МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ

Кваліфікаційна робота

другий магістерський
(рівень вищої освіти)

на тему Підвищення енергетичної ефективності системи циркуляційного нагріву мазуту

Виконав: студент II курсу, групи ______
спеціальності 144 Теплоенергетика
(код і назва спеціальності)
освітньої програми Теплоенергетика
(код і назва освітньої програми)
спеціалізації ______
(код і назва спеціалізації)

Грекулик Р.В.
(ініціали та прізвище)

Керівник доцент, к.т.н. Назаренко В.А.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)
Рецензент Жуков Р.О.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Запоріжжя
2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет енергетики, електроніки та інформаційних технологій
Кафедра теплоенергетики та гідроенергетики
Рівень вищої освіти другий магістерський
Спеціальність 144 Теплоенергетика
(код та назва)
Освітня програма Теплоенергетика
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____
«____» _____ 20____ року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Грекуляку Роману Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Підвищення енергетичної ефективності систем циркуляційного нагріву мазуту
керівник роботи Назаренко У.А., к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «10» 09 2019 року № 1536-с
2 Строк подання студентом роботи 26.12.2019 р.
3 Вихідні дані до роботи Початкова температура мазуту $t_к = 60°C$. Витрата циркуляційного мазуту $G_1 = 66,66$ кг/с. Витрата мазуту споживача $G_2 = 33,33$
4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Загальна характеристика систем нагріву
2. Розрахунок циркуляційного нагріву мазуту.
5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1. Схема циркуляційного нагрівання мазуту
2. Залежність $t_м = f(\tau)$ 3. Залежність $G_м = f(t_н)$.
4. Залежність $\tau = f(t_{вх_1})$.
6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	
Розділ 1.	Назаренко І.А. доцент ВТЕ		
Розділ 2.	Назаренко І.А. доцент ВТЕ		
Охорона праці	Назаренко І.А. доцент ВТЕ		
Нормоконтроль	Калюжов Ю.М. доцент ВТЕ		

7 Дата видачі завдання 18.09.2018 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	
1	Загальна характеристика об'єкту дослідження	18.09.18 - 1.10.19	
2.	Розрахунок системи індукційного нагрівання мазуту	20.01.19 - 1.09.19	
3	Охорона праці та техніка безпеки	2.09.19 - 2.10.19	
4.	Розробка креслень	3.10.19 - 3.12.19	

Студент ____________ Р.В. Грецишек
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) ____________ І.А. Назаренко
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер ____________ Ю.М. Калюжов
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Грекуляк Р.В. Підвищення енергетичної ефективності систем циркуляційного нагріву мазуту

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 144 – Теплоенергетика, науковий керівник І.А. Назаренко. Запорізький національний університет. Факультет енергетики, електроніки та інформаційних технологій, кафедра теплоенергетики та гідроенергетики, 2020.

Виконано аналіз способів зберігання мазуту. Виконано розрахунок циркуляційного способу нагрівання мазуту. Доведено, що циркуляційний спосіб нагрівання більш енергоефективний, ніж статичний. На основі моделювання отримано залежності кінцевої температури мазуту на виході з підігрівача від температури пари та його витрати.

Ключові слова: коефіцієнт теплопередачі, статичний нагрів, паровий регістр, мазут, циркуляція.

ABSTRACT

Grekuliak R.V Improving the energy efficiency of heating fuel oil circulation.

Qualification graduation work for the degree of higher education of master's degree in specialty 144 - Thermal power engineering, supervisor IA Nazarenko. Zaporizhzhya National University. Faculty of Energy, Electronics and Information Technology, Department of Thermal Power Engineering and Hydropower Engineering, 2020.

The analysis of the ways of storing fuel oil is done. The calculation of the circulating method of heating the oil is done. It is proved that the circulating heating method is more energy efficient than static. Based on the simulation, the dependence of the final oil temperature on the outlet of the heater on the steam temperature and its flow rate are obtained.

Keywords: heat transfer coefficient, static heating, steam register, fuel oil, circulation

АННОТАЦИЯ

Грекуляк Р.В. Повышение энергетической эффективности систем циркуляционного нагрева мазута

Квалификационная выпускная работа для получения магистра по специальности 144 - Теплоэнергетика, научный руководитель И.А. Назаренко. Запорожский национальный универсистет. Факультет энергетики, электроники и информационных технологий, кафедра теплоэнергетики и гидроэнергетики, 2020.

Выполнен анализ способов хранения мазута. Выполнен расчет циркуляционного способа нагрева мазута. Доказано, что циркуляционный способ нагрева более энергоэффективный, чем статический. На основе моделирования получены зависимости конечной температуры мазута на выходе из подогревателя от температуры пара и его расхода.

Ключевые слова: коэффициент теплопередачи, статический нагрев, паровой регистр, мазут, циркуляция.

ЗМІСТ

ВСТУП……..7
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ ……9
1.1 Мазут, як паливо…….9
1.2 Аналіз існуючих способів обігріву ємностей при зберіганні мазуту……..12
1.3 Розрахунок теплового балансу для ділянки зберігання мазуту…...17
1.4 Фізична постановка задачі……19
1.5 Математична модель…….20
2 РОЗРОБКА РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ СИСТЕМ ЦИРКУЛЯЦІЙНОГО НАГРІВУ МАЗУТУ……26
2.1 Завдання розрахунку систем циркуляційного нагрівання мазуту....26
2.2 Експлуатаційні характеристики циркуляційного нагріву при постійній температурі на виході з підігрівача……35
2.3 Експлуатаційні характеристики циркуляційного нагріву при змінній температурі мазуту на виході з підігрівача…….44
2.4 Висновки до розділу …….50
3 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ І ОХОРОНА ПРАЦІ……52
3.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих факторів.52
3.2 Заходи з поліпшення умов праці……..53
3.3 Виробнича санітарія……..56
3.4 Електробезпека……..60
3.5 Пожежна безпека……...62
3.6 Розрахунок захисного заземлення……..…….63
ВИСНОВКИ……65
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ…….67

ВСТУП

Актуальність теми. Для більшості котелень і теплових електростанцій, що спалюють природний газ, мазут є резервним паливом, тому обладнання для його зливу, подачі і зберігання повинно забезпечувати надійну роботу системи мазут. Розігрів мазуту є одним з найважливіших ланок у системі мазут, так як він випереджає будь-яке переміщення мазуту в просторі. Проблеми, що виникають при традиційному розігріві мазуту парою, вирішуються при циркуляційному способі розігріву, так як через інтенсивне перемішування відкладень домішок не відбувається, немає відстою води на дні резервуару, скорочуються тепловтрати в навколишнє середовище. Прогрів циркуляційним способом після тривалого холодного зберігання мазуту забезпечує рівномірний розподіл температур в усьому обсязі резервуара, час розігріву при циркуляційному способі менше, ніж при вбудованих подогревателях.

Об'єкт дослідження – процеси теплообміну при нагріванні мазуту.

Предмет дослідження - вплив витрати та температури пари на кінцеву температуру мазуту у резервуарі.

Мета роботи – визначення впливу витрати та температури пари на кінцеву температуру мазуту у резервуарі.

Задачі дослідження. Для досягнення поставленої мети в роботі визначені наступні задачі:

- аналіз сучасного стану питання, щодо систем зберігання мазуту;

- визначення факторів, що впливають на процес нагрівання мазуту;

- отримання результатів досліджень та побудова графіків залежності кінцевої температури мазуту від витрати та температури пари.

Методи та засоби дослідження. Задачі дослідження вирішувались шляхом математичного моделювання та зі застосуванням розрахункового методу.

Практична цінність роботи полягає в розробці режимів нагрівання з метою підвищення енергоефективності циркуляційних систем зберігання мазуту.

Особистий внесок здобувача полягає у наступному:

- проведення комплексного аналізу літературних джерел щодо існуючих систем нагрівання та зберігання мазуту;

Постановка завдання та формулювання висновків виконувались під керівництвом к.т.н., доц. Назаренко І.А.

Апробація роботи. Положення роботи викладені на наступних конференціях:

- XXIV науково - технічна конференція студентів магістрантів, аспірантів і викладачів ЗДІА (м. Запоріжжя, 2019).

- IV Всеукраїнської науково – практичної конференції студентів, аспірантів, молодих вчених «Актуальні проблеми сучасної енергетики». (м. Херсон, 2019).

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота включає вступ, три розділи, висновки та список використаної літератури з 48 позицій. Загальний обсяг __сторінок .

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ’ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Мазут, як паливо

Мазут - це густа рідина темно-коричневого кольору, суміш важких залишків після відгону бензинів, гасу і газойля (википають при температурі менше (350…360) °С) з нафти або продуктів її вторинної переробки.

Також мазут можна отримувати з кам'яного вугілля і горючих сланців, але такі види мазуту вигідно використовувати тільки в місці виробництва, тому вони не виробляються в великих обсягах.

Мазут - це, по суті, суміш вуглеводнів (мають молекулярну масу 400-1000), нафтових смол (молек. масою 500…3000), карбенів, карбоїдів, асфальтенов і органічних сполук, що містять метали (такі, як V, Ni, Fe, Mg, Na, Ca). Фізико-хімічні властивості конкретної проби мазуту залежать від якості конкретної партії надійшов на завод сировини (нафта високосірчиста або високопарафіновая), режиму переробки, умов компаундирования і зберігання.

Хімічний склад мазутів: вуглець, водень, кисень, азот, сірка і зола. У складі в'язких мазутів - до 88,5 % вуглецю, до 11,5 % водню, а також підвищений відсоток сірки і азоту. У складі маловязких мазутів частка вуглецю менше, що знижує такі параметри, як в'язкість і щільність.

В залежності від способу переробки нафти виділяють:

– прямогонний мазут, що представляє собою суміш тяжких коксових залишків прямої переробки нафти з її малов’язкими фракціями. Для підтримання в’язкості у межах вимог стандарту до важкого залишку підмішують отриманий у результаті розгонки нафти дистилят;

– крекінг – мазут, представляє собою важкий високов’язкий залишок крекінг-процесу. У випадку невідповідності характеристик крекінг – мазуту вимогам стандарту його змішують у відповідних пропорціях з прямогонним мазутом.

Відповідно до ГОСТу 10585-75 встановлено наступне маркерування:

- флотський (марки Ф5 та Ф12);
- топочний (марки М40 та М100).

На окремих нафтопереробних заводах випускається мазут марки М200. Його подають по мазутопроводу в гарячому стані на близько розташовану ТЕЦ.

Флотські мазути відносяться до легких котельних палив. Топочні мазути марки М40 відносяться до категорії середніх. М100 та М200 - до категорії тяжких.

В залежності від місту сірки топочні мазути поділяють на ряд сортів:

- низькосірчані (S менше 0,5 %);
- малосірчані (S = (0,5…1,0) %);
- сірчані (S = (1,0…2,0) %);
- високосірчані (S = (2,0…3,5) %).

Як правило на котельні та електростанції поступають сірчані та високосірчані мазути. Основні споживачі мазуту - морський і річковий флот, сфера ЖКГ, промисловість.

Сфера застосування мазутів:

- як паливо для парових котлів, всіляких котельних установок і промислових печей (котельні топковий мазут, наприклад, М 100);
- як сировина для виробництва флотського (суднового) мазуту, важкого моторного палива для крейцкопфних дизелів і бункерного палива;
- як сировина для виробництва моторних масел, коксу, бітумів, мастил.

Вихід мазуту по масі - близько 50 % від початкової нафти. Оскільки нафту потребує все більшої глибині переробки, залишок її в вигляді мазуту також переробляють якомога повніше шляхом відгону під вакуумом дистилятів, що википають в межах (350…500) °С. З таких вакуумних дистилятів отримують моторні палива, а їх залишки використовують для

отримання залишкових мастильних масел і гудрону, який далі переробляється на бітум.

Показники якості мазуту повинні задовольняти вимогам стандарту:

1. В'язкість мазуту є одним з важливих показників якості мазуту. Способи зливних та наливних операцій, умови транспортування палива та ефективність роботи форсунок визначається в'язкістю. Вона впливає на швидкість осадження механічних домішок при зберіганні, транспортуванні та підігріванні мазуту. Таким чином, оскільки основу усіх технологічних процесів у мазутному господарстві складають гідродинамічні процеси, то в'язкість є основною характеристикою , що впливає на всі якісні, а через них на кількісні показники мазутного господарства.

В загальному випадку в'язкістю називають властивості рідини чинити опір переміщенню її шарів відносно один одного. Як фізична величина вона може бути виражена у вигляді динамічної або кінематичної в'язкості.

Мазут маркірується у відповідності до значень кінематичної в'язкості. На практиці в'язкість мазуту характеризують у градусах умовної в'язкості (°ВУ). Умовна в'язкість приблизно у 14700 раз більше динамічної в'язкості.

Для визначення кінематичної в'язкості використовується формула Вальтера

$$\nu = \left[10^{7{,}17 \cdot 10^9 / (t+273)} - 0{,}8 \right] \cdot 10^{-6},$$

де t – температура мазуту, °С.

2. Щільність мазутів різних марок коливається в широких межах.

$$\rho = [0{,}881 - 0{,}00304(t - 98)] \cdot 10^3.$$

Вплив тиску на щільність значно менший, ніж влив температури.

3. Питома теплоємність рідкого палива зі збільшенням температури підвищується.

$$c_p = 1736 + 2{,}5t.$$

4. Теплопровідність. Зі збільшенням температури теплопровідність рідкого палива знижується за лінійним законом

$$\lambda = [0{,}158 - 0{,}0002093 \cdot (t - 20)].$$

1.2 Аналіз існуючих способів обігріву ємностей при зберіганні мазуту

Основним призначенням мазутного господарства ТЕС або котельні є забезпечення безперебійної подачі до котлів підігрітого та відфільтрованого мазуту у необхідній кількості з відповідним тиском та в'язкістю. Необхідна кількість мазуту визначається навантаженням котлів. Тиск у лініях подачі мазуту та його в'язкість визначаються режимами роботи форсунок.

Виділяють:

- основне мазутне господарство, що розташовується на ТЕС, для яких мазут є основним видом палива;
- резервне, організоване на ТЕС, де основним видом палива є газ, а мазут спалюється у періоди його відсутності.
- аварійне, передбачено на станціях, основний та єдиний вид палива газ, а мазут використовується тільки при аварійному припиненні його подачі.
- растопочне мазутне господарство передбачено на усіх електростанціях, які використовують тверде паливо при камерному способі спалювання. Мазут служить для растопки та підсвічування факелу у топках котлів.

Особливості підігріву продуктів хімічної промисловості у вертикальних резервуарах розглядаються у роботах [3, 16, 17], де приділено увагу таким способам підігріву, як внутрішній підігрів, рециркуляційний та зовнішній.

