечення поперечної місцевої стійкості товщина стінки повинна бути не менше $D_n / 140$ (1,6 мм) і більше 4 мм.

За умовою міцності і з урахуванням надбавки на корозію (1 мм) приймаємо товщину стінки трубопроводу 7 мм.

Внутрішній діаметр колектора:

$$D_{вн} = D_n - 2 \cdot S, \text{ м} \quad (3.5)$$

Уточнюємо швидкість руху мазуту в колекторі:

$$v = \frac{4 \cdot Q}{3600 \cdot \pi \cdot D_{вн}^2} \quad (3.6)$$

$$v = \frac{4 \cdot 51,3}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,205^2} = 0,9 \text{ м/с.}$$

Число Рейнольдса:

$$Re = \frac{v \cdot D_{вн}}{\gamma_{сп}} \quad (3.7)$$

де $\gamma_{сп}$ – кінематична в'язкість, $\gamma_{сп} = 118 \text{ сСт} = 118 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

$$Re = \frac{0,9 \cdot 0,205}{118 \cdot 10^{-6}} = 777$$

Так як $Re < 2320$, то режим течії ламінарний.

Коефіцієнт гідравлічного опору:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (3.8)$$

$$\lambda = \frac{64}{777} = 0,0824$$

Повні втрати в колекторі:

$$H = \frac{\left(\sum \xi + \lambda \frac{l}{D_{вн}} \right) \cdot v \cdot \rho}{2} \cdot 10^{-6} + \Delta Z \cdot \rho \cdot g \quad (3.9)$$

де z - різниця геодезичних відміток початку і кінця колектора, розраховується як різниця відміток низу цистерни і центру всмоктуючого патрубку насоса, $z = 0,880$ м;

ξ - Коефіцієнт місцевого опору, величину якого приймаємо по таблиці 10-74 і 10-75 [2]

$$H = \frac{\left(5,9 + 0,0824 \frac{8000}{0,205} \right) \cdot 0,9 \cdot 961}{2} \cdot 10^{-6} + -2,5 \cdot 961 \cdot 9,81 = -22693 \text{ Па}$$

Таблиця 3.1 - Розрахунок зливного колектора на різних ділянках. ΔL - різниця відміток початку і кінця ділянки. L - довжина ділянки. H - повні втрати на ділянці.

№	Q, м ³ /год	D _{вн} , мм	D _з , мм	δ, мм	δ, м/с	Re	λ	ΔL, м	ξ	L, м	H, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	53,1	162	219	7	0,9	777	0,0824	-2,5	5,9	8000	22693
1	53,1	162	219	7	0,9	777	0,0824	0	1,2	12000	579
2	106,2	185	219	7	0,9	1554	0,0412	0	1,2	12000	1388
3	159,3	203	219	7	1,3	2330	0,0275	0	1,2	12000	2427
4	212,4	242	273	7	1,1	2459	0,0449	0	1,2	12000	1980
5	265,5	267	273	7	1,4	3074	0,0425	0	1,2	12000	2987

3.3. Гідравлічний розрахунок напірного трубопроводу

Необхідний діаметр трубопроводу розраховується за формулою (3.2),

де Q – витрата мазуту, м³/год, $Q = 796,5$;

– швидкість мазуту в колекторі, $V=2,0$ м/с.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 796,5}{3,14 \cdot 2,0 \cdot 3600}} = 0,375 \text{ м}$$

Приймаємо зовнішній діаметр 377 мм.

Товщина стінки трубопроводу розраховується за формулою (3.3), де n - коефіцієнт надійності за навантаженням - внутрішньому робочому тиску в трубопроводі, який приймається за табл. 13 *ДБН 2.05.06-85 «Магістральні трубопроводи», $n=1,15$;

p – робочий тиск, $p=1,0$ МПа;

D_n – зовнішній діаметр труби, см;

R – розрахунковий опір розтягування (стисненню), кг/см^2 , розраховується за формулою (3.4),

де R^n – нормативне опір розтягування (стисненню), для сталі Ст20 $R^n=360$ МПа;

m – коефіцієнт умов роботи трубопроводу, приймається за табл. 1 ДБН 2.05.06-85 «Магістральні трубопроводи», $m=0,90$;

k_1 , – коефіцієнт надійності за матеріалом, який приймається за табл. 9 ДБН 2.05.06-85 «Магістральні трубопроводи», $k_1=1,40$;

k_n – коефіцієнт надійності за призначенням трубопроводу, приймається за табл. 11 ДБН 2.05.06-85 «Магістральні трубопроводи», $k_n=1,05$.

$$R = \frac{360 \cdot 0,90}{1,40 \cdot 1,00} = 220,4 \text{ Па}$$

Тоді товщина стінки:

$$\delta = \frac{1,1 \cdot 1,0 \cdot 377}{2(220,4 + 1,15 \cdot 1,0)} = 0,363 \text{ мм}$$

Відповідно до БН 34-116-97 для забезпечення поперечної місцевої стійкості товщина стінки труб повинна прийматися не менше $D_n / 140$, але не менше 4 мм для труб з D понад 200 мм.

За умовою міцності і з урахуванням надбавки на корозію (1 мм) приймаємо товщину стінки трубопроводу 7 мм.

Внутрішній діаметр трубопроводу розраховується за формулою (3.5):

$$D_{BH} = D_y - 2 \cdot S = 377 - 2 \cdot 7 = 363 \text{ мм.}$$

Уточнюємо швидкість руху мазуту в трубопроводі за формулою (3.6):

$$v = \frac{4 \cdot 796,5}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,363^2} = 1,98 \text{ м/с.}$$

Число Рейнольдса розраховується за формулою (3.7),

де ν_{cp} - кінематична в'язкість, $\nu_{\text{cp}} = 118 \text{ сСт} = 11810^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

$$\text{Re} = \frac{1,98 \cdot 0,363}{118 \cdot 10^{-6}} = 6544.$$

Режим течії турбулентний, тому що $6544 > 2320$.