Внутрішній підігрів здійснюється за допомогою змійовикових та секційних підігрівачів. Останні дають більший тепловий ефект та забезпечують невеликий гідравлічний опір. Недоліком такого способу підігріву є те, що при зберіганні продуктів у резервуарах без теплової ізоляції поверхня підігрівачів різко збільшується. Також на підігрівачах в процесі експлуатації осідають різні домішки, що призводить до зменшення коефіцієнта теплопередачі на (30…40) %. Це викликає необхідність у відповідному збільшенні поверхні підігрівача. Ці підігрівачі важко розмістити у резервуарі. Зменшення ж поверхні нагріву призводить до збільшення часу підігріву і до збільшення втрат у навколишнє середовище. Також до недоліків можна віднести проведення ремонту, що є складною операцією, тому що потребує відключення резервуара, зливу мазуту та складної підготовки для проведення ремонтних робіт.

При внутрішньому обігріві можливе також обводнення продукту, що підігрівається, і забруднення конденсату мазутом. Дана проблема виникає через поломку труб чи з'єднань у підігрівачі і неможливість їх ремонту без вимкнення резервуару і відповідної його підготовки.

Рециркуляційний метод підігріву є більш ефективним, ніж внутрішній підігрів. Даний метод має наступні переваги в порівнянні з внутрішнім підігрівом:

- досягається ефективне перемішування маси у резервуарі;

- попереджується обводнення продукту, що підігрівається;

- підвищується коефіцієнт теплопередачі, покращується процес теплообміну;

- дозволяє скоротити час підігріву в (1,7…4,3) разів;

- одним насосом і теплообмінником можна обслуговувати кілька резервуарів.

Даний метод підігріву прийнятий основним для теплових електростанцій.

Таким чином, при внутрішньому підігріві мазуту збільшується час його підігріву, та виникають великі втрати у навколишнє середовище, виникає ризик

обводнення мазуту. Рециркуляційний метод підігріву не має цих недоліків, але його реалізація вимагає великих фінансових затрат.

На рисунку 1.1 зображені схеми статичного (а) та циркуляційного (б) способів підігріву у резервуарах.

У роботах [2, 6] розглядаються типи підігрівачів мазуту: гладкотрубні підігрівачі, до яких відносяться секційні підігрівачі та підігрівачі типу “труба в трубі”, підігрівачі з поверхнею з подовжньо-реберних труб.

Гладкотрубні підігрівачі мають наступні недоліки: значні габарити і висока металоємність через низьку ефективність теплопередачі; важкість очистки внутрішньої поверхні труб від відкладень продукту, що нагрівається, внаслідок великої довжини труб і їх відносно малого діаметру; недостатня гідравлічна щільність пекної полості апаратів і неможливість використаня у циклі енергоустановки по цій причині конденсату пари без додаткової очистки.

Перевагами секційних підігрівачів є достатньо висока надійність і ефективність в перший період експлуатації. Недоліком є те, що відкладення на внутрішній поверхні труб різко знижує їх теплову потужність, що призводить до підвищеного гідравлічного опору підігрівачів і скороченню загальної тривалості їх роботи. Механічна очистка таких підігрівачів трудомістка через велику кількість рознімних з’єднань.

Основними недоліками підігрівачів типу “труба в трубі” є великі габарити, висока металоємність, велике число фланцевих з’єднань, незадовільно організоване відведення конденсату, внаслідок чого може виникнути його переохолодження, зниження температурного напору в апараті і погіршення нагріву продукту. Перевагою даного типу підігрівачів є відносно тривала безперервна робота підігрівача між чистками.

При використанні підігрівачів з поверхнею з подовжньо-реберних труб підвищенні швидкості мазуту дозволяє скоротити відкладення на поверхні труб, що збільшує коефіцієнт тепловіддачі цієї ділянки.

У роботі [1] розглядаються різні методи нагріву: водяною парою, проміжними теплоносіями або електричним струмом.

Перевагами методу обігріву парою є:

- високий коефіцієнт тепловіддачі;

- рівномірність обігріву.

При нагріванні проміжними теплоносіями проміжний теплоносій спочатку нагрівається топочними газами, а потім передає прийняте тепло продуктам, що підігріваються. В якості проміжних теплоносіїв використовуються мінеральні масла, перегріта вода, високотемпературні органічні теплоносії, розплавлені суміші солей і т. д. Перевагою такого методу є можливість недопущення навіть короткочасного перегріву продукту.

Нагрів електричним струмом дає можливість легко і дуже точно регулювати процес.

У роботі [6] наведено відомості про регенеративні і мережеві підігрівачі. Зокрема, про призначення і схеми їх вмикання, конструкції мережевих підігрівачів, тепловий розрахунок мережевих підігрівачів. Також в роботі описано призначення, принцип класифікації, характеристики підігрівачів мазуту теплових електричних станцій; схеми вмикання підігрівачів пеку в системи підготовки рідкого палива на теплових електричних станціях; тепловий розрахунок підігрівачів мазуту; наведено алгоритм і приклади перевірочних розрахунків підігрівачів пеку.

У роботі [7] розглядаються різні варіанти обігріву ємностей з мазутом по аналогії з нагрівом та замазочних мастил, питання зберігання яких на даний момент вже добре вивчені. Проводиться аналіз таких способів обігріву, як:

- обігрів за допомогою проміжних теплоносіїв, в якості яких застосовують водяну пару, гарячу воду і високотемпературні органічні теплоносії;

- електрообігрів.

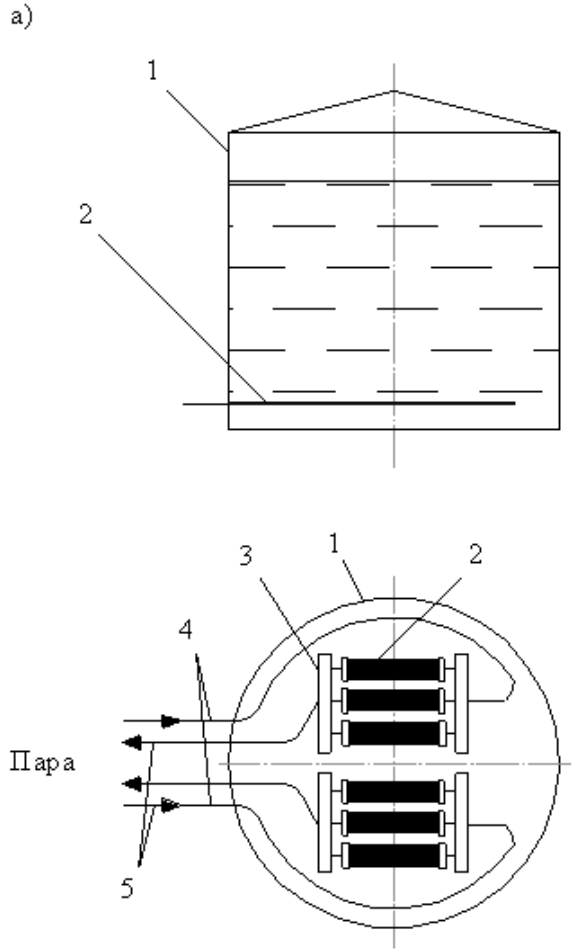
Також розглянуто різні методи обігріву, а саме:

1. Внутрішній обігрів:

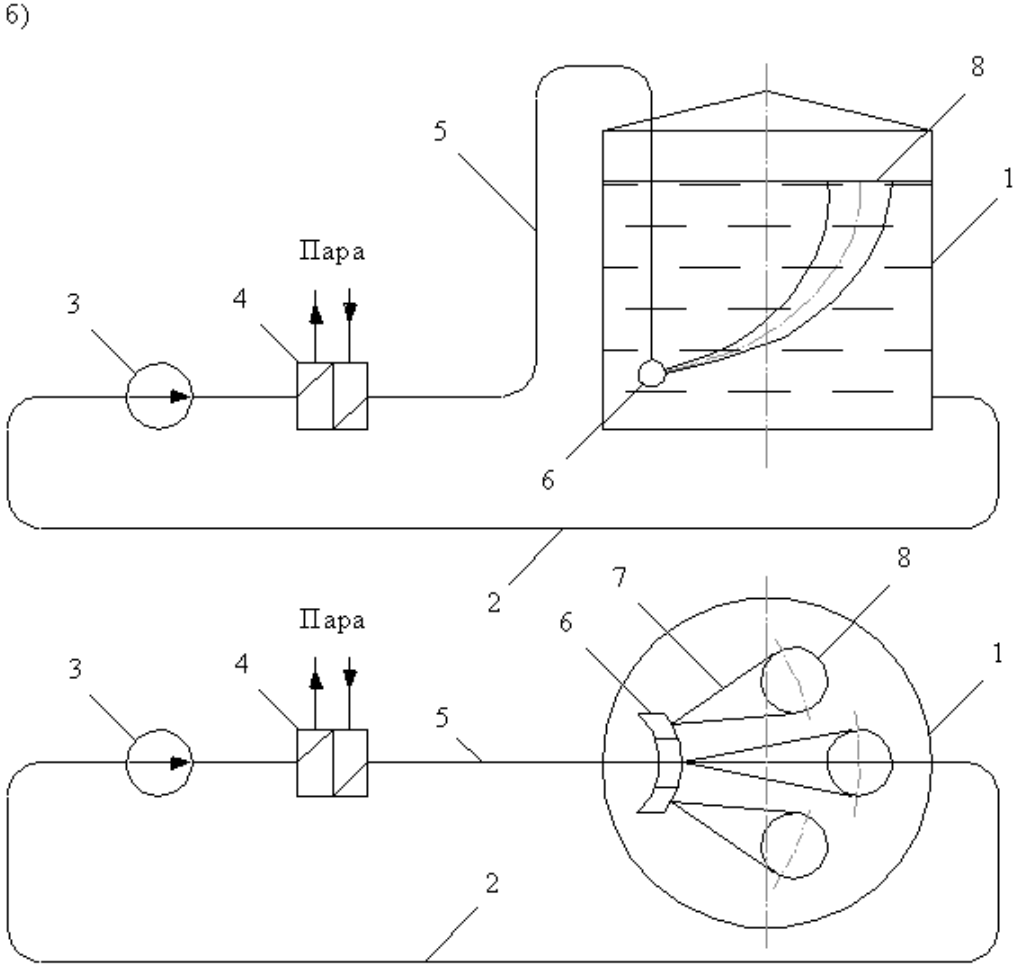
- за допомогою секційних підігрівачів, що мають високий тепловий ефект та невеликий гідравлічний опір, але їх важко розмістити у резервуарі, і їх

експлуатація супроводжується осадом механічних домішок, що зменшує коефіцієнт тепловіддачі на (30…40) %, може призвести до обводнення пеку та забруднення резервуару;

- місцевими підігрівачами у зоні заборної труби, що обігрівають всю масу продукту і є більш економічними.



1 – резервуар; 2- статичний підігрівач; 3- колектор; 4,5 – прямий та обратний трубопроводи



1 – резервуар; 2 – всмоктуючий трубопровід; 3 – насос рециркуляції; 4 – підігрівач рециркуляції; 5 – напірний трубопровід; 6 –колектор; 7 – насадки; 8 – затоплені струмені

Рисунок 1.1 – Схеми статичного (а) та циркуляційного (б) способів підігріву мазуту у резервуарах

2. Обігрів методом рециркуляції, що має ряд переваг:

– досягається ефективне перемішування маси у резервуарі;

– попереджується обводнення мазуту;

– підвищується ефективність теплопередачі, покращується процес теплообміну;

– скорочується тривалість підігріву;

– одним насосом і теплообмінником можна обслуговувати кілька ємностей.

Недоліком даного способу є велика кількість допоміжного обладнання та складність організації технологічного процесу.

Розглянуто наступні способи обігріву:

- газоповітряний розігрів пеку, що має наступні переваги:

1) на відміну від пари, має постійні параметри;

2) низька вартість;

3) гнучке регулювання часу обігріву;

4) екологічно чисте спалення газу.

- електрообігрів, переваги якого:

1) високий коефіцієнт корисної дії;

2) можливість періодичного використання;

3) можливість автоматизації управління;

4) відсутність забруднення повітряного басейну.

Недоліками електрообігріву є:

– можливість загоряння;

– складність технічного оснащення;

– великі капітальні затрати.

1.3 Розрахунок теплового балансу для ділянки зберігання мазуту

Спосіб розрахунку теплового балансу для ділянки зберігання мазуту, що проводиться в два етапи, наведено у роботі [18]. На першому етапі визначається кількість тепла, що витрачається на нагрівання мазуту до необхідної температури, на покриття втрат тепла у навколишню атмосферу або ґрунт. На другому етапі пропонується розрахувати спосіб підігріву з метою визначення його основних характеристик чи характеристик теплообмінного обладнання, що здійснює обігрів.

Також в роботі наведено методику розрахунку необхідної кількості пари на кожну ємність. Для цього пропонується спочатку визначити втрати тепла ємністю у навколишнє середовище, а потім – розрахувати витрату пари, що необхідна для компенсації цих втрат.

У роботі [19] містяться відомості про способи підігріву мазуту у резервуарах; наведено принципи класифікації резервуарів для зберігання рідкого органічного палива, методику теплового розрахунку систем циркуляційного підігріву мазуту у резервуарах.

Метою теплового розрахунку є визначення необхідних витрат теплоносія (пари).

Розрахунок теплових процесів зводиться до двох основних етапів.

На першому етапі необхідно визначити кількість теплоти необхідну для покриття витрат теплоти від резервуара у навколишню атмосферу або грунт і для підігріву мазуту у резервуарі до необхідних температур.

На другому етапі пропонується розрахувати спосіб підігріву з метою визначення його основних характеристик чи характеристик теплообмінного обладнання, що здійснює підігрів.

На першому етапі виділяються такі основні цілі:

- визначення початкової (вірогідної) температури мазуту у резервуарі;
- розрахунок втрат теплоти у навколишнє середовище; визначення кількості теплоти, що повинно компенсувати втрати і

забезпечити постійний додатковий підігрів мазуту до заданих кінцевих температур.

При цьому методика першого етапу складається з п’яти розрахункових блоків:

- визначення характерних площ поверхонь у резервуарі;
- визначення вірогідної температури мазуту при зберіганні його у резервуарі на протязі певного часу;
- визначення втрат теплоти від мазуту у резервуарі у навколишнє середовище за одиницю часу при нагріванні його до певної температури;
- визначення кількості теплоти, необхідної для підігріву мазуту до певної температури;
- визначення коефіцієнту теплопередачі від мазуту у резервуарі до навколишнього середовища.

Перевагою є те, що використання даних, отриманих в результаті розрахунків, робить можливим зниження витрат пари на обігрів ємностей з пеком при витриманні необхідного режиму підігріву і, в результаті, забезпечення необхідних властивостей пеку. Недоліком є те, що дані способи моделювання не дають можливості визначити розподіл поля температур у ємностях з пеком.

1.4 Фізична постановка задачі

З метою забезпечення необхідної якості мазуту та зменшення витрат пари та електроенергії шляхом впровадження раціонального виду обігріву ємностей зберігання мазуту необхідно провести математичне моделювання стаціонарного та циркуляційного способів нагріву мазуту у вертикальних ємностях з урахуванням властивостей мазуту та теплотехнічних властивостей ємностей і теплоносія (пари).

При моделюванні необхідно виявити залежності між рівнем мазуту в ємності, масою та температурою, до якої необхідно догріти мазут перед подачею його замовнику, витратою пари, яка необхідна для нагріву мазуту, та температурою навколишнього середовища, що оточує резервуар з мазутом.

Математичне моделювання повинно включати:

- складання рівнянь теплового балансів;

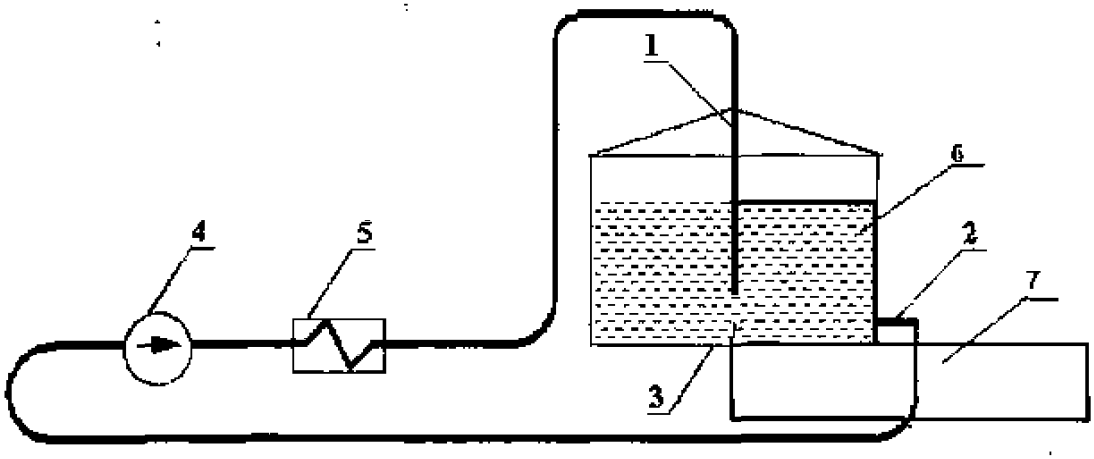
- диференційні рівняння, що описують процеси теплообміну;

- теоретичні залежності густини, теплоємності, теплопровідності та в'язкості мазуту від його виду та температури нагріву;

- обмеження на температуру нагріву мазуту (мазут необхідно нагрівати до температури, вищої за температуру його розм'якшення, але при цьому не можна, щоб його температура досягла температури самозапалення).

1.5 Математична модель

Розглядається класична схема установки для циркуляційного розігріву важкого рідкого палива (див. рис. 1.2), що складається з резервуара-сховища 6, теплообмінника 5, насосної установки 4 і мережі трубопроводів 1,2. У паромазутному теплообміннику 5 здійснюється підігрів мазуту до температури (70 ... 120) °С, в залежності від марки мазуту.



1 мазутопровод, 2 - система трубопроводів; 3 - резервуар-сховище; 4 - насос; 5 - паромазутні теплообмінник; 6 - мазут; 7 – грунт

Рисунок 1.2 - Схема установки для циркуляційного підігріву мазуту

Гарячий мазут подається в резервуар-сховище 3 по мазутопроводу 1, вісь якого збігається з віссю резервуара. Нагрітий мазут відводиться за допомогою системи трубопроводів 2, розташованих рівномірно по периметру резервуара поблизу дна. Циркуляція мазуту в системі здійснюється за допомогою насоса 4. Резервуар розглядається у вигляді трьох розрахункових областей: область, заповнена паливом 6, грунт під резервуаром 7 і огороджувальні конструкції резервуару 8,9 з прошарком повітря 10.

При постановці завдання система відвідних патрубків замінюється кільцевим каналом, прошарок повітря між вільною поверхнею палива і дахом резервуара вважається нерухомою, і перенесення теплоти в ній здійснюється тільки за рахунок теплопровідності.

Гідродинаміка і теплообмін в області, заповненої паливом 6, описується системою нестаціонарних двовимірних рівнянь Нав'є-Стокса, записаних в дивергентному вигляді, в циліндричній системі координат. Так як числа Рейнольдса невеликі і розрахункова область осесиметрична, то система вихідних рівнянь записана без спрощень:

$$\frac{\partial(r\,\rho)}{\partial t}+\frac{\partial(r\rho\,u)}{\partial z}+\frac{\partial(r\rho\,v)}{\partial r}=0\ ,$$

$$\frac{\partial(r\rho\,u)}{\partial t}+\frac{\partial(r\rho\,u\,u)}{\partial z}+\frac{\partial(r\rho\,v\,u)}{\partial r}=\frac{\partial}{\partial z}\left(r\mu\frac{\partial u}{\partial z}\right)+\frac{\partial}{\partial r}\left(r\mu\frac{\partial u}{\partial r}\right)+\frac{\partial(r\rho)}{\partial z}+r\rho\,g\,\beta(T-T_\infty)$$

$$\frac{\partial(r\rho\,v)}{\partial t}+\frac{\partial(r\rho\,u\,vu)}{\partial z}+\frac{\partial(r\rho\,v\,v)}{\partial r}=\frac{\partial}{\partial z}\left(r\mu\frac{\partial v}{\partial z}\right)+\frac{\partial}{\partial r}\left(r\mu\frac{\partial v}{\partial r}\right)-\frac{\partial(r\rho)}{\partial r}-\frac{2\,r\,v\,\mu}{r^2}$$

$$\frac{\partial(r\rho\,T)}{\partial t}+\frac{\partial(r\rho\,u\,T)}{\partial z}+\frac{\partial(r\rho\,v\,T)}{\partial r}=\frac{\partial}{\partial z}\left(r\frac{\lambda}{c}\frac{\partial T}{\partial z}\right)+\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\lambda}{c}\frac{\partial T}{\partial r}\right)\ .$$

В якості граничних умов для рівнянь збереження імпульсу на стінках резервуара використовуються умови прилипання, на вихідний кордоні - м'які умови

$$\left(\mu \frac{\partial u}{\partial r}\right)_{\Gamma} = 0.$$

В якості граничних умов на вхідний кордоні задається вектор швидкості μ_0, який визначається з рішення системи рівнянь, що описують спільну роботу насосної установки і мережі трубопроводів:

$$H_H = A - B \cdot Q^{2-m};$$

$$H_C = S \cdot Q^2;$$

$$u_0 = \frac{Q}{F},$$

де H_H - натиск насосної установки, м;

H_C - опір мережі, Па;

Q - продуктивність насосної установки (об'ємний витрата палива в циркуляційної мережі), $м^3$/год;

S - характеристика гідравлічного опору мережі, Па;

F - площа поперечного перерізу прямого трубопроводу, $м^2$.

A, B - емпіричні коефіцієнти, що визначаються за допомогою співвідношень:

$$A = H_0 + a \cdot Q_2 - b \cdot Q_2^2 + B_0 \cdot Q_2^{2-m},$$

$$B_0 = \frac{(Q_2 - Q_1)[-a + b(Q_1 + Q_2)]}{Q_2^{2-m} - Q_1^{2-m}},$$

$$B = 3600^{2-m} \cdot B_0,$$

де Q_1 и Q_2 - кордони робочої зони насоса по продуктивності

$$Q_1 = 0{,}8\ Q_0,$$

$$Q_2 = 1{,}2\ Q_0\ ,$$

де Q_0 - номінальна подача насоса, перерахована з води на в'язку рідину

$$Q_0 = k_Q \cdot Q_{0B}\ ;$$

m - коефіцієнт Лейбензона, що характеризує режим течії в'язкої рідини в трубах,

H_0 - напір насоса при роботі в номінальному режимі, перерахований з води на в'язку рідину за формулою

$$H_0 = k_H \cdot H_{0B}\ ;$$

a, b - емпіричні коефіцієнти, що залежать від типу, марки, продуктивності насоса і в'язкості рідини

$$a = a_0 \frac{k_H}{k_Q}; \qquad b = b_0 \frac{k_H}{k_Q},\ ,$$

k_H, k_Q - апроксимаційні коефіцієнти, що визначаються за співвідношенням

$$k_H = 1 - 0{,}28 \cdot \lg \frac{\mathrm{Re}_П}{\mathrm{Re}_H}, \qquad k_Q = k_H^{1{,}5}.$$

Перехідне число Рейнольдса

$$\mathrm{Re}_{\,П} = 3{,}16 \cdot 10^5 \cdot n_S^{-0.305},$$

де n_S - коефіцієнт швидкохідності насоса.

Число Рейнольдса, що характеризує режим течії в робочому колесі насоса

$$\mathrm{Re}_H = \frac{nD_2^2\rho}{\mu} ,$$

де n - число оборотів ротора насоса;

D_2 - діаметр робочого колеса насоса.

Характеристика гідравлічного опору мережі трубопроводів визначається на підставі відомих співвідношень для гідравлічного розрахунку трубопроводів. Так як в процесі розігріву в'язкість палива може змінюватися більш ніж в сто разів, то характеристика мережі і характеристика насоса є плаваючими. Робоча точка при цьому змінюється, отже, змінюється натиск і подача насосної установки.

При вирішенні системи рівнянь теплофізичні характеристики палива є відомими функціями температури. Наприклад, для мазуту марки М100 [1]:

$$\rho = 985{,}0 - 0{,}528\,(t - 20{,}0) ;$$

$$\mu = \rho\left[10^{\frac{7{,}17\cdot 10^9}{(273{,}15+t)^{3{,}745}}} - 0{,}8\right]\cdot 10^{-6} ;$$

$$c = 1738{,}0 + 2{,}5t ;$$

$$\lambda = 0{,}14 - 0{,}00021(t - 20{,}0) .$$

Граничні умови для рівняння збереження енергії в області 6 визначаються за допомогою рішення сполученої задачі теплопровідності для області підстави, стінок і даху з повітряним прошарком

$$\frac{\partial(r\rho\, T)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z}\left(r\frac{\lambda}{c}\frac{\partial T}{\partial z}\right) + \frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\lambda}{c}\frac{\partial T}{\partial r}\right) .$$

На зовнішній поверхні стінки і даху задаються граничні умови третього роду

$$-\lambda_{CT}\left(\frac{\partial T}{\partial n}\right)_n = \alpha_K (T_C - T_B) \ ,$$

де $\lambda_{ст}$ - коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки, найближчої до зовнішньої поверхні осередку;

T_c - температура на зовнішній поверхні стінки, що визначається методом ітерацій;

$\alpha_к$ - коефіцієнт тепловіддачі на зовнішній поверхні стінки. Для розрахунку $\alpha_к$ використовуються критеріальні рівняння виду [3]

$$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)^n \cdot \varepsilon.$$

Коефіцієнти критериального рівняння визначаються в залежності від режиму обдування резервуара.

Температурне поле в грунті визначається прямим чисельним інтеграцією рівняння теплопровідності з граничною умовою

$$\left(\frac{\partial T}{\partial z}\right)_Г = 0 \ ,$$

де Г - глибина, на якій температуру в даній кліматичній зоні можна вважати постійною.

2 РОЗРОБКА РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ СИСТЕМ ЦИРКУЛЯЦІЙНОГО НАГРІВУ МАЗУТУ

2.1. Завдання розрахунку систем циркуляційного нагрівання мазуту

При використанні наведеної методики розрахунку системи циркуляційного підігріву мазуту в резервуарах [7] виникає необхідність визначити режимні характеристики таких систем.

Розрахунок систем циркуляційного підігріву може проводитися для вирішення наступних завдань:

- для підтримання заданої температури мазуту в резервуарі;
- для нагрівання мазуту в резервуарі від температури t_0 до температури $t_к$. Результатом вирішення даного завдання буде визначення часу нагрівання мазуту.

Вихідними даними при розрахунку систем циркуляційного підігріву з одним резервуаром і одним підігрівачем є:

– температура мазуту, що надходить в резервуар після підігріву, $t_{вх1}$, °С;

– витрата мазуту, що відводиться з резервуара на технологію, G_2, кг/с.

Для формулювання математичної моделі теплогідравлічних процесів, що відбуваються в системі циркуляційного підігріву, розглядається резервуар (див. рис. 2.1) з початковими масою мазуту в ньому M_0 і температурою t_0.

При розрахунку системи циркуляційного підігріву мазуту в резервуарі приймаються наступні умови, що характеризують процес. З резервуара відводиться мазут з витратою G_1 і температурою t_1 в лінію циркуляційного підігрівання. Частина цього мазуту з витратою G_2 подається до споживача. Інша його частина $G_ц = (G_1-G_2)$ нагрівається в зовнішньому циркуляційному теплообміннику. Залежно від умов роботи температура мазуту на виході з підігрівача $t_{вих}$ (рівна його температурі на вході в резервуар $t_{вх1}$) може бути постійною, або змінною.

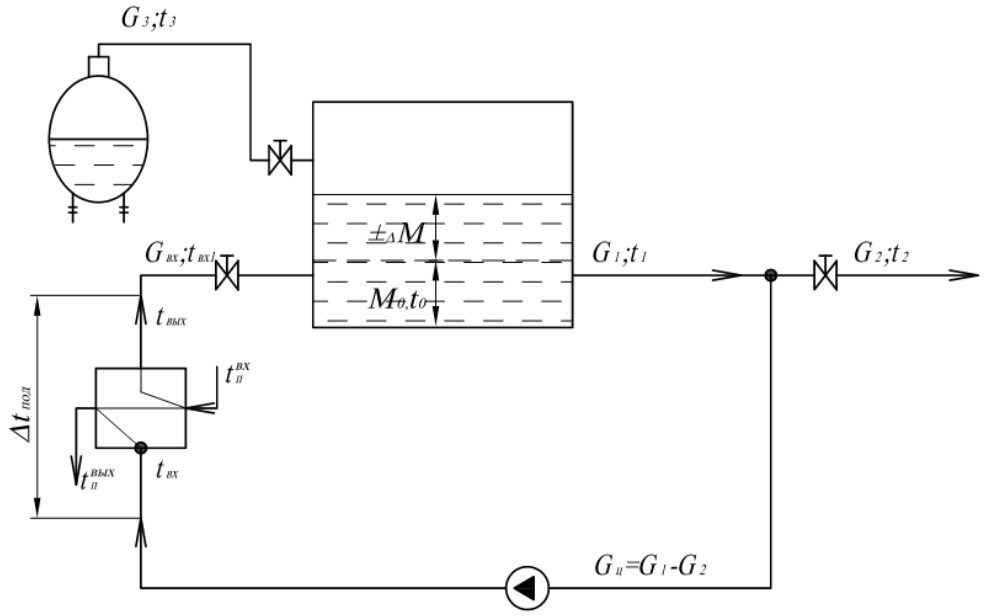


Рисунок 2.1 - Схема циркуляційного нагріву мазуту в резервуарі

У міру підігріву мазуту в резервуарі температура його на вході в підігрівач $t_{вх} = t$ збільшується, що призводить до підвищення $t_{вих} = t_{вх1}$. При цьому, як показали досвідчені дані З.І. Геллера [8-9], в першому наближенні збільшення температури мазуту в підігрівачі можна вважати постійним

$$\Delta t = t_{вх} = const.$$

У загальному випадку в резервуар також може подаватися мазут з витратою G_3, кг/с, і температурою $t_{вх3}$, °С, від залізничних цистерн.