Коефіцієнт гідравлічного опору для турбулентного режиму течії визначається за формулою:

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{\text{Re}}} \quad (3.10)$$

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{6544}} = 0,0352$$

Повні втрати в колекторі розраховуються за формулою (3.9).

Втрати напору напірного трубопроводу розраховуються з урахуванням довжини трубопроводу 216 м і місцевих опорів в дев'яти поворотах на 90, зворотному клапані, трьох засувках і трійнику. Різниця геодезичних відміток приймаємо рівною нулю.

$$\Sigma \xi = 9 \cdot 0,6 + 7,0 + 3 \cdot 0,5 + 1,2 = 15,1,$$

$$H = \frac{\left(15,1 + 0,0352 \frac{216}{0,363} \right) \cdot 1,98 \cdot 961}{2} \cdot 10^{-6} + 0 = 0,077 \text{ МПа.}$$

3.4. Вибір насосів для мазуту

Необхідна продуктивність насосів $796,5 \text{ м}^3$. Напір насоса повинен компенсувати втрату тиску в колекторі - $0,021 \text{ МПа}$ і трубопроводі - $0,077 \text{ МПа}$, подолати опір взлива заповненого резервуара рівного $16,400 \text{ м. вод. ст.}$, тобто $0,164 \text{ МПа}$. Мінімальний необхідний натиск насоса - $0,262 \text{ МПа}$. Вибір насосів наведено на рис. 3.1.

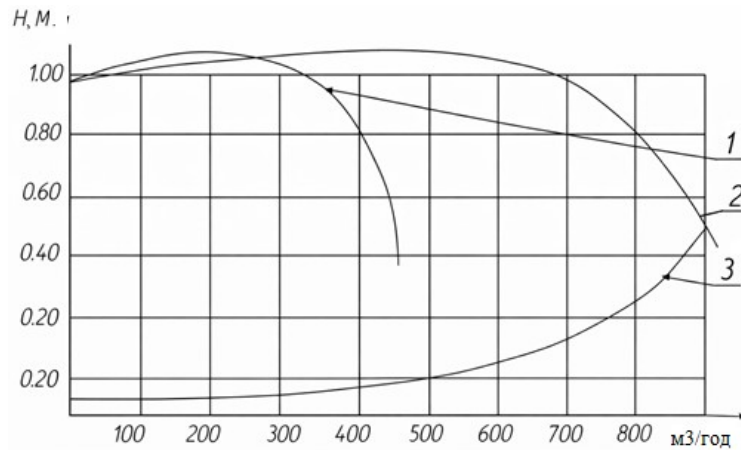


Рисунок 3.1 - Вибір насосів

Насоси призначені для прийому мазуту із залізничних цистерн і перекачування його в резервуарний парк, а також для внутрішньобазовими перекачування мазуту.

На рис. 3.2 и 3.3 представлені насоси, що підходять для визначених робочих параметрів.



Рисунок 3.2 - Загальний вигляд насоса 4НК-5х1



Рисунок 3.3 - Загальний вигляд насоса УОДН 120-100-65

Вибираємо насос УОДН 120-100-65, призначення якого - перекачування нафтопродуктів, в основному в'язких, типу мазуту, а також суміші нафтопродуктів з піском і мулом.

3.5. Розрахунок підігрівачів мазуту

Для успішного зливу цистерн з темними нафтопродуктами застосовуються підігрівачі. У завдання розрахунку входить визначення кількості підігрівачів і витрати теплової енергії.

Необхідний тепловий потік в підігрівачах:

$$Q = V_M \cdot \rho_M \cdot (t_{г.м.} - t_{х.м.}) \cdot c_M, \quad (3.11)$$

де V_M – об'ємна витрата нафтопродукту, м³/год, $V_M = 425,0$;

ρ_M – густина мазуту, кг/м³;

$t_{г.м.}$ – температура мазуту після підігрівача, °С, $t_{г.м.} = 75$;

$t_{х.м.}$ – температура мазуту перед підігрівачем, °С, $t_{х.м.} = 40$;

c_M – теплоємність мазуту, кДж/(кг°С), $c_M = 1,88$.

$$Q = 425 \cdot 961 \cdot (75 - 40) \cdot 1,88 = 53748730 \text{ кДж/(кг°С)}$$

Витрату пари на підігрівачі визначаємо з рівняння теплового балансу підігрівача:

$$D = \frac{Q}{\frac{i_n - i_k}{\varphi}} \quad (3.12)$$

де i_n – ентальпія пари при тиску $P = 0,4$ МПа, кДж/кг, $i_n = 2733,72$;

i_k – ентальпія конденсату при тиску $P = 0,4$ МПа, кДж/кг, $i_k = 601,92$;

φ – коефіцієнт, що враховує переохолодження пара до 100 °С, $\varphi = 1,08$.

$$D = \frac{53748730}{\frac{2733,72 - 601,92}{1,08}} = 19200,8 \text{ кг/с}$$

Вибір підігрівачів за пропускною здатністю

Необхідна витрата підігрітого мазуту 850 м³/год, продуктивність підігрівача ПМР-13-240 240 м³/год. Приймаємо щодо встановлення чотири підігрівача. Загальна площа поверхні нагрівання 1480 м². На рис. 3.4 представлено фото підігрівача мазуту ПМР-13-240 240 м³ / год.