Надалі необхідно визначити час нагрівання мазуту при зберіганні його резервуарах великої місткості як при постійній так і при змінній температурі мазуту на виході з зовнішнього підігрівача. Для цього потрібно скласти тепловий баланс системи з одним резервуаром і одним підігрівачем мазуту при циркуляційному способі нагріву. Отримати залежності температури мазуту від часу нагріву при різному заповненні резервуара і витрати мазуту, що циркулює в контурі.

2.2. Експлуатаціонние характеристики циркуляційного нагріву при постійній температурі на виході з підігрівача

Складемо рівняння елементарного теплового балансу для мазуту в резервуарі за проміжок часу $d\tau$. При цьому температура мазуту в резервуарі підвищується на dt [51].

Система циркуляційного нагріву мазуту (див. рис.2.1) складається з:

– маси мазуту, що надійшов в резервуар, $[G_3 + G_ц]d\tau$;

– маси мазуту, відведеного з резервуара, $G_1 d\tau$;

– маси мазуту, який перебував в резервуарі в момент τ, $M_0-(G_2 - G_3)\cdot\tau$.

При охолодженні мазуту масою $G_ц\, d\tau$ температура змінилася от $t_{вх1}$, до $t+dt$, таким чином, було передано кількість теплоти, Вт

$$dQ_{1,2} = c_м \cdot G_ц \cdot d\tau \cdot (t_{вх1} - (t - dt)), \qquad (2.1)$$

де $c_м$ – питома теплоємність мазуту, кДж/(кг·К).

Мазут масою $G_3 d\tau$ може віддавати теплоту, якщо $t_{вх3} > t + dt$, та отримувати теплоту, якщо $t_{вх3} < t + dt$. Задамося, що $t_{вх3} < t + dt$. Таким чином, мазут масою $G_3 dt$ нагрівся, та температура його підвищилася від $t_{вх3}$ до $t_{вых} = t + dt$, при цьому він отримав кількість теплоти

$$Q_3 = c_м \cdot G_3 \cdot d\tau \cdot ((t + dt) - t_{вх3}). \qquad (2.2)$$

Мазут, який перебував в резервуарі в момент часу τ, масою $M_0-\tau(G_2 - G_3)$ нагрівся від температури t до температури $t+dt$, при цьому він отримав кількість теплоти, Вт

$$Q = c_м \cdot (M - \tau \cdot (G_2 - G_3)) \cdot dt\,. \qquad (2.3)$$

За період часу dτ з резервуара в навколишнє середовище було передано кількість теплоти, Вт

$$Q_{пот} = k \cdot F \cdot d\tau \cdot (\frac{t + (t + dt)}{2} - t_{о.с.}), \qquad (2.4)$$

де k - коефіцієнт теплопередачі від мазуту в резервуарі в навколишнє середовище, Вт/(м^2·К);

F – площа поверхні резервуара, м^2;

$t_{о.с.}$ – температура навколишнього середовища, ºС.

Коефіцієнт теплопередачі для стінки резервуара, (м^2·К)/Вт

$$k = \left[\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2} \right]^{-1}$$

де α_1 - коефіцієнт тепловіддачі від мазуту до внутрішньої поверхні стінки резервуара, Вт/(м^2·К);

α_2 - коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні стінки резервуара в навколишнє середовище, $\alpha_2 = 6{,}4$ Вт/(м^2·К);

$R_c = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ - сумарний опір теплопровідності 2-х шарів стінки, (м^2·К)/Вт;

Число Рейнольдса для потоку гарячого теплоносія

$$\mathrm{Re}_{ж1} = \frac{W_1 \cdot H}{\nu_{ж1}},$$

де W_1 – швидкість руху мазуту в резервуарі, м/с;

Н – висота резервуара, м;

$\nu_{ж1}$ – коефіцієнт кінематичної в'язкості мазуту, м^2/с.

$$\mathrm{Re}_{ж1} = \frac{0{,}5 \cdot 9}{0{,}00347} = 1297.$$

Для ламінарного режиму руху

$$Nu_{ж1} = C \cdot \mathrm{Re}_{ж1}^{n} \cdot Gr_{ж1}^{m} \cdot \mathrm{Pr}_{ж1}^{0.43} \cdot \left(\frac{\mathrm{Pr}_{ж1}}{\mathrm{Pr}_{ст}} \right)^{0,25}.$$

Значення емпіричного коефіцієнта С, і показників ступеня m, n вибирають в залежності від режиму руху теплоносія. Для ламінарного режиму ($Re_ж$<2320) C = 0,15; n = 0,33; m = 0,1;

Число Грасгофа

$$Gr_{ж} = \frac{g \cdot d^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot \Delta t,$$

$$Gr_{ж} = \frac{9^3 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}75 \cdot 10^{-4} \cdot (185 - 160)}{0{,}01^2} = 96260.$$

Тоді

$$Nu_{ж1} = 0{,}15 \cdot 1297^{0.33} \cdot 96260^{0.1} \cdot 146898^{0.43} \cdot \left(\frac{46898}{241328} \right)^{0,25} = 559.$$

За числом Нуссельта знаходимо коефіцієнт тепловіддачі конвекцією $\alpha_{1к}$, $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$

$$\alpha_{1к} = \frac{Nu_{ж1} \cdot \lambda_{ж1}}{H},$$

$$\alpha_{1к} = \frac{559 \cdot 0{,}156}{9} = 9{,}7.$$

Розрахуємо коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м^2·К)

$$k = \left[\frac{1}{9{,}7} + \frac{0{,}012}{52{,}7} + \frac{0{,}04}{0{,}038} + \frac{1}{6{,}4} \right]^{-1} = 0{,}76$$

Складемо рівняння теплового балансу за період часу dτ

$$Q_{пер} = Q_{пол} + Q_{пот}; \qquad (2.5)$$

$$Q_{пер} = c_м \cdot G_ц \cdot d\tau \cdot (t_{вх1} - (t - dt));$$

$$Q_{пол} = Q_З + Q = c_м \cdot G_З \cdot d\tau \cdot (t + dt - t_{вхЗ}) + c_м \cdot (M_0 - (G_2 - G_З) \cdot \tau) dt;$$

$$Q_{пот} = k \cdot F \cdot d\tau \cdot (t + \frac{dt}{2} - t_{о.с.}).$$

Таким чином рівняння (2.5) прийме вид

$$c_м \cdot G_ц \cdot d\tau \cdot (t_{вх1} - t - dt) = c_{пек} \cdot G_З \cdot d\tau \cdot (t + dt - t_{вхЗ}) +$$

$$+ c_м \cdot (M_0 - \tau \cdot (G_2 - G_З)) dt + k \cdot F \cdot d\tau \cdot (t + \frac{dt}{2} - t_{о.с.}). \qquad (2.6)$$

Поділемо рівняння (2.6) на dτ та отримаємо

$$c_м \cdot G_ц \cdot d\tau \cdot (t_{вх1} - t - dt) = c_м \cdot G_З \cdot d\tau \cdot (t + dt - t_{вхЗ}) +$$

$$+ c_м \cdot (M_0 - \tau \cdot (G_2 - G_З)) \frac{dt}{d\tau} + k \cdot F \cdot d\tau \cdot (t + \frac{dt}{2} - t_{о.с.}). \qquad (2.7)$$

Перейдемо у рівнянні (2.7) до ліміту при dτ → 0, при цьому dt → 0

$$c_{пек} \cdot G_ц \cdot (t_{вх1} - t) = c_м \cdot G_З \cdot (t - t_{вхЗ}) + c_м \cdot (M_0 - \tau \cdot (G_2 - G_З) \frac{dt}{d\tau} + k \cdot F \cdot (t - t_{о.с.}). \qquad (2.8)$$

Початкова умова для температури

$$t(0) = t_x. \qquad (2.9)$$

Знайдемо рішення рівняння (2.8). Для цього перепишемо його у вигляді

$$c_м \cdot (M_0 - \tau \cdot (G_2 - G_3))dt / d\tau + [c_м \cdot (G_3 + G_ц) + k \cdot F] \cdot t =$$

$$= c_{м.}(G_3 t_{вх3} + (G_1 - G_2) \cdot t_{вх1}) + k \cdot F \cdot t_{о.с.}. \qquad (2.10)$$

Поділимо вираз (2.10) на $c_м \cdot (M_0 - \tau \cdot (G_2 - G_3))$ при цьому отримаємо

$$\frac{dt}{d\tau} + \frac{[c_м(G_3 + G_ц) + kF]}{c_м \cdot (M_0 - \tau \cdot (G_2 - G_3))} t = \frac{c_м \cdot (G_3 \cdot t_{вх3} + G_ц \cdot t_{вх1}) + k \cdot F}{c_м \cdot (M_0 - \tau \cdot (G_2 - G_3))}. \qquad (2.11)$$

Введемо позначення

$$P(\tau) = \frac{[c_м \cdot (G_3 + G_ц) + k \cdot F]}{c_м \cdot (M_0 - \tau \cdot (G_2 - G_3))};$$

$$Q(\tau) = \frac{c_м \cdot (G_3 \cdot t_{вх3} + G_ц) \cdot t_{вх1}) + k \cdot F}{c_м \cdot (M_0 - \tau \cdot (G_2 - G_3)}.$$

Таким чином, (2.11) прийме вид

$$\frac{dt}{d\tau} + P(\tau) \cdot t = Q(\tau). \qquad (2.12)$$

Рішенням такого рівняння є наступна функція

$$t = e^{-\int P(\tau) d\tau}(C_0 + \int Q(\tau) e^{\int P(\tau) d\tau} d\tau), \qquad (2.13)$$

де C_0 - довільна константа, що визначається з початкових умов.

Знайдемо конкретний вид формули (2.13). З урахуванням позначень, що були введені та після відповідних перетворювань $\int P(\tau)$:

$$\int \frac{[c_м \cdot (G_3 + G_ц) + k \cdot F]}{c_м \cdot (M_0 - \tau \cdot (G_2 - G_3))} d\tau = -\frac{c_м \cdot (G_3 + G_ц) + k \cdot F}{c_м \cdot (G_2 - G_3)} \ln(M_0 - \tau \cdot (G_2 - G_3)) \ , \qquad (2.14)$$

Аналогічно визначимо $\int Q(\tau) e^{\int P(\tau) d\tau} d\tau$

$$\int \frac{[c_м \cdot (G_3 \cdot t_{вк3} + G_ц \cdot t_{вк1}) + k \cdot F \cdot t_{о.с.}]}{c_м \cdot (M_0 - \tau \cdot (G_2 - G_3))} \cdot e^{-\frac{c_м \cdot (G_3 + G_ц) + k \cdot F}{c_м \cdot (G_2 - G_3)} \ln(M_0 - \tau (G_2 - G_3))} d\tau =$$

$$= \frac{c_м \cdot (G_3 t_{вх3} + (G_ц) \cdot t_{вх1}) + k \cdot F \cdot t_{о.с.}}{c_м \cdot (G_3 + G_ц) + k \cdot F} \cdot (M_0 - \tau \cdot (G_2 - G_3)) \cdot e^{-\frac{c_м \cdot (G_3 + G_ц) + kF}{c_м \cdot (G_2 - G_3)}} \qquad (2.15)$$

Тоді (2.13) прийме вид

$$t = e^{-\frac{c_м \cdot (G_3 + G_ц) + k \cdot F}{c_м \cdot (G_2 - G_3)} \ln(M_0 - \tau \cdot (G_2 - G_3)) \cdot}$$

$$\cdot \left(C_0 + \frac{c_м \cdot \left(G_3 \cdot t_{вх3} + G_ц \cdot t_{вх1}\right) + k \cdot F t_{о.с.}}{c_м \cdot \left(G_3 + G_ц\right) + k \cdot F} \cdot \left(M_0 - \tau \cdot \left(G_2 - G_3\right)\right) \cdot e^{-\frac{c_м \cdot (G_3 + G_ц) + kF}{c_м \cdot (G_2 - G_3)}} \right),$$

або

$$t = \left(M_0 - \tau \cdot \left(G_2 - G_3\right)\right) e^{\frac{c_м \cdot \left(G_3 + G_ц\right)) + k \cdot F}{c_м \cdot (G_2 - G_3)} \cdot}$$

$$\cdot \left(\begin{array}{l} C_0 + \dfrac{c_м \cdot \left(G_3 \cdot t_{вх3} + G_ц \cdot t_{вх1}\right) + k \cdot F \cdot t_{о.с.}}{c_м \cdot \left(G_3 + G_ц\right) + k \cdot F} \cdot \\ \\ \cdot \left(M_0 - \tau \cdot \left(G_2 - G_3\right)\right) e^{-\frac{c_м \cdot (G_3 + (G_ц) + k \cdot F}{c_м \cdot (G_2 - G_3)}} \end{array} \right) =$$

$$= C_0 \cdot \left(M_0 - \tau \cdot \left(G_2 - G_3\right)\right)^{\frac{c_м \cdot \left(G_3 + G_ц\right) + k \cdot F}{c_м \cdot (G_2 - G_{3)}}} +$$

$$+ \frac{c_м \cdot \left(G_3 t_{вх3} + G_ц \cdot t_{вх1}\right) + k \cdot F \cdot t_{о.с.}}{c_м \cdot \left(G_3 + G_ц\right) + k \cdot F} . \qquad (2.16)$$

Для визначення константи C_0 підставимо умову (2.9) в (2.16)

$$t(0) = t_x = C_0 \cdot M_0^{\frac{c_м \cdot \left(G_3 + G_ц\right) + k \cdot F}{c_м \cdot (G_2 - G_3)}} + \frac{c_м \cdot \left(G_3 \cdot t_{вх3} + G_ц \cdot t_{вх1}\right) \cdot k \cdot F \cdot t_{о.с.}}{c_м \cdot \left(G_3 + G_ц\right) + k \cdot F} . \qquad (2.17)$$

Після перетворювань

$$C_0 = \frac{\left(c_м \cdot \left(G_3 + G_ц + k \cdot F\right) \cdot t_x - c_м \cdot \left(G_3 \cdot t_{вх3} + G_ц \cdot t_{вх1}\right)\right) + k \cdot F \cdot t_{о.с.}}{c_м \cdot \left(G_3 + G_ц\right) + k \cdot F} \times$$

$$\times M_0^{-\frac{c_м \cdot \left(G_3 + G_ц\right) + k \cdot F}{c_м \cdot (G_2 - G_3)}} . \qquad (2.18)$$

Підставивши зC_0 у формулу (2.16), отримаємо

$$t = \frac{\left(c_м \cdot \left(G_3 + G_ц + k \cdot F\right) \cdot t_x - c_м \cdot \left(G_3 \cdot t_{вх3} + G_ц \cdot t_{вх1}\right)\right) + k \cdot F \cdot t_{о.с.}}{c_м \cdot \left(G_3 + G_ц\right) + k \cdot F} \times$$

$$\times M_0^{-\frac{c_м \cdot \left(G_3 + G_ц\right) + k \cdot F}{c_м \cdot (G_2 - G_3)}} \cdot \left(M_0 - \tau \cdot \left(G_2 - G_3\right)\right)^{\frac{c_м \cdot \left(G_3 + G_ц\right) + k \cdot F}{c_м \cdot (G_2 - G_3)}} +$$

$$+ \frac{c_м \cdot \left(G_3 \cdot t_{вх3} + G_ц \cdot t_{вх1}\right) + k \cdot F \cdot t_{о.с.}}{c_м \cdot \left(G_3 + G_ц\right) + k \cdot F} . \qquad (2.19)$$

Для скорочення запису введемо позначення

$$A = c_м \cdot \left(G_3 + G_ц\right) + k \cdot F ;$$

$$B = c_м \cdot \left(G_3 t_{вх3} + G_ц \cdot t_{вх1}\right) + k \cdot F \cdot t_{о.с.} ; \qquad (2.20)$$

$$C = c_м \cdot (G_2 - G_3).$$

Тоді рівняння (2.19) прийме вид

$$t = \frac{A \cdot t_x - B}{A} M_0^{-A/C} \left(M_0 - \tau \cdot (G_2 - G_3)\right)^{A/C} + \frac{B}{A}. \qquad (2.21)$$

Після перетворення виразу (2.21) отримаємо

$$\tau = \frac{M}{G_2 - G_3}\left(-\left[\frac{A}{At_x - B}\left(t - \frac{B}{A}\right)\right]^{C/A} + 1\right). \qquad (2.22)$$

Рівняння (2.22) можна використовувати для визначення часу $\tau_к$, який потрібен для підігріву мазуту у резервуарі до заданого значення кінцевої температури $t_к$. Для цього необхідно підставити $t_к$ у формулу (2.21) замість *t*. При цьому отримаємо

$$\tau_K = \frac{M}{G_2 - G_3}\left(-\left[\frac{A}{A \cdot t_x - B}\left(t_K - \frac{B}{A}\right)\right]^{C/A} + 1\right). \qquad (2.23)$$

Розглянемо три варіанти, що можливі при нагріванні мазуту:

1. У резервуар не подається мазут зовні $G_3 = 0$ (зливання з цистерн не відбувається).

2. У резервуар не подається мазут зовні $G_3 = 0$, а витрата мазуту на технологію G_2 мала.

3. Витрата мазуту на технологію дорівнює витраті мазуту, який подається з цистерн $G_2 = G_3$. Маса мазуту у резервуарі залишається постійною.

4. У резервуар не подається зовні мазут $G_3 = 0$ і не витрачається мазут на технологію $G_2 = 0$.

Перший випадок(У резервуар не подається мазут зовні $G_3 = 0$)

Для такого випадку (2.20) – (2.23) мають вигляд

$$\left.\begin{aligned} A_1 &= c_м \cdot G_ц + k \cdot F\,; \\ B_1 &= c_м \cdot G_ц \cdot t_{вх1} + k \cdot F \cdot t_{о.с.}\,; \\ C_1 &= c_м \cdot G_2\,. \end{aligned}\right\} \qquad (2.24)$$

$$t = \frac{A_1 \cdot t_x - B_1}{A_1} M^{-A_1/C_1} \left(M - \tau \cdot G_2\right)^{A_1/C_1} + \frac{B_1}{A_1}\ ; \qquad (2.25)$$

$$\tau = \frac{M}{G_2}\left(- \left[\frac{A_1}{A_1 \cdot t_x - B_1} \left(t - \frac{B_1}{A_1} \right) \right]^{C_1/A_1} + 1 \right); \qquad (2.26)$$

$$\tau_K = \frac{M}{G_2}\left(- \left[\frac{A_1}{A_1 \cdot t_x - B_1} \left(t_K - \frac{B_1}{A_1} \right) \right]^{C_1/A_1} + 1 \right). \qquad (2.27)$$

Вищенаведені рівняння покладені в основу написання програми по визначенню зміни таких основних експлуатаційних характеристик як витрата мазуту на технологію, витрата циркулюючого мазуту, маса мазуту, що постійно знаходиться в резервуарі протягом часу. Результати досліджень показані на рисунках 2.2-2.4.

В якості вихідних даних прийняті:

– температура навколишнього середовища $t_{о.с.}$= -21 ºС;

– коефіцієнт теплопередачі від мазуту у резервуарі в навколишнє середовище, k = 0,76 Вт/(м^2·К);

– питома теплоємність мазуту $c_м$=1767 кДж/кг;

– початкова температура мазуту у резервуарі t_x=*60 °С*.

– витрата мазуту, що відводиться з резервуару у лінію циркуляційного підігріву, G_1=66,66 кг/с;

– витрата мазуту, що відводиться споживачеві G_2=33,33 кг/с;

– витрата мазуту від цистерн, G_3=20,0 кг/с;

– температура мазуту, що підводиться до резервуару від цистерн, $t_{вх3}$= *60°С;*

– температура мазуту, на виході з підігрівача (дорівнює температурі $t_{вх}$ його на вході до резервуару), $t_{вих}$=125 *°C;*

Первинну масу мазуту у резервуарі, М приймемо змінною величиною, для того що б проаналізувати вплив даного параметра на темп нагрівання. Температура мазуту, що відводиться від резервуара в лінію циркуляційного підігріву t, є шуканої величиною. Результати впливу витрати циркулюючого мазуту для підземного та наземного резервуарів для першого випадку ($A-c_м(G_2-G_3) > 0$) представлені на рисунку 2.2, а для другого випадку ($A-c_м(G_2-G_3) < 0$) на рисунку 2.3.

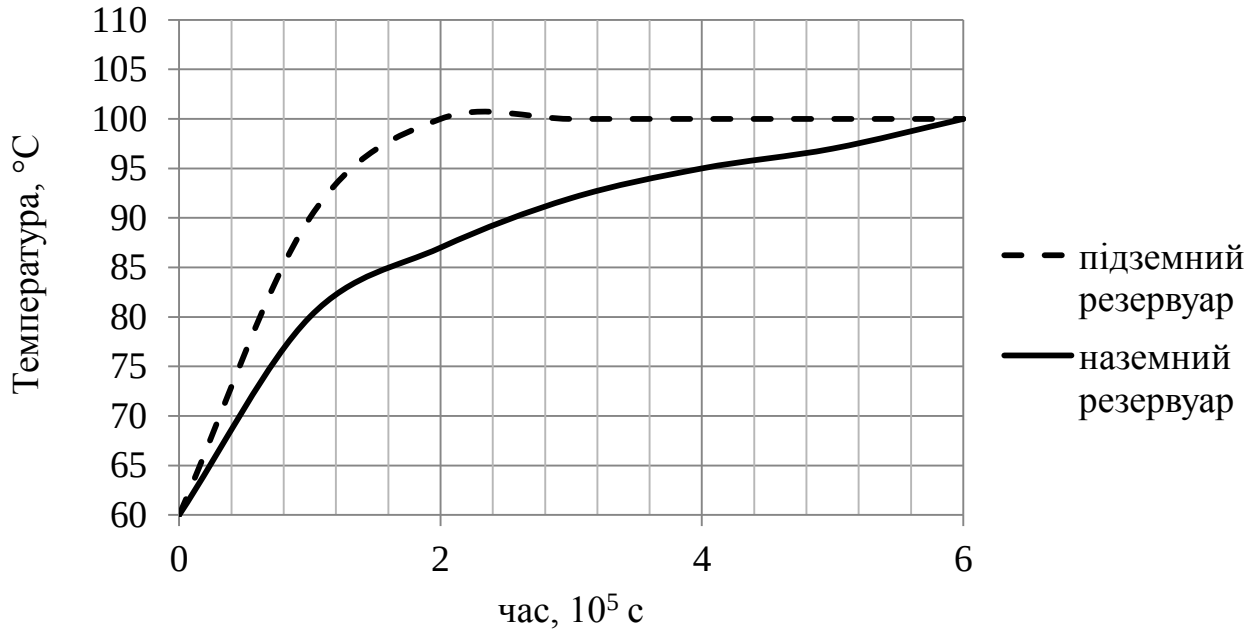


Рисунок 2.2 - Зміна температури мазуту в часі (перший випадок ($A-c_м(G_2-G_3) > 0$)

Максимальна температура за даних умов може складати 100 °С. Зниження темпу нагрівання обумовлено тим, що кількість холодного мазуту, який поступає до резервуару від іншого обладнання, по відношенню до кількості мазуту в резервуарі постійно збільшується.

Як видно з рисунку 2.2 у наземному резервуарі об’ємом 3000 м^3 мазут підігрівається значно швидше, ніж у підземному резервуарі об’ємом

10000 м^3. Так, наприклад, через 0,5 10^5 с від початку нагрівання темп його для резервуару 3000 м^3 0,0036 °С/с, а для резервуару 10000 м^3 0,0023 °С/с.

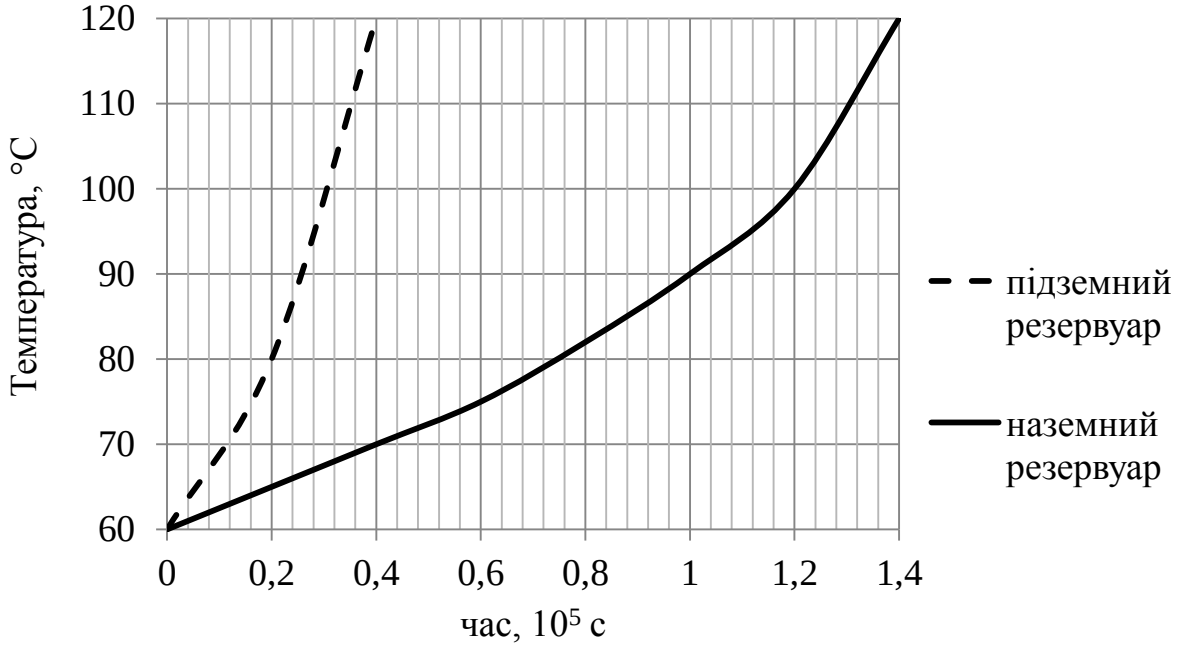


Рисунок 2.3 - Зміна температури мазуту в часі другий випадок ($A-c_м(G_2-G_3)<0$)

Даний випадок відповідає більш інтенсивному зменшенню кількості мазуту в резервуарі, так як він відводиться не тільки до форсунок котлів, але ще і до другого резервуару. Від іншого обладнання до резервуару мазут не підводиться.

Кількість мазуту в резервуарі зменшується на G_2 = 66,66 кг/с. максимальна температура, яка може бути досягнена 125 °С.

Третій випадок ($G_3 = 0$, а витрата на технологію G_2 мала). В першому наближенні можна вважати, що маса мазуту в резервуарі змінюється не значно.

Запишемо (2.25), підставивши в нього вираз для C_1 з (2.24):

$$t = \frac{A_1 \cdot t_x - B_1}{A_1} \cdot M_0^{-\frac{A_1}{c_м \cdot G_2}} \left(M - \tau \cdot G_2\right)^{\frac{A_1}{c_м \cdot G_2}} + \frac{B_1}{A_1}, \qquad (2.28)$$

або

$$t = \frac{A_1 \cdot t_x - B_1}{A_1}\left(1 - \frac{\tau}{M_0} \cdot G_2\right)^{\frac{A_1}{c_м \cdot G_2}} + \frac{B_1}{A_1}. \qquad (2.29)$$

При $G_2 \to 0$

$$D = \left(1 - \frac{\tau}{M_0} \cdot \mathrm{G}_2\right)^{\frac{A_1}{c_м \cdot G_2}}. \qquad (2.30)$$

дає невизначеність виду 1^{∞}.

Для отримання ліміту цього виразу введемо нову змінну

$$y = -\frac{M_0}{\tau \cdot G_2}. \qquad (2.31)$$

Звідси

$$G_2 = -\frac{M_0}{\tau \cdot y}. \qquad (2.32)$$

Отже, якщо $G_2 \to 0$, то $y \to \infty$.