Рисунок 3.4 - Підігрівач мазуту ПМР-13-240

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики підігрівача ПМР-13-240

Продуктивність, т/год:	240
Робочий тиск мазуту, МПа:	1.3
Робочий тиск гріючого середовища, МПа:	1.6
Температура мазуту на вході, 0С:	70
Температура мазуту на виході, 0С:	135
Габарити: довжина, ширина, висота, мм:	5655x1832 (LxD)
Маса, кг:	19290

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

4.1 Система пожежогасіння

Для забезпечення пожежної безпеки на відкритих зливо-наливних залізничних естакадах, а також на тих, що розташовані під навісами та призначені для роботи з легкозаймистими та горючими рідинами, необхідно передбачати такі засоби:

- стаціонарну установку пожежогасіння з використанням повітряно-механічної піни середньої кратності, оснащену дистанційним керуванням;
- водяне зрошення за допомогою лафетних стволів для охолодження несучих конструкцій естакади та залізничних цистерн;
- монтаж стояків із приєднувальними головками на магістральному (кільцевому) розчинопроводі для подання піни від переносних піногенераторів із кроком не більше 120 м один від одного.

Час спрацьовування (інерційність) системи пінного пожежогасіння для таких естакад не повинен перевищувати 3 хвилин.

Розрахункову площу, на якій передбачається пінне пожежогасіння для зливо-наливних залізничних естакад, визначають за зовнішнім контуром споруди з урахуванням залізничних колій. При цьому на цій площі має розміщуватися не менше трьох залізничних цистерн із кожного боку наливу.

Піногенератори слід монтувати на будівельних елементах естакад таким чином, щоб піна подавалася зверху на залізничні цистерни та настил естакади. Для кожної цистерни вантажопідйомністю 60 т необхідно забезпечити подання піни не менше ніж від одного піногенератора.

Зливо-наливна естакада має бути оснащена первинними засобами пожежогасіння згідно з Правилами пожежної безпеки під час експлуатації нафтопереробних підприємств (ППБ-79).

Окрім пожежних сповіщувачів, розташованих у зоні зливно-наливних естакад, слід передбачати обладнання для дистанційного ввімкнення пожежних насосів у насосній станції піногасіння. Таке обладнання має розміщуватися з кроком не більше 100 м одне від одного, але не менше ніж два пристрої на кожен естакаду, причому їх слід встановлювати на протилежних кінцях естакади.

Зливо-наливні залізничні естакади на складах і базах пального призначені для виконання операцій зі зливу та наливу нафтопродуктів у залізничні цистерни. Найпоширенішими причинами виникнення аварійних ситуацій на естакадах є: порушення герметичності фланцевих з'єднань, вихід з ладу запірної арматури та витікання продукту з трубопроводів і наливних рукавів.

Систему протипожежного захисту зливно-наливних залізничних естакад розробляють відповідно до вимог нормативних документів. До її складу входять: протипожежний водопровід високого тиску, стаціонарні лафетні стволи, змонтовані вздовж залізничного полотна естакади, а також переносні піногенератори ГВП-600, які приєднуються через рукавну лінію до пожежного гідранта, розташованого поблизу залізничної колії.

Боротьба з пожежами з використанням лише ручних та пересувних засобів часто призводить до виникнення так званих «запущених пожеж», гасіння яких пов'язане зі значними труднощами. Для забезпечення ефективного гасіння необхідно негайно активувати стаціонарні автоматичні установки пожежогасіння. Практичний досвід свідчить про можливість безперешкодного розтікання горючих рідин і газів, а також про високу ймовірність виникнення вибухів і пожеж на естакадах. Успішно ліквідувати аварії та локалізувати такі пожежі можна лише за умови застосування високоефективних установок пожежогасіння, здатних виявити осередок займання на найранішій стадії без участі людини та ліквідувати пожежу за короткий проміжок часу.

Саме тому пропонується використання установки автоматичного пінного пожежогасіння, схему якої наведено на рисунку 4.1. Ця установка призначена для автоматичного виявлення осередку займання, подання сигналу тривоги, гасіння пожежі як зверху, так і знизу цистерни, а також для захисту будівельних конструкцій, технологічного обладнання та залізничного полотна від небезпечного впливу факторів пожежі.