Підставимо вираз (2.31) у формулу (2.30), тоді

$$D = \left(1 + \frac{1}{y}\right)^{-\frac{A_1 \tau y}{c_м M}} = \left[\left(1 + \frac{1}{y}\right)y\right]^{-\frac{A_1 \tau}{c_м M}}. \qquad (2.33)$$

Відомо, що

$$\lim_{y \to \infty}\left(1 + \frac{1}{y}\right)^{y} = e. \qquad (2.34)$$

Тоді при $G_2 \to 0$ будемо мати

$$D \approx e^{-\frac{A_1 \tau}{c_м M_0}}. \qquad (2.35)$$

При цьому (2.29) можно записати у вигляді

$$t = \frac{A_1 t_x - B_1}{A_1} e^{-\frac{A_1 \cdot \tau}{c_м \cdot M}} + \frac{B_1}{A_1} = \frac{B_1}{A_1} - \frac{B_1 - A_1 t_x}{A_1} e^{-\frac{A_1}{c_м \cdot M}} . \qquad (2.36)$$

Перетворемо (2.36)

$$\left(\frac{B_1}{A_1} - t \right) \frac{A_1}{B_1 - A_1 t_x} = e^{-\frac{A_1}{c_м M}} . \qquad (2.37)$$

Пролагорифмуємо (2.37) та отримаємо

$$\ln \frac{B_1 - A_1 \cdot t}{B_1 - A_1 \cdot t_x} = -\frac{A_1}{c_м \cdot M} , \qquad (2.38)$$

звідси

$$\tau = -\frac{c_м \cdot M}{A_1} \ln \frac{B_1 - A_1 \cdot t}{B_1 - A_1 \cdot t_x} , \qquad (2.39)$$

або

$$\tau = -\frac{c_м \cdot M}{A_1} \ln \frac{B_1 - A_1 \cdot t_x}{B_1 - A_1 \cdot t} . \qquad (2.40)$$

Підставимо у (2.40) вираз для A_1 і B_1 з (2.24) та запишемо

$$\tau = \frac{c_м \cdot M}{c_м \cdot (G_1 - G_2) + k \cdot F} \cdot$$

$$\ln \frac{c_м \cdot (G_1 - G_2) \cdot t_{вх1} + k \cdot F \cdot t_{о.с.} - (c_м \cdot (G_1 - G_2) + k \cdot F) \cdot t_x}{c_м \cdot (G_1 - G_2) \cdot t_{вх1} + k \cdot F \cdot t_{о.с.} - (c_м \cdot (G_1 - G_2) + k \cdot F) \cdot t} . \qquad (2.41)$$

Після перетворювань з (2.41) отримаємо

$$\tau = \frac{c_м \cdot M}{c_м \cdot (G_1 - G_2) + k'' \cdot F} \cdot \ln \frac{c_м \cdot (G_1 - G_2) \cdot (t_{вх1} - t_x) - k \cdot F \cdot (t_x - t_{о.с.})}{c_м \cdot (G_1 - G_2) \cdot (t_{вх1} - t) - k \cdot F \cdot (t - t_{о.с.})}. \qquad (2.42)$$

Підставивши у (2.42) $t=t_K$ маємо

$$\tau_K = \frac{c_м \cdot M}{c_м \cdot (G_1 - G_2) + k''F} \cdot$$

$$\ln \frac{c_м \cdot (G_1 - G_2) \cdot (t_{вх1} - t_x) - k \cdot F \cdot (t_x - t_{о.с.})}{c_м \cdot (G_1 - G_2) \cdot (t_{вх1} - t_K) - k \cdot F \cdot (t_K - t_{о.с.})}. \qquad (2.43)$$

Рівняння (2.43) співпадає з рівнянням, отриманим З.І. Геллером [73].

Третій випадок (G_2 - G_3 = О, тобто $G_2 = G_3$). Як і для другого випадку, маса мазуту в резервуарі залишається не змінною. Введемо змінну:

$$y = -\frac{M}{\tau \cdot (G_2 - G_3)}, \qquad (2.44)$$

при цьому $G_2 - G_3 = -\frac{M}{\tau \cdot y}$.

При G_2 - $G_3 \to 0$ змінна $y \to \infty$.

У (2.21) перейдемо до ліміту при $y \to 0$:

$$t = \lim_{y \to \infty} \left(\frac{B_2}{A_2} - \frac{B_2 - A_2 t_x}{A_2} \left(1 + \frac{1}{y}\right)^{-\frac{A_2 \tau y}{c_м \cdot M}} \right) = \frac{B_2}{A_2} - \frac{B_2 - A_2 \cdot t_x}{A_2} e^{-\frac{A_2 \cdot \tau}{c_м M}}, \qquad (2.45)$$

де

$$A_2 = c_м \cdot G_2 + k'' \cdot F;$$

$$B_2 = c_м\left(G_2 \cdot \left(t_{вх3} - t_{вх1}\right) + \cdot G_1 \cdot t_{вх1}\right) + k'' \cdot F \cdot t_{о.с.}. \qquad (2.46)$$

Запишемо (2.45) у вигляді

$$\left(\frac{B_2}{A_2} - t\right)\frac{A_2}{B_2 - A_2 t_x} = e^{-\frac{A_2}{c_м \cdot M}} \qquad (2.47)$$

Прологарифмуємо (2.47) та отримаємо

$$\ln\frac{B_2 - A_2 t}{B_2 - A_2 t_x} = -\frac{A_2}{c_м \cdot M}.$$

Тоді

$$\tau = \frac{c_м \cdot M}{A_2}\ln\frac{B_2 - A_2 \cdot t_x}{B_2 - A_2^* \cdot t}. \qquad (2.48)$$

Подставивши у (2.48) t_K замість t, отримаємо

$$\tau_K = \frac{c_м M}{A_2^*}\ln\frac{B_2^* - A_2^* t_x}{B_2^* - A_2^* t_K}. \qquad (2.49)$$

IV. *Розглянемо випадок, коли $G_3 = 0$ и $G_2 = 0$.* Підставивши $G_2 = 0$ в (2.45-2.46) та (2.48-2.49), отримаємо

$$t = \frac{B_3}{A_3} - \frac{B_3 - A_3 t_x}{A_3} e^{-\frac{A_3 \cdot \tau}{c_м \cdot M}}, \qquad (2.50)$$

де

$$\left.\begin{aligned} A_3 &= k \cdot F; \\ B_3 &= c_м \cdot G_1 \cdot t_{вх1} + k \cdot F \cdot t_{о.с.}. \end{aligned}\right\} \qquad (2.51)$$

$$\tau = \frac{c_м M}{A_3^*} \ln \frac{B_3^* - A_3^* t_x}{B_3^* - A_3^* t} . \qquad (2.52)$$

Підставивши в (2.52) t_K замість t, отримаємо

$$\tau_K = \frac{c_м \cdot M}{A_3} \ln \frac{B_3 - A_3 \cdot t_x}{B_3 - A_3 \cdot t_K} . \qquad (2.53)$$

З урахуванням (2.51) запишемо

$$t = \frac{c_м \cdot G_1 \cdot t_{вх1} + k \cdot F \cdot t_{о.с.}}{c_м \cdot G_1 + k \cdot F} - \frac{c_м \cdot G_1 \cdot (t_{вх1} - t_x) + k \cdot F \cdot (t_x - t_{о.с.})}{c_м \cdot G_1 + k \cdot F} e^{\frac{k \cdot F \cdot \tau \cdot c_м \cdot G_1}{c_м \cdot M}} \qquad (2.54)$$

$$\tau = \frac{c_м \cdot M}{k'' \cdot F} \ln \frac{c_м \cdot G_1 \cdot (t_{вх1} - t_x) - k \cdot F \cdot (t_x - t_{о.с.})}{c_м \cdot G_1 \cdot (t_{вх1} - t_x) - k \cdot F \cdot (t - t_{о.с.})} . \qquad (2.55)$$

Порівнявши випадок III і IV, видно, що кількість пеку в резервуарах залишається постійним, але з огляду на те, що в разі III в резервуар підводитися пек з меншою температурою від залізничних цистерн, то температура пеку в ємності нижче, ніж в разі IV. Отже, час нагріву для випадку IV теж буде менше.

2.3. Експлуатаційні характеристики циркуляційного нагріву при змінній температурі мазуту на виході з підігрівача

Даний випадок відповідає великий теплової потужності зовнішнього підігрівача циркуляційної системи. При цьому будемо вважати, що

$$\Delta t = t_{вых} - t_{вх} = const ,$$

$$t_{вх3} = const\ .$$

Складемо рівняння теплового балансу. Скористаємося для цього рівнянням (2.8), підставивши в нього вираз

$$t_{вх1} = t + \Delta t\,, \tag{2.56}$$

Тоді отримаємо

$$\begin{aligned} &c_м \cdot G_ц \cdot (t + \Delta t - t) = \\ &= c_м \cdot G_3 \cdot (t - t_{вх3}) + c_м \cdot (M - \tau \cdot (G_2 - G_3))\frac{dt}{d\tau} + k \cdot F \cdot (t - t_{о.с.})\,. \end{aligned} \tag{2.57}$$

Запишемо (2.57) у вигляді

$$c_м (M - \tau \cdot (G_2 - G_3))\frac{dt}{d\tau} + (c_м \cdot G_3 + k \cdot F) \cdot t = Q_П + c_м G_3 \cdot t_{вх3} + k \cdot F \cdot t_{о.с.}\,.$$

звідси

$$\frac{dt}{d\tau} + \frac{c_м \cdot G_3 + k \cdot F}{c_м (M - \tau \cdot (G_2 - G_3))} t = \frac{Q_П + c_м G_3 \cdot t_{вх3} + k \cdot F \cdot t_{о.с.}}{c_м \cdot (M - \tau \cdot (G_2 - G_3))}\,. \tag{2.58}$$

де $Q_П = c_м \cdot (G_2 - G_3) \cdot \Delta t$ - тепло навантаження підігрівача мазуту, Вт.

Позначивши

$$\left.\begin{aligned} P(\tau) &= \frac{c_м G_3 + k \cdot F}{c_м (M - \tau (G_2 - G_3))}\,, \\ Q(\tau) &= \frac{Q_П + c_м \cdot G_3 \cdot t_{вх3} + k \cdot F \cdot t_{о.с.}}{c_м \cdot (M - \tau \cdot (G_2 - G_3))} \end{aligned}\right\} \tag{2.59}$$

Отримаємо рішення (2.58)

$$t = e^{-\int P(\tau)d\tau}\left(C_1 + \int Q(\tau)e^{\int P(\tau)d\tau}d\tau\right). \qquad (2.60)$$

Визначимо $P(\tau)d\tau$

$$\int \frac{c_м \cdot G_3 + k \cdot F}{c_м\left(M - \tau \cdot \left(G_2 - G_3\right)\right)}d\tau = -\frac{c_м \cdot G_3 + k \cdot F}{c_м \cdot \left(G_2 - G_3\right)}\ln\left(M - \tau \cdot \left(G_2 - G_3\right)\right). \qquad (2.61)$$

Після відповідних перетворювань $\int Q(\tau)\cdot e^{\int P(\tau)d\tau}d\tau$ буде мати вид

$$\int \frac{Q_П + c_м \cdot G_3 \cdot t_{вх3} + k \cdot F \cdot t_{о.с.}}{c_м \cdot \left(M - \tau \cdot \left(G_2 - G_3\right)\right)} \cdot e^{-\frac{c_м \cdot G_3 + k \cdot F}{c_м \cdot (G_2 - G_3)}\ln\left(M - \tau \cdot \left(G_2 - G_3\right)\right)}d\tau =$$

$$= \frac{Q_П + c_м \cdot G_3 \cdot t_{вх3} + k \cdot F \cdot t_{о.с.}}{c_м \cdot G_3 + k \cdot F}\left(M - \tau \cdot \left(G_2 - G_3\right)\right)^{-\frac{c_м \cdot G_3 + k \cdot F}{c_м \cdot (G_2 - G_3)}}. \qquad (2.62)$$

Тоді (2.60) представимо як

$$t = e^{\frac{c_м \cdot G_3 + k \cdot F}{c_м \cdot (G_2 - G_3)}\ln\left(M - \tau \cdot \left(G_2 - G_3\right)\right)} \times$$

$$\times\left(C_1 + \frac{Q_П + c_м \cdot G_3 \cdot t_{вх3} + k \cdot F \cdot t_{о.с.}}{c_м \cdot G_3 + k \cdot F}\left(M - \tau \cdot \left(G_2 - G_3\right)\right)^{-\frac{c_м \cdot G_3 + k \cdot F}{c_м \cdot (G_2 - G_3)}}\right),$$

або

$$t = \left(M - \tau \cdot \left(G_2 - G_3\right)\right)\frac{c_м \cdot G_3 + k \cdot F}{c_м \cdot \left(G_2 - G_3\right)} \times$$

$$\times\left(C_1 + \frac{Q_П + c_м G_3 \cdot t_{вх3} + k \cdot F \cdot t_{о.с.}}{c_м \cdot G_3 + k \cdot F}\left(M - \tau \cdot \left(G_2 - G_3\right)\right)^{-\frac{c_м \cdot G_3 + k \cdot F}{c_м \cdot (G_2 - G_3)}}\right) =$$

$$= C_1\left(M - \tau \cdot \left(G_2 - G_3\right)\right)^{-\frac{c_м \cdot G_3 + kF}{c_м \cdot (G_2 - G_3)}} + \frac{Q_П + c_м \cdot G_3 \cdot t_{вх3} + k \cdot F \cdot t_{о.с.}}{c_м \cdot G_3 + k \cdot F}. \qquad (2.63)$$

Визначемо константу C_1, використавши умову (2.9)

$$t(0) = t_x = C_1 \cdot M^{\frac{c_м \cdot G_3 + k \cdot F}{c_м \cdot (G_2 - G_3)}} + \frac{Q_П + c_м \cdot G_3 \cdot t_{вх3} + k \cdot F \cdot t_{о.с.}}{c_м \cdot G_3 + k \cdot F}. \quad (2.64)$$

З (2.64) отримаємо

$$C_1 M^{\frac{c_м \cdot G_3 + k \cdot F}{c_м \cdot (G_2 - G_3)}} = t_x - \frac{Q_П + c_м \cdot G_3 \cdot t_{вх3} + k \cdot F \cdot t_{о.с.}}{c_м \cdot G_3 + k \cdot F},$$

Звідси

$$C_1 = \frac{(c_м \cdot G_3 + k \cdot F) \cdot t_x - (Q_П + c_м \cdot G_3 \cdot t_{вх3} + k \cdot F \cdot t_{о.с.})}{c_{пек} \cdot G_3 + k \cdot F} M^{-\frac{c_м \cdot G_3 + k \cdot F}{c_м \cdot (G_2 - G_3)}}. \quad (2.65)$$

$$t = \frac{(c_м \cdot G_3 + k \cdot F) \cdot t_x - (Q_П + c_м \cdot G_3 \cdot t_{вх3} + k \cdot F \cdot t_{о.с.})}{c_м \cdot G_3 + k \cdot F} M^{-\frac{c_м \cdot G_3 + k \cdot F}{c_м \cdot (G_2 - G_3)}} \times$$

$$\times (M - \tau \cdot (G_2 - G_3))^{\frac{c_м \cdot G_3 + k \cdot F}{c_м \cdot (G_2 - G_3)}} + \frac{Q_П + c_м \cdot G_3 \cdot t_{вх3} + k \cdot F \cdot t_{о.с.}}{c_м \cdot G_3 + k \cdot F}. \quad (2.66)$$

Для скорочення запису введемо позначення

$$A^* = c_м \cdot G_3 + k \cdot F;$$

$$B^* = Q_n \cdot c_м \cdot G_3 \cdot t_{вх3} + k \cdot F \cdot t_{о.с.}; \quad (2.67)$$

$$C^* = c_м \cdot (G_2 - G_3).$$

Тоді (2.66) прийме вид

$$t = \frac{A^* t_x - B^*}{A^*} M^{-A^*/C^*} (M - \tau \cdot (G_2 - G_3))^{A^*/C^*} + \frac{B^*}{A^*}. \quad (2.68)$$

Рівняння (2.68) має той же вид, що і рівняння (2.21), відмінності тільки у значеннях A и A^*, B и B^*.