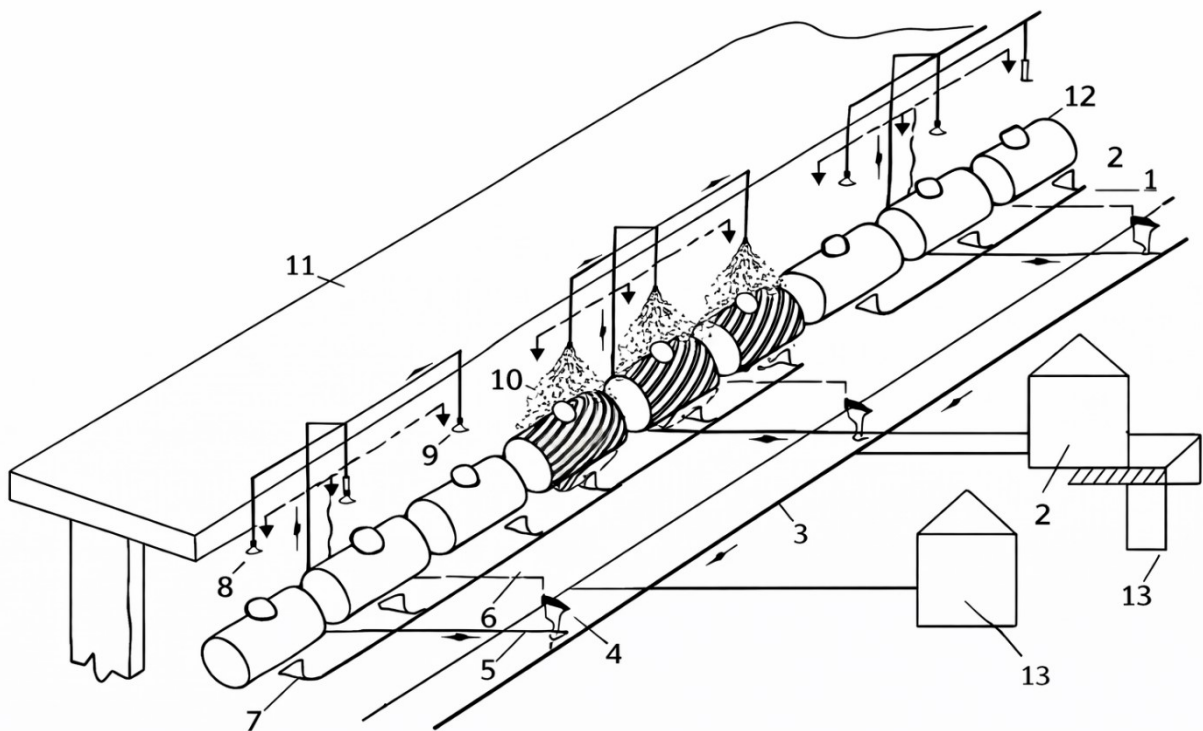


Рисунок 4.1 – Схема автоматичної пінної установки пожежогасіння зливо-наливної залізничної естакади: 1 – резервуар для води; 2 – пожежна насосна станція; 3 – магістральний трубопровід; 4 – контрольно-пусковий вузол; 5 – розподільний трубопровід; 6 – спонукальний трубопровід системи автоматичного ввімкнення; 7 – генератор для подачі піни середньої кратності; 8 – пінний зрошувач; 9 – пожежний сповіщувач (спринклер); 10 – залізнична цистерна; 11 – зливо-наливна естакада; 12 – магістраль подачі стисненого газу спонукальної мережі автоматичного ввімкнення; 13 – приміщення для балонів зі стисненим газом.*

Резервуари для зберігання розрахункового запасу води виготовляються за типовими проектами. Вони обладнуються сигналізацією рівня води та пристроями для наповнення й спорожнення. Основний і автоматичний водоживильники розміщуються в приміщенні пожежної насосної станції. Основним джерелом водопостачання є насосно-силові агрегати, які вмикаються за сигналом від падіння тиску або зниження рівня в автоматичному водоживильнику (гідропневмобаку). Піноутворювач зберігається в окремій ємності, звідки вводиться в потік води. Для дозування піноутворювача в необхідній кількості та із заданою концентрацією передбачено дозувальні пристрої.

Розрахункова витрата водного розчину піноутворювача для захисту поверхонь конструкцій естакади, технологічного обладнання та залізничних цистерн від впливу небезпечних факторів пожежі визначається з урахуванням питомої витрати, яку приймають рівною $0,15 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$. До кожної секції водний розчин піноутворювача подається окремим трубопроводом через контрольно-пускову апаратуру. Застосування автоматичних установок верхнього та нижнього пінного пожежогасіння для зливо-наливних залізничних естакад забезпечує ліквідацію пожежі в найкоротші терміни.

4.2. Інструкція з охорони праці та техніки безпеки

Ця інструкція встановлює загальні вимоги безпеки під час виконання технологічних операцій, пов'язаних із розігрівом в'язких нафтопродуктів, їх зливом із залізничних цистерн, перекачуванням трубопроводами, зберіганням у резервуарах, а також наливом в автоцистерни, посудини, бочки та іншу тару. Під час проведення зливо-наливних операцій із в'язкими нафтопродуктами, окрім положень, викладених у цьому документі, слід також дотримуватися вимог «Інструкції з охорони праці під час зливо-наливних операцій у резервуарних парках, на залізничних та автоналивних естакадах».

До виконання робіт із зливу та наливу в'язких нафтопродуктів допускаються особи, які досягли 18-річного віку, пройшли медичний огляд,

навчання за відповідною програмою, інструктаж безпосередньо на робочому місці та отримали дозвіл на самостійну роботу.

Підключення засобів електрообігріву в'язких нафтопродуктів має виконуватися персоналом, який має групу з електробезпеки не нижче III згідно з «Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів» та «Правилами техніки безпеки під час експлуатації електроустановок споживачів». Цей персонал також повинен пройти інструктаж з техніки безпеки стосовно робіт, пов'язаних із обслуговуванням електронагрівального обладнання.

Під час виконання зливо-наливних операцій обслуговуючий персонал може зазнавати впливу таких небезпечних та шкідливих факторів:

- термічні опіки — у разі порушення правил безпечної експлуатації обладнання, а також під час вибуху або пожежі при розгерметизації апаратів і трубопроводів;
- ураження електричним струмом — у разі пошкодження ізоляції електропроводки або несправності заземлення;
- механічні травми.

Обслуговуючий персонал згідно з чинними нормами має бути забезпечений спеціальним одягом і спеціальним взуттям.

Працівники, зайняті на зливо-наливних операціях, повинні бути навчені методам надання першої долікарської допомоги постраждалим у разі нещасних випадків.

4.3. Вимоги безпеки перед початком та під час виконання робіт

Необхідно вдягнути належні за нормами спеціальний одяг та спеціальне взуття, а також перевірити наявність і справність засобів індивідуального захисту та первинних засобів пожежогасіння.

Перед початком операцій із наливу або зливу слід переконатися в правильності положення всіх перемикальних вентилів і засувок, перевірити справність зливо-наливних пристроїв та парового підігрівача, герметичність з'єднань телескопічних труб або рукавів, а також надійність захисного заземлення залізничної естакади, залізничних колій і зливо-наливних шлангів із наконечниками. У разі виявлення витoku його слід негайно усунути.

До ввімкнення електронагрівачів, призначених для підігріву нафтопродуктів у залізничних цистернах, необхідно перевірити справність нагрівальних елементів, цілісність ізоляції проводів, а також щільність контактів у місцях приєднання проводів. Забороняється вмикати електронагрівачі, які мають будь-які несправності.

Використання електронагрівального обладнання має бути попередньо погоджене з органами пожежного нагляду.

Залізничні естакади мають бути оснащені справними перехідними містками для безпечного переходу працівників на цистерну. Переходити з естакади на цистерну поза межами таких містків забороняється.

У місцях контакту містків із цистерною необхідно передбачити ізолювальні прокладки (дерев'яні або гумові).

Підйом та опускання містків слід механізувати. Під час подачі або відведення цистерн містки повинні перебувати в піднятому положенні.

Під час опускання чи підйому зливо-наливних рукавів за допомогою електричної лебідки забороняється стояти поблизу натягнутого троса між вантажем і лебідкою. Електролебідка обов'язково підлягає заземленню.

Розігрівання застиглих нафтопродуктів у залізничних цистернах, трубопроводах, а також у зливо-наливних пристроях дозволяється виконувати лише за допомогою пари, гарячої води, підігрітого нафтопродукту (циркуляційний метод) або електронагрівачів. Використання для цієї мети відкритого вогню (багаття, жаровні, факели, паяльні лампи тощо) категорично забороняється. Ділянка трубопроводу, що підлягає відігріванню, має бути відключена від діючої системи.

Під час підігріву нафтопродукту в цистернах до температури 90 °С або нижче, температура нагрівання повинна бути нижчою від температури спалаху його парів не менше ніж на 15 °С. Якщо виникає необхідність підігріву нафтопродукту до температури понад 90 °С, продукт попередньо має бути зневоднений, а гранична температура нагрівання повинна бути нижчою від температури спалаху його парів не менше ніж на 25 °С.

Парові змійовики та електричні нагрівальні пристрої дозволяється вмикати лише після їх занурення в нафтопродукт на глибину не менше 500 мм від рівня рідини до верхньої кромки нагрівального елемента. Електричні нагрівачі дозволяється використовувати для підігріву нафтопродуктів із температурою спалаху не нижче 80 °С.

Під час підігріву нафтопродукту необхідно стежити, щоб унаслідок теплового розширення продукту не відбулося його викидання з цистерни.

Забороняється здійснювати злив нафтопродуктів за ввімкнених занурювальних електронагрівачів.

Під час функціонування системи електрообігріву обслуговуючий персонал зобов'язаний контролювати температуру за допомогою приладів регулювання та вимірювання, не допускаючи перегріву. У разі виявлення несправностей у системі електрообігріву слід ужити заходів щодо їх усунення. При перегріві або інших несправностях необхідно негайно відключити електроживлення. Повторне ввімкнення електропідігріву дозволяється лише після повного усунення всіх дефектів.

Під час експлуатації систем електрообігріву забороняється:

- виконувати будь-які роботи на установці, що перебуває під напругою, за винятком особливих випадків, пов'язаних із контрольно-вимірювальними та перевірочними операціями;
- вмикати занурювальні нагрівачі за відсутності блокувального пристрою;
- вмикати нагрівальні пристрої з опором ізоляції нижчим за норму;
- вмикати нагрівальні пристрої без захисного заземлення;

- вмикати несправну систему електропідігріву та нагрівачі з пошкодженими герметичними покриттями або ізоляцією виводів;
- виконувати ремонт, змотування або монтаж гнучких стрічкових нагрівачів, які перебувають під напругою.

Під час наливу необхідно здійснювати постійний контроль за рівнем нафтопродукту, не допускаючи переповнення цистерни. Випадково розлиті нафтопродукти слід негайно видалити, місце розливу зачистити та засипати піском.

Усі паропроводи, прокладені на зливно-наливній естакаді, повинні бути теплоізольовані та обладнані в нижніх точках трубками для відведення конденсату.

Для запобігання гідравлічним ударам парові підігрівачі перед подачею в них пари необхідно звільнити від води (конденсату). Подачу пари слід здійснювати шляхом поступового та плавного відкривання паропропускних вентилів. Під час запуску пари в змішувачі резервуарів усі трубки для спуску конденсату мають бути відкриті. Для контролю герметичності парового підігрівача та запобігання обводненню нафтопродукту необхідно постійно спостерігати за чистотою конденсату, що витікає.

Під час виконання зливу працівник, відповідальний за злив, повинен стежити, щоб не переповнювалися піддонний зливний лоток і центральний жолоб.

4.5. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

При виникненні аварійної ситуації під час зливу або наливу нафтопродуктів необхідно негайно вжити заходів для запобігання втраті продукту, проінформувати старших чергових по нафтобазі, повідомити про подію пожежну охорону, зупинити всі технологічні операції, організувати виведення людей із небезпечної зони та взяти участь у ліквідації аварії згідно з затвердженим планом реагування на аварійні ситуації.

У разі виникнення пожежі в'язких нафтопродуктів слід застосовувати всі наявні засоби пожежогасіння, крім води, а саме: піну різних типів, вуглекислий газ, пісок, повсть (кошму) тощо.

При настанні нещасного випадку постраждалому необхідно надати першу долікарську допомогу, у разі потреби викликати бригаду швидкої медичної допомоги та повідомити про подію безпосереднього керівника.

5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Вихідні дані для розрахунків представлені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Вихідні дані

Показник	Одиниця виміру	Величина
Обсяг перевалки	Тис. т	350
Тариф транспортування при прийомі	Тис. т	3000,15
Тариф транспортування при відвантаженні	Тис. т	4143,00
Примітка - дані в таблиці представлені по підприємству умовного морського порта		

Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладення - це сума вартості встановленого обладнання і витрат на будівельні роботи та монтаж обладнання. Розрахунок капітальних вкладень представлений в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Капітальні вкладення

Найменування робіт і витрат	Вартість, тис. грн.
Будівельні роботи	104915,34
Монтажні роботи	54594,11
Вартість обладнання	46357,47
Разом:	205866,92

Розрахунок вартості основних засобів

Розрахунок виконаний на підставі об'єктних кошторисних розрахунків 3 і представлений в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Вартість основних засобів

Найменування	Одиниці	Кількість	Вартість, тис. грн.
Насоси	шт.	7	11794,00
Фільтри	шт.	3	605,36
Теплообмінники	шт.	2	1579,20
Підйомно-транспортне обладнання	шт.	2	290,23
Трубопроводи	Т	338,5	11818,34
Електропостачання	Комплект	2	4074,18
Установки нижнього зливу	шт.	30	12041,40
Установки верхнього зливу	шт.	2	3634,79
Ємності	шт.	2	486,92
Разом:			46324,42

Розрахунок амортизаційних відрахувань

Норми амортизації по прийнятті даними підприємства (по терміну служби устаткування, зазначеного в паспортах), а також відповідно до додатка Г 4. Всі розрахунки зведені в таблиці 5.4.