Відповідно залежності τ от t и τ_K от t_K будуть мати вид

$$\tau = \frac{M}{G_2 - G_3}\left(-\left[\frac{A^*}{A^* \cdot t_x - B^*}\left(t - \frac{B^*}{A^*}\right)\right]^{C^*/A^*} + 1\right) = \frac{M}{G_2 - G_3}\left[1 - \left(\frac{B^* - A^* \cdot t}{B^* - A^* \cdot t_x}\right)^{C^*/A^*}\right]; \quad (2.69)$$

$$\tau_K = \frac{M}{G_2 - G_3}\left(-\left[\frac{A^*}{A^* \cdot t_x - B^*}\left(t_K - \frac{B^*}{A^*}\right)\right]^{C^*/A^*} + 1\right) = \frac{M}{G_2 - G_3}\left[1 - \left(\frac{B^* - A^* \cdot t_K}{B^* - A^* \cdot t_x}\right)^{C^*/A^*}\right], \quad (2.70)$$

Використовуючи отримані вище вираження, визначимо температуру нагрівання мазуту при змінній температурі на виході з підігрівача. У практичному відношенні цікаві такі завдання.

1. При заданих витраті і температурі мазуту, що підводиться до резервуару від залізничних цистерн, G_3, $t_{вх3}$ і заданій витраті пеку G_2, що відводиться з резервуара на технологію, підтримувати в резервуарі температуру $t_x = t_к = \text{const}$. В цьому випадку необхідно визначити витрату G_1 в залежності від температури мазуту на виході з підігрівача.

Виходячи з рівняння (2.68) умовою сталості температури мазуту у резервуарі є

$$At_x - B = 0.$$

тоді

$$t_x = \frac{B}{A} = \frac{c_м \cdot \left(G_3 \cdot t_{вх3} + \left(G_1 - G_2\right) \cdot t_{вх1}\right) + k \cdot F \cdot t_{о.с.}}{c_м \cdot \left(G_3 + G_1 - G_2\right) + k \cdot F}. \quad (2.71)$$

Перетворимо (2.71)

$$\left[c_м \cdot \left(G_3 + G_1 - G_2\right) + k \cdot F\right] \cdot t_x = c_м\left(G_3 \cdot t_{вх3} + \left(G_1 - G_2\right) \cdot t_{вх1}\right) + k \cdot F \cdot t_{о.с.};$$

$$c_{їåê} \cdot G_1 \cdot \left(t_{âõ1} - t_x\right) = c_{їåê} \cdot \left(G_2 \cdot \left(t_{âõ1} - t_x\right) - G_3 \cdot \left(t_{âõ3} - t_x\right)\right) + k \cdot F \cdot \left(t_x - t_{о.с.}\right);$$

$$G_1 \cdot t_{вх1} = \frac{c_м \cdot \left(G_2 \cdot \left(t_{вх3} - t_x\right) - G_3 \cdot \left(t_{вх3} - t_x\right)\right) + k \cdot F \cdot \left(t_x - t_{о.с.}\right)}{c_м \cdot \left(t_{вх1} - t_x\right)} =$$

$$= G_2 + \frac{G_3 \cdot \left(t_{вх3} - t_x\right) + k \cdot F \cdot \left(t_x - t_{о.с.}\right)}{c_м \cdot \left(t_{вх1} - t_x\right)}. \qquad (3.72)$$

Графік функції $G_1 = f(t_{вх1})$ представлено на рисунку 2.4.

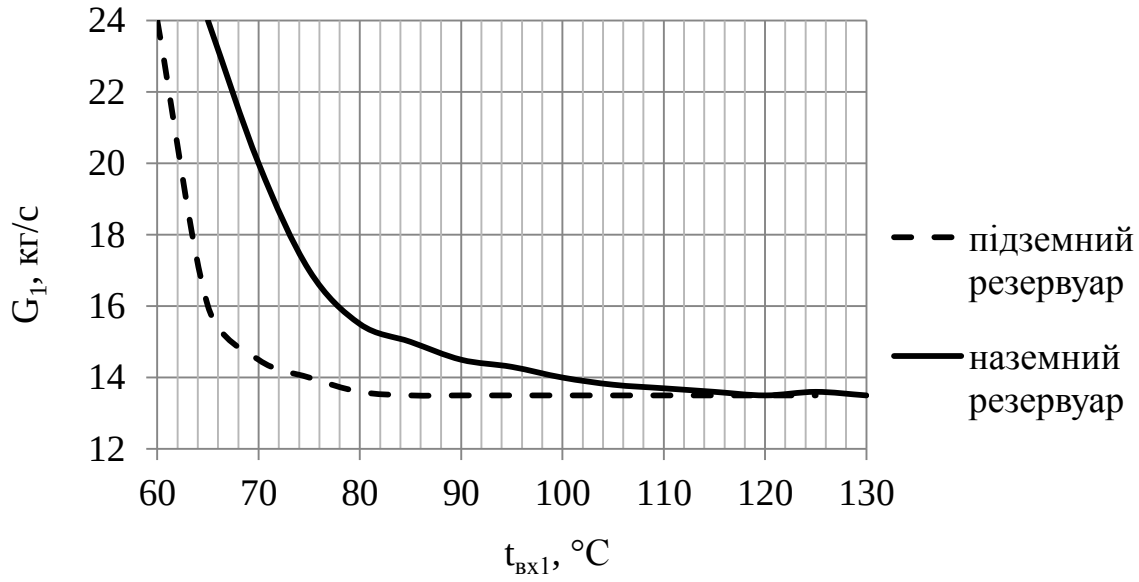


Рисунок 2.4. Залежність витрати мазуту від температури на виході з підігрівача

Очевидно, що функція $G_1(t_{вх1})$ спадна, область визначення цієї функції має вигляд $t_x < t_{вх1} < \infty$.

З рисунку видно, що збільшення $t_{вх1}$ дозволить зменшити витрату циркулюючого мазуту G_1, необхідного для підтримки постійної температури. Асимптотою є значення, відповідне витраті пеку, що відводиться на технологію: $G_1 = G_2 = 13{,}33$ кг/с. Увігнута крива дозволяє зробити висновок про те, що збільшення $t_{вх1}$ більш 130 °С при підігріві мазуту в резервуарі місткістю 10000 м^3 недоцільно, тому що не призведе до помітного зменшення витрат циркулюючого мазуту. Для резервуару 3000 м^3 ця межа складає (90…100) °С.

2. При заданих G_3, $t_{вх3}$ мазуту, що підводиться до резервуару від іншого обладнання, і заданих витратах G_2, G_1, пеку відведеного з резервуара до іншого обладнання, підігріти мазут від початкової $t_х$ до кінцевої $t_к$ температури.

В цьому випадку необхідно визначити час підігріву пеку τк в залежності від його температури на виході з підігрівача.Час підігріву мазуту, очевидно, визначається на підставі рівняння (2.70)

$$\tau_K = \frac{M}{G_2 - G_3} \cdot \left[1 - \left(\frac{B - A \cdot t_x}{B - A \cdot t_к} \right)^{\frac{c_м \cdot (G_2 - G_3)}{A}} \right] . \qquad (2.73)$$

Графік $\tau_K = f(t_{вх1})$ представлено на рисунку 2.5.

Підвищення температури веде до зменшення часу підігріву мазуту в резервуарі. Результати розрахунків дозволяють зробити висновок про те, що збільшення вище (125…130) °С, для резервуара місткістю 10000 м^3 буде недоцільно, так як при більш високих температурах час підігрівання мазуту змінюється незначно.

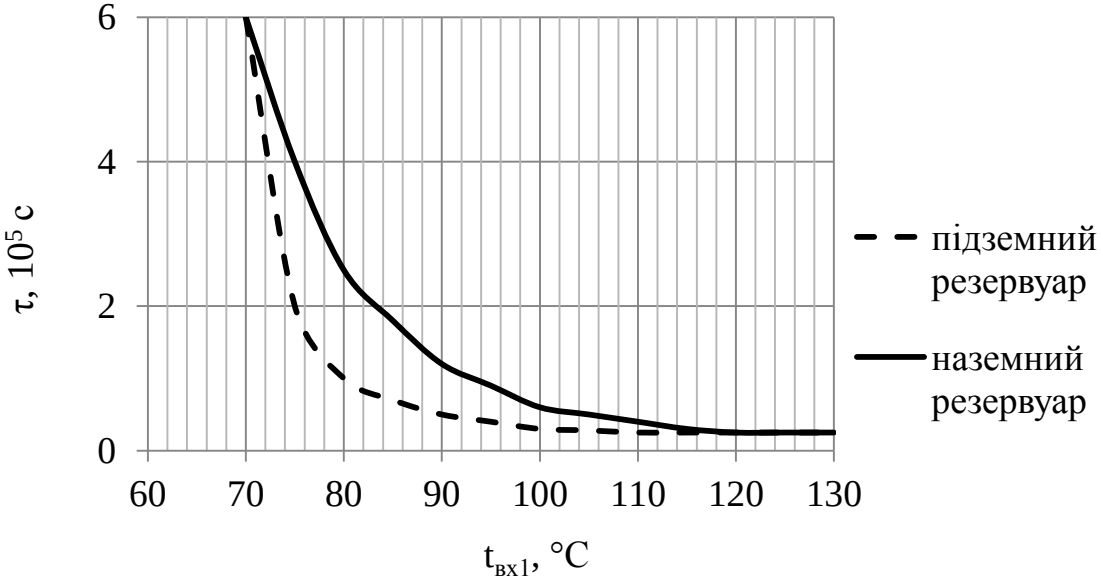


Рисунок 2.5 - Залежність часу нагріву від температури на виході з підігрівача

2.5. Висновки до розділу

Встановлено вплив наповнюваності резервуара, витрати циркулюючого мазуту і його температури на виході з зовнішнього підігрівача на час нагрівання.

Розроблено температурні режими нагріву мазуту, тривалість яких до 50 % менше, ніж для статичного способу. Скорочення часу нагріву дозволить заощадити до 6 % енергоресурсів.

Встановлено ряд важливих закономірностей впливу температури мазуту на виході з зовнішнього підігрівача на час нагрівання і на витрату циркулюючого мазуту. Так, збільшення температури мазуту на виході з зовнішнього підігрівача призводить до зниження витрати циркулюючого мазуту і до скорочення часу нагріву.

Виявлено, що підвищення температури вище 130 ºС недоцільно, оскільки не призведе до значного скорочення даних технологічних параметрів.

Аналіз факторів, що впливають на температуру мазуту при циркуляційному способі нагріву показав, що найбільш значущим чинником є наповнюваність ємності і витрата циркулюючого мазуту. Тому саме ці два параметри будуть використані в якості керуючих впливів процесу нагріву мазуту з метою розробки енергозберігаючих режимів

3 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ І ОХОРОНА ПРАЦІ

У зв’язку з тим, що тема магістерської роботи є теоретичною, розділ техніки безпеки та охорони праці буде включати в себе техніку безпеки та охорону праці при роботі із персональним комп’ютером (ПК, ЕОМ).

3.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих факторів

При роботі на комп’ютерах, до складу яких входять відеодисплейні термінали (ВДТ), на працівників можуть діяти наступні шкідливі та погрожуючі життю і здоров’ю виробничі фактори:

- фізичні:
  1) підвищений рівень шуму (від вентилятора мікропроцесора та плат);
  2) високий рівень напруги в електричній мережі, торкання до якої може викликати нещасний випадок;
  3) підвищений рівень статичної електрики;
  4) підвищений рівень електромагнітного випромінювання;
  5) підвищений рівень напруженості електричного поля;
  6) пряма і відбита від екрана блесткість;
  7) несприятливе розподілення яскравості об’єктів в полі зору;
- психофізіологічні:
  1) фізичні перевантаження статичної та динамічної дії;
  2) нервово-психічні перевантаження (розумове перенапруження, перенапруження зорових аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження).

3.2 Заходи з поліпшення умов праці

Для забезпечення нормальної роботи користувача ПК вибирається монітор, який відповідає Директиві 90/270 Європейської економічної Комісії "Мінімальні вимоги з охорони праці, які гарантують безпечні умови роботи". Електронно-променева трубка монітора - це джерело практично всіх видів електромагнітного випромінювання, яке буває іонізуючим (рентгенівське) та неіонізуючим. Іонізуюче випромінювання, впливаючи на клітини організму людини, може викликати їх пошкодження за рахунок утворення іонів. Крім того, при досить сильному опроміненні можливий процес радіолізу (розпаду) води, що міститься в тканинах, а це приведе до утворення короткоживучих радикалів, здатних викликати рак і мутації клітин.

Крім опромінення, при тривалій роботі з ПК можна заробити також так званий КЗС - комп'ютерний зоровий синдром. Цей синдром супроводжується ріжучим болем очей, при цьому спостерігається їх почервоніння і сухість. Нерідко трапляються головні болі, особливо у людей, які багато працюють з набором тексту, з'являється швидка стомлюваність.

Під час роботи за комп'ютером необхідно вжити низку заходів, щоб вплив монітора на здоров'я був якнайменшим.

Монітор має антибликове покриття, що є позитивним фактором, тому що бліки розпорошують увагу і прискорюють втомлюваність організму. Розмір зерна — 0,26 мм, що є досить непоганим показником. Цей параметр визначає якість картинки і, що дуже важливо - чіткість шрифтів. Якщо монітор "грубозернистий", то шрифти виглядатимуть розпливчастими і нечіткими, що неминуче спричинить високе навантаження на очі при читанні, а в перспективі - прогресуючу короткозорість.

Під час роботи за комп'ютером необхідно дотримувались таких вимог:

– оптимальна відстань від монітору до очей (50…70) см;

– кут зору між нормаллю до кінескопа і лінією погляду - не більше 60°;

– кут нахилу клавіатури дорівнює 15 градусів;

– яскравість монітору відносно джерела світла не перевищувала 1:10.

Наприклад, вибраний монітор, який має наступні параметри, задовольняє вимоги наведеного вище нормативного документу:

– діагональ монітора 15 дюймів;

– частота оновлення екрану 100 Гц при роздільній здатності 1024x768;

– максимальна роздільна здатність 1600x1200;

– монітор відповідає стандарту ТСО'99 за електромагнітним випромінюванням;

– плоский екран;

– розмір зерна 0,24 мм.

Монітор встановлюють таким чином, щоб верхній край екрану знаходився на рівні очей. Екран монітору знаходиться від очей користувача на відстані не меншій ніж 60 см. Клавіатура розташовується таким чином, щоб на ній зручно працювати двома руками. Тобто повинна знаходитись на поверхні стола чи спеціальній підставці на відстані 10 - 30 см від краю стола чи підставки. Кут нахилу панелі клавіатури до столу регулюється в межах від 5 до 15 градусів.