Амортизаційні відрахування отримані множенням вартості обладнання на норму амортизації.

Таблиця 5.4 - Амортизаційні відрахування

Найменування	Вартість, тис. грн.	Норма амортизації, %	Сума амортизаційних відрахувань за рік, тис. грн.
Насоси	11794,00	14,0	1651,16
Фільтри	605,36	10,0	60,54
Теплообмінники	1579,20	6,6	104,23
Підйомно-транспортне обладнання	290,23	10,0	29,02
Трубопроводи	11818,34	14,0	1654,57
Електропостачання	4074,18	12,5	509,27
Установки нижнього зливу	12041,40	13,3	1601,51
Установки верхнього зливу	3634,79	13,3	483,43
Ємності	486,92	11,0	53,56
Разом:			6147,28

Розрахунок податку на майно

Ставка податку за даними прийнятими підприємством становить 2,2%.

Розрахунок представлений в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 - Податок на майно

Найменування	Вартість, тис. грн.	Ставка податку, %	Податок на майно, тис. грн.
Насоси	11794,00	2,2	259,47

Фільтри	605,36	2,2	13,32
Теплообмінники	1579,20	2,2	34,74
Підйомно-транспортне обладнання	290,23	2,2	6,39
Трубопроводи	11818,34	2,2	260,00
Електропостачання	4074,18	2,2	89,63
Установки нижнього зливу	12041,40	2,2	264,91
Установки верхнього зливу	3634,79	2,2	79,97
Ємності	486,92	2,2	10,71
Разом			1019,14

Розрахунок заробітної плати промислово-виробничого персоналу

Кількість робочих і їх розряд прийняті на підставі встановленого обладнання. Необхідна кількість людино-днів отримано шляхом множення числа робочих відповідного розряду на фонд робочого часу одного робітника.

Режим роботи: п'ятиденний робочий тиждень, тривалість зміни - 8 годин.

Розрахунок фонду робочого часу одного робітника представлений в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 - Фонд робочого часу одного робітника

Показник	Значення
Календарний фонд часу, днів	365
Кількість неробочих днів - всього, днів	114
в тому числі: святкові дні	11
вихідні дні	103
Кількість робочих днів у році	251

Розрахунок річного фонду оплати праці представлений в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 - Річний фонд оплати праці

Посада	Розряд	Кількість осіб	Режимний фонд часу, днів	Кількість людиноднів	Ставка в день, грн.	Річний фонд з. плати, тис. грн.
Оператор	3	3	251	753	424	106,424
Оператор	4	3	251	753	488	122,488
Машиніст насосів	4	3	251	753	534	134,034
Слюсар-ремонтник	3	2	251	502	424	106,424
Слюсар-ремонтник	4	1	251	251	564	141,564
Зливальник нафтопродуктів	3	6	251	1506	542	136,042
Зливальник нафтопродуктів	4	6	251	1506	596	149,596
Майстер зміни		3	251	753	775	194,525
Разом:						1091,097
						7

При розрахунку річного фонду заробітної плати необхідно також врахувати премію (65%)

$$\text{РФОП} = 1091,097(65\%) = 1800,097 \text{ тис. грн.} \quad (5.1)$$

Розрахунок відрахувань на соціальні потреби

Відрахування на соціальні потреби складаються з єдиного соціального податку (26%) і в фонд обов'язкового соціального страхування від нещасних випадків і профзахворювань (0,4%) і нараховуються відсотком від річного фонду заробітної плати:

$$\text{ВСП} = \text{РФОП} (0,26+0,004) \quad (5.2)$$

$$\text{ВСП} = 1800,097(0,26+0,004) = 475,225 \text{ тис. грн.}$$

Розрахунок споживаної теплової енергії

Підігрів мазуту здійснюється теплообмінниками марки ПМР 13-240 з необхідним тепловим потоком 4,1 Гкал /год.

Завантаження теплообмінників, з урахуванням не більше двох ставок на добу, становить 50% від загального часу. Тариф на теплову енергію Постанови національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг за № 239 від 27.02.2019, складає 1208,45 грн/Гкал.

Розрахунок витрат на теплову енергію наведено в таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 - Витрати на теплову енергію

Марка теплообмінника	Час роботи теплообмінників, ч	Кількість теплообмінників, шт.	Енергія, споживана одним теплообмінником, Гкал/год	Тариф на теплову енергію, грн. / Гкал	Вартість теплової енергії, тис. грн.
ПМР 13–240	3012	2	4,1	1208,45	9909,3

Розрахунок споживаної електроенергії

Перекачування мазуту на даній ділянці забезпечують насоси загальною потужністю 184 кВт.

Завантаження насосів в рік становить 80%. Згідно з тарифом на електроенергію за 2021 р для всіх споживачів, крім населення та комунально- побутових потреб релігійних організацій, 1 кВт·год коштує 351 коп/кВт·год (ДТЕК).

Розрахунок витрат на електроенергію наведено в таблиці 5.9.

Таблиця 5.9 - Витрати на електроенергію

Марка насоса	Кількість насосів, шт.	Час роботи насосів, год	Потужність насосів, кВт		Тариф на електроенергію, грн./кВт год	Вартість електроенергії, тис. грн.
			Одного	Всіх		
249.178.075	2	4819,2	92	184	3,51	29274.23

Розрахунок природного убутку

Природний спад становить 0,03% від обсягу перевалки.

Величина природного убутку:

$$ПУ = 500 \cdot 0,0003 \cdot 3000,15 = 450,023 \text{ тис. т} \quad (5.3)$$

Розрахунок техніко-економічних показників

Капіталовкладення розраховані в таблиці 5.2, річний фонд оплати праці - в таблиці 5.7, експлуатаційні витрати наведені в таблиці 5.10.

Таблиця 5.10 - Експлуатаційні витрати

Показник	Одиниця виміру	Величина показника
Річний фонд заробітної плати	тис. грн.	10493,11

Відрахування на соціальні потреби	тис. грн.	2770,18
Витрати на електроенергію	тис. грн.	29274,23
Витрати на теплову енергію	тис. грн.	9909,3
Природний спад	тис. грн.	450,02
Амортизація основних засобів	тис. грн.	6147,28
Інші витрати	тис. грн.	10313,21
Разом:	тис. грн.	69357,28

Тарифна виручка:

$$ТВ = ОП \cdot (Т_{ПР} - Т_{ПОК}) \quad (5.4)$$

$$ТВ = 350(4143 - 3000,15) = 399997,50 \text{ тис. грн.}$$

Прибуток від реалізації:

$$П = ТВ - ЕЗ - К - НИ \quad (5.5)$$

$$П = 399997,50 - 69357,28 - 205866,92 - 1019,14 = 123753,96 \text{ тис. грн.}$$

Чистий прибуток (прибуток від реалізації за вирахуванням податку на прибуток – 24%):

$$ЧП = П - П \cdot НП \quad (5.6)$$

$$ЧП = 123753,96 \cdot (1,00 - 0,24) = 94053 \text{ тис. грн.}$$

Техніко-економічні показники наведені в таблиці 5.11.

Таблиця 5.11 - Техніко-економічні показники

Показник	Величина показника
Капіталовкладення, тис. грн.	205866,92
Обсяг перевалки, тис. Т	350,00
Річний фонд заробітної плати, тис. грн.	10493,11
Експлуатаційні витрати, тис. грн.	54720,38
Тарифна виручка, тис. грн.	399997,50
Прибуток від реалізації, тис. грн.	138391,06
Чистий прибуток, тис. грн.	94053
Рентабельність, %	48

Оцінка ефективності проекту

Розмір необхідних інвестицій складає 205866,92 тис. грн. (Таблиця 5.2). Як джерело фінансування проекту використовується сума чистого прибутку і амортизаційних відрахувань, яка складе 113850,02 тис. грн. в рік.

В якості тимчасового кроку прийнятий один місяць.

$$I\Phi = I\Phi_{\Gamma}/12, \quad (5.7)$$

де $I\Phi$ - джерело фінансування проекту в розрахунку на один місяць, тис. грн. $I\Phi = 113850,02 / 12 = 9487,5$ тис. грн.

Показники економічної ефективності:

- ПОТІК CF Грошовий - рух (потік) грошових коштів в певний момент часу;
- Кумулятивний грошовий потік CCF - грошовий потік наростаючим підсумком. Розраховується як сума грошового потоку даного періоду часу і грошового потоку попереднього періоду часу;
- Дисконтований грошовий потік DCF - за формулою визначається:

$$DCF = CF_t \cdot \alpha_t = CF_t \frac{1}{(1+E)^t} \quad (5.8)$$

де α_t – коефіцієнт дисконтування за фактором часу;

E – норма дисконту, встановлена на рівні середнього позичкового відсотка Центрального банку України, $E = 13\%$ на рік ($1,08\%$ в місяць);

t – номер тимчасового кроку;

Чистий приведений дохід НВП - визначається наростаючим підсумком по кожному кроці розрахунку як сума дисконтованих грошових потоків.

Внутрішня норма прибутковості IRR - це така величина норми дисконту, при якій чистий дисконтований дохід проекту звертається в нуль, тобто максимальний відсоток, на який може розраховувати інвестор, щоб проект окупився за певний термін.

Розрахунок показників економічної ефективності представлений в таблиці 5.12.

Таблиця 5.12 - Розрахунок показників економічної ефективності проекту

Період, міс.	Інвестиції, тис. грн.	Прибуток, тис. грн.	Потік CF Грошовий, тис. грн.	Кумулятивний грошовий потік CCF, тис. руб.	Коефіцієнт дисконтування	Дисконтований грошовий потік DCF, тис. грн.	Чистий приведений дохід НВП, тис. грн.
1	-205866,9	-	-205866,9	-205866,9	0,989	-205866,9	-205866,9
2	-	9487,5	9487,5	-196379,4	0,979	9285,2	-194375
3	-	9487,5	9487,5	-186891,9	0,968	9185,7	-185190
4	-	9487,5	9487,5	-177404,4	0,958	9087,3	-176102
5	-	9487,5	9487,5	-167916,9	0,948	8989,9	-167113
6	-	9487,5	9487,5	-158429,4	0,937	8893,5	158219
7	-	9487,5	9487,5	-148941,9	0,927	8798,2	149421
8	-	9487,5	9487,5	-139454,4	0,917	8703,9	-140717

9	-	9487,5	9487,5	-129966,9	0,908	8610,6	-132106
10	-	9487,5	9487,5	-120479,4	0,898	8518,4	-123588
11	-	9487,5	9487,5	-110991,9	0,888	8427,1	-115160
12	-	9487,5	9487,5	-101504,4	0,879	8336,8	-106824
13	-	9487,5	9487,5	-92016,9	0,869	8247,4	-98676,6
14	-	9487,5	9487,5	-82529,4	0,8860	8159,0	-90417,5
15	-	9487,5	9487,5	-73041,9	0,851	8071,6	-82346,0
16	-	9487,5	9487,5	-63554,4	0,842	7985,1	-74360,9
17	-	9487,5	9487,5	-54066,9	0,833	7899,5	-66461,4

Показники економічної ефективності представлені в таблиці 5.13.

На основі виконаних розрахунків витрати на будівництво насосної зливу мазуту, розширення залізничної естакади зливу мазуту і спорудження міжцевових комунікацій в розмірі 205866,92 тис. грн. окупляться через 25,7 місяця.