На робочому місці мають бути передбачені заходи захисту від можливої дії небезпечних і шкідливих чинників виробництва. Рівні цих чинників не повинні перевищувати граничних значень, обумовлених правовими, технічними і санітарно-технічними нормами.

Робота з комп'ютером характеризується значною розумовою напругою і нервово-емоційним навантаженням операторів, високою напруженістю зорової роботи і достатньо великим навантаженням на м'язи рук при роботі з клавіатурою ЕОМ. Велике значення має раціональна конструкція і розташування елементів робочого місця, що важливе для підтримки оптимальної робочої пози людини-оператора.

В процесі роботи з комп'ютером необхідно дотримувати правильний режим праці і відпочинку. Інакше у персоналу виникає значна напруга зорового апарату з появою скарг на незадоволеність роботою, головні болі, дратівливість, порушення сну, утомленість і хворобливі відчуття в очах, в попереку, в області шиї і руках.

Облаштування робочих місць, обладнаних відеотерміналами, забезпечує:

– належні умови освітлення приміщення і робочого місця, відсутність відблисків;

– оптимальні параметри мікроклімату (температура, відносна вологість, швидкість руху, рівень іонізації повітря);

– належні ергономічні характеристики основних елементів робочого місця,

Також враховує такі небезпечні і шкідливі фактори:

– наявність шуму та вібрації;

– м'яке рентгенівське випромінювання;

– електромагнітне випромінювання;

– ультрафіолетове і інфрачервоне випромінювання;

– електростатичне поле між екраном і оператором;

– наявність пилу, озону, оксидів азоту й аероіонізації.

Заземлені конструкції, що знаходяться в приміщенні (батареї опалення, водопровідні труби, кабелі із заземленим відкритим екраном тощо), надійно захищені діелектричними щитками. Для захисту від надмірної яскравості вікон застосовуються регульовані жалюзі. Для внутрішнього оздоблення приміщень з ВДТ використовуються дифузно-відбивні матеріали з коефіцієнтами відбиття для стелі 0,7…0,8, для стін 0,5…0,6. Покриття підлоги матове з коефіцієнтом відбиття 0,3…0,5. Поверхня підлоги рівна, неслизька, з антистатичними властивостями. Виробниче приміщення обладнане шафами для зберігання документів, полицями, стелажами, тумбами. Щоденно проводиться вологе прибирання. Приміщення оснащене

аптечкою першої медичної допомоги. При приміщенні з ВДТ обладнане побутове приміщення для відпочинку під час роботи, кімната психологічного розвантаження, в якій передбачено встановлення пристроїв для приготування й роздачі тонізуючих напоїв, а також місця для занять фізичною культурою.

3.3 Виробнича санітарія

Гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища включають вимоги до параметрів мікроклімату, освітлення, шуму й вібрації, рівнів електромагнітного та іонізуючого випромінювання.

У виробничих приміщеннях на робочих місця із ПК мають забезпечуватись оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості та рухливості повітря (див. табл. 3.1) [43, 44].

Таблиця 3.1 - Норми мікроклімату для приміщень з ВТД

Період року	Категорія робіт	Температура повітря	Відносна вологість	Швидкість руху, м/сек
Холодний період року	Легка Іа	22 - 24	60 – 40	0,1
	Легка Іб	21 - 23	60 – 40	0,1
	Середньою важкості ІІа	19 - 21	60 – 40	0,2
	Середньою важкості ІІа	17 - 19	60 – 40	0,2
	Важка ІІІ	16 - 18	60 – 40	0,3
Теплий період року	Легка Іа	23 - 25	60 – 40	0,1
	Легка Іб	22 - 24	60 – 40	0,2
	Середньою важкості ІІа	21 - 23	60 – 40	0,3
	Середньою важкості ІІб	20 - 22	60 – 40	0,3
	Важка ІІІ	18 - 20	60 – 40	0,4

Для підтримання мікроклімату на належному рівні у зимній період часу у приміщенні з ПК встановлені водяні радіатори. Для виведення теплонадлишків приміщення та забезпечення циркуляції повітря приміщення обладнується вентиляцією (природною, або ж механічною), або припливно-витяжною системою. Для забезпечення необхідного рівня температур у літній період часу, тобто для охолодження повітря, приміщення може бути обладнане системою кондиціювання.

Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі приміщень з ПК мають відповідати санітарно-гігієнічним нормам (див. табл. 3.2) [45].

Таблиця 3.2 - Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ВДТ

Рівні	Число іонів в 1 $см^3$ повітря	
	п+	п-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-30000	3000-5000
Максимально допустимі	50000	50000

Штучне освітлення в приміщеннях із робочими місцями, обладнаними ПК має здійснюватись системою загального рівномірного освітлення. У виробничих та адміністративно-громадських приміщеннях, у разі переважної роботи з документами, допускається застосування системи комбінованого освітлення (крім системи загального освітлення, додатково встановлюються світильники місцевого освітлення) [46].

Значення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів має становити 300–500 лк, Якщо це неможливо забезпечити системою загального освітлення, допускається використовувати місцеве освітлення. При цьому світильники місцевого освітлення слід встановлювати таким чином, щоб не створювати бликів на поверхні екрана, а освітленість екрана має не перевищувати 300 лк.

Як джерела світла для штучного освітлення мають застосовуватись переважно люмінесцентні лампи типу ЛБ. У разі влаштування відбитого освітлення у виробничих та адміністративно-громадських приміщеннях допускається застосування металогалогенних ламп потужністю 250 Вт. Допускається застосування ламп розжарювання у світильниках місцевого освітлення [46].

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях, обладнаних ПК, мають відповідати вимогам (див. табл. 3.3) [47, 48,49].

Таблиця 3.3 - Допустимі рівні звуку, еквівалентні рівні звуку і рівні звукового тиску в октавних смугах частот

Вид трудової діяльності	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах із середньогеометричними частотами, Гц									
										Рівні звуку, еквівалентні рівні звуку, дБА/дБАекв.
Програмісти ЕОМ	86	70	61	54	49	45	42	40	38	50
Оператори в залах обробки інформації на ЕОМ та оператори комп'ютерного набору	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
В приміщеннях для розташування шумних агрегатів ЕОМ	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75

Значення напруженості електростатичного поля на робочих місцях із ПК (як у зоні екрана дисплея, так і на поверхнях обладнання, клавіатури, друкувального пристрою) мають не перевищувати гранично допустимих за (див.табл. 3.4) [50, 51].

Таблиця 3.4. Допустимі параметри електромагнітних випромінювань електростатичного поля

Види поля	Допустимі параметри поля		Допустима поверхнева щільність потоку енергії (інтенсивність потоку енергії), Вт/м2
	за електричною складовою (Е), В/м	за магнітною складовою (Н), А/М	
Напруженість електромагнітного поля, 6 кГц...3 МГц	50	5	
3 МГц...30МГц	2	-	
30 МГц...5 ГГц	-	-	10
Електромагнітне полеоптичного діапазону в ультрафіолетовій частині спектру: УФ-С (220...280 мм)			0,001
УФ-В (280...320 мм)			0,01
УФ-А (320. ..400 мм)			10,0
в інфрачервоній частині спектру: 0,76... 10,0 мкм			35,0.. .70,0
Напруженість електричного поля ВДТ			20 мВ/м

Значення напруженості електромагнітних полів на робочих місцях із ПК мають відповідати нормативним значенням [52, 53, 54, 55].

Інтенсивність потоків інфрачервоного випромінювання має не перевищувати допустимих значень, відповідно до [56].

Інтенсивність потоків ультрафіолетового випромінювання не повинна перевищувати допустимих значень, відповідно до [57].

Потужність експозиційної дози рентгенівського випромінювання на відстані 0,05 м від екрана та корпуса відео термінала при будь-яких положеннях регулювальних пристроїв не повинна перевищувати ОД бер/год (100 мкР/год).

3.4 Електробезпека

Електричні установки, до яких відноситься практично все обладнання ЕОМ, представляють для людини велику потенційну небезпеку, так як в процесі експлуатації або проведенні профілактичних робіт людина може торкнутися частин, що знаходяться під напругою. Специфічна небезпека електроустановок: струмоведучі провідники, корпуси стійок ЕОМ і іншого устаткування, яка під напругою в результаті пошкодження (пробою) ізоляції, не подають будь-яких сигналів, які попереджають людину про небезпеку. Реакція людини на електричний струм виникає лише при протіканні останнього через тіло людини. Виключно важливе значення для запобігання електротравмотизму має правильна організація обслуговування діючих електроустановок ВЦ, проведення ремонтних, монтажних і профілактичних робіт. При цьому під правильною організацією розуміється строге виконання ряду організаційних і технічних заходів і засобів, встановлених у правилах [58, 59, 60]. Залежно від категорії приміщення необхідно вжити певних заходів, що забезпечують достатню електробезпеку при експлуатації та ремонті електроустаткування. Так, в приміщеннях з підвищеною небезпекою електроінструменти, переносні світильники повинні бути виконані з

подвійною ізоляцією або напруга живлення їх не повинно перевищувати 42 В. В ОЦ до таких приміщень можуть бути віднесені приміщення машинного залу, приміщення для розміщення сервісної та периферійної апаратури. В особливо небезпечних же приміщеннях напруга живлення переносних світильників не повинна перевищувати 12 В, а робота з напругою не вище 42 В дозволяється тільки із застосуванням ЗІЗ (діелектричних рукавичок, килимків і т.п.). Роботи без зняття напруги на струмовідних частинах і поблизу них, роботи проводяться безпосередньо на цих частинах або при наближенні до них на відстань менше встановленого ПЕУ. До цих робіт можна віднести роботи з налагодження окремих вузлів, блоків. При виконанні такого роду робіт в електроустановках до 1000 В необхідне застосування певних технічних і організаційних заходів, таких як: огорожі розташовані поблизу робочого місця та інших струмоведучих частин, до яких можливо випадковий дотик; робота в діелектричних рукавичках або стоячи на діелектричному килимку; застосування інструменту з ізолюючими рукоятками, за відсутності такого інструменту слід користуватися діелектричними рукавичками. Роботи цього виду повинні виконуватися не менше ніж двома працівниками.

Відповідно до [58, 59] споживачам і обслуговуючому персоналу електроустановок пред'являються наступні вимоги:

– особи, які не досягли 18-річного віку, не можуть бути допущені до робіт в електроустановках;

– особи не повинні мати каліцтв і хвороб, що заважають виробничій роботі;

– особи повинні після відповідної теоретичної та практичної підготовки пройти перевірку знань і мати посвідчення на доступ до робіт в електроустановках.

У ВЦ розрядні струми статичної електрики частіше за все виникають при дотику до будь-якого з елементів ЕОМ. Такі розряди небезпеки для людини не представляють, але крім неприємних відчуттів вони можуть

привести до виходу з ладу ЕОМ. Для зниження величини виникаючих зарядів статичної електрики в ОЦ покриття технологічних статей слід виконувати з одношарового полівінілхлоридного антистатичного лінолеуму. Іншим методом захисту є нейтралізація заряду статичної електрики іонізованим газом. У промисловості широко застосовуються радіоактивні нітралізатори. До загальних заходів захисту від статичної електрики в ОЦ можна віднести загальні та місцеве зволоження повітря.

3.5 Пожежна безпека

Приміщення, у яких розташовані ПК (або ЕОМ) та у яких виконуються розрахунки для дипломної магістерської роботи, можна віднести до категорії Д по вибухопожежній та пожежній небезпеці. Це пов’язано із тим, що горючих речовин немає зовсім, а негорючі знаходяться у холодному стані.

До приміщень для ЕОМ пред'являються наступні вимоги пожежної безпеки:

– необхідно мати 2 вогнегасники;

– матеріали для акустичної обробки стін і стель повинні бути негорючими;

– деревостружкові і деревоволокнисті плити повинні застосовуватися тільки при їх глибокому просоченні вогнезахисними складами;

– сталеві несучі і захищаючі конструкції повинні бути захищені вогнезахисними матеріалами і фарбами;

– плити знімної підлоги повинні бути виконані з тих, що не згорають або важко горючих матеріалів;

– різні приміщення повинні відділятися один від одного протипожежними стінами і перегородками;

– у приміщеннях, де немає постійної присутності персоналу, необхідно встановлювати автоматичну систему пожежного захисту;

– машинні зали площею більш 250 м^2 повинні мати не більше двох виходів;

– не можна залишати без спостереження включену в мережу електронну машину;

– не можна залишати на пристроях залишки проводів, вату, марлю і інший обтиральний матеріал.

3.6 Розрахунок захисного заземлення

У якості природного заземлювача електроустановки напругою 380 В (220 В) використовується залізобетонний фундамент будинку прямокутної форми розмірами 30×8 м. Ґрунт - суглинок. Виначається опір розтіканню струму додаткового штучного заземлювача, якщо до мережі приєднане навантаження 1000 кВА (два системні блоки ПК, два монітори, один принтер).

По додатку знаходимо питомий електричний опір ґрунту - 100 Ом·м. Коефіцієнт сезонності - 1,3.

Розрахунковий опір ґрунту для природного заземлювача, Ом·м

$$\rho_e = 1{,}3 \cdot 100 = 130.$$

Площа фундаменту, м^2

$$S = 30 \cdot 8 = 240.$$

Опір розтіканню струму природного заземлювача, Ом

$$R_e = {0{,}5 \cdot \rho_e}\Big/{\sqrt{S}} = {0{,}5 \cdot 130}\Big/{\sqrt{240}} = 4{,}196.$$

Так як приєднана до мережі потужність більше 100 кВА, нормативний опір заземлювача складе 4 Ом.

Опір додаткового заземлювача, Ом

$$R_{дод} = 4{,}196 \cdot 4 / (4{,}196 - 4) = 85{,}6.$$

Тобто, існуюча система заземлення має бути доповнена додатковим заземлювачем з опором 85,6 Ом.

ВИСНОВКИ

Розігрів мазуту є одним з найважливіших ланок у системі мазутопостачання, так як він підтримує температуру мазуту на рівні вищому за температуру розм'якшення забезпечує необхідні його теплофізичні властивості.

Для розігріву мазуту у резервуарах використовуються різні способи такі, як внутрішній підігрів, рециркуляційний та зовнішній. Кожний з них має ряд переваг та недоліків. Основними є нагрів мазуту в ємності статичними підігрівачами, встановленими у резервуарі, та циркуляційний спосіб нагріву.

Статичний розігрів мазуту парою у резервуарах-сховищах має ряд недоліків:

– необхідну поверхню нагріву конструктивно складно розмістити у резервуарі;

– можливе обводнення мазуту і забруднення конденсату паливом внаслідок корозії труб і течі сполук;

– проведення ремонту – складна операція, оскільки вимагає відключення резервуара, зливу мазуту і складної підготовки для проведення ремонтних робіт;

– на дні резервуара відстоюється вода і домішки.

Проблеми, що виникають при статичному розігріві мазуту парою, вирішуються при циркуляційному способі розігріву, так як через інтенсивне перемішування