Чистий приведений дохід в точці окупності складе 931,2 тис. грн.

Внутрішня норма прибутковості складе 13,45% в рік, що перевищує обрану норму дисконту Е (13% в рік) і говорить про ефективність проекту.

Таблиця 5.13 - Показники економічної ефективності

Показник	Величина
Кумулятивний грошовий потік в точці окупності, CCF, тис. грн.	31320,6
Чистий приведений дохід в точці окупності, NPV, тис. грн.	931,2
Внутрішня норма прибутковості, IRR, %	13,45
Максимальні грошові витрати, тис. грн.	205866,9
Термін окупності, міс.	25,7

Таким чином, проект є економічно доцільним.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання проектного завдання було реалізовано низку поставлених цілей, а саме: розроблено технологічні рішення щодо реконструкції системи відвантаження мазуту, визначено економічну ефективність проекту, а також створено комплекс заходів, спрямованих на забезпечення промислової та екологічної безпеки.

Основними технологічними рішеннями передбачено використання наявного мазутового відділення насосної станції для зливу темних нафтопродуктів із метою розігріву мазуту в залізничних цистернах. Для безпосереднього зливу мазуту з цистерн та його подальшого перекачування до резервуарного парку пропонується будівництво нового об'єкта — насосної станції зливу мазуту разом із міжцеховими комунікаціями. У межах цього проекту виконано гідравлічний розрахунок трубопроводів (зливного колектора та напірної лінії), здійснено вибір основного й допоміжного обладнання, а також розроблено технологічну схему зливу мазуту.

Визначено, що для забезпечення ефективного підігріву мазуту доцільно застосовувати підігрівачі типу ПМР-13-240 продуктивністю 240 м³/год у кількості 4 одиниці.

На основі виконаних економічних розрахунків встановлено, що проект є економічно доцільним, оскільки внутрішня норма прибутковості (IRR) перевищує прийнятну норму дисконту. Розрахунковий термін окупності проекту становить 25,7 місяця.

Запланована в межах проекту господарська діяльність, пов'язана з будівництвом та подальшою експлуатацією системи відвантаження мазуту, з урахуванням заходів, розроблених відповідно до чинних нормативних документів, справлятиме незначний вплив на довкілля.

Список літературних джерел

1. ВБН В.2.2-58.1-94 Відомчі будівельні норми України “Проектування складів нафти та нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа.
2. ДСТУ 4058-2001 Паливо нафтове. Мазут. Технічні умови
3. Dolinskiy A. A., Gorobets V. G., Pereiaslavl'tseva O. O. METHODS AND EQUIPMENT FOR HEATING AND MELTING HYDROCARBON MIXTURES IN VARIOUS INDUSTRIES (REVIEW). *Thermophysics and Thermal Power Engineering*. 2021. Vol. 43, no. 1. P. 13–19. URL: <https://doi.org/10.31472/ttpe.1.2021.2> (date of access: 27.02.2026).
4. Glamazdin P. M., Sirokhina E. Energy efficient optimization of heat supply system for oil terminal. *Ventilation, Illumination and Heat Gas Supply*. 2021. Vol. 37. P. 42–53. URL: <https://doi.org/10.32347/2409-2606.2021.37.42-53>.
5. Середюк, М. Я., & Грудз, В. Я. (2007). The ways of increasing of effectiveness and decreasing energy intensity of transportation and storage of oil and gas. *Oil and Gas Power Engineering*, (2(3), 24–30. Retrieved from <https://nge.nung.edu.ua/index.php/nge/article/view/385>
6. Glamazdin P. M., Sirokhina E. Energy efficient optimization of heat supply system for oil terminal. *Ventilation, Illumination and Heat Gas Supply*. 2021. Vol. 37. P. 42–53. URL: <https://doi.org/10.32347/2409-2606.2021.37.42-53>.
7. Physico-chemical properties of high-sulfuric heavy oils from yablunivske deposit / P. I. Topilnytskyy et al. *Chemistry, Technology and Application of Substances*. 2020. Vol. 3, no. 1. P. 75–82. URL: <https://doi.org/10.23939/ctas2020.01.075>.
8. Яновський, С. Р., Середюк, М. Д., & Пилипів, Л. Д. (2008). Дослідження впливу температури підігрівання долинської нафти на її реологічні властивості. *Scientific Bulletin of Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*, (1(17), 82–92. <https://nv.nung.edu.ua/index.php/nv/article/view/96>

9. Tarasyuk V. M. Vysokov'yazkiye nefiti i prirodnyye bitumy: problemy i povysheniye effektivnosti razvedki i razrabotki mestorozhdeniy/ BEREGINYA. 777. SOVA. № 214. № 2 (21). S.121–125.
10. Пилипів Л. Д. Експериментальне встановлення оптимального часу термостатування проб під час реологічних досліджень високов'язких нафт / Л. Д. Пилипів // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. - 2014. - № 4. - С. 124-134. - http://nbuv.gov.ua/UJRN/rrngr_2014_4_15.
11. Обладнання для розігріву бітуму. А.с. 52 5743 СРСР, МКИ 3 10 С 3/10/ А.Л.Зайченко, Б.В. Юрчиков.- № 1918392133; Заявлено 18.05.73; Опубл. 25.08.76, Бюл. №31.- 2 с.
12. Дорофеев В.Н., Заблодский Н.Н., Плюгин В.Е. Високоефективні електромеханічні нагрівачі для легкоплавких і сипучих матеріалів // Сб. наук. праць ДГМІ. - Алчевськ. - 2000. - Вип. 11. - С. 158 – 167.
13. Структура і правила оформлення курсових, дипломних проектів і робіт. Методичні вказівки для студентів, що навчаються за спеціальністю 185» Нафтогазова інженерія і технології». // за ред. д.т.н., проф. О.С. Тітлова. – Одеса: Бондаренко М.О. – 2019. – 84 с. <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТ.1467875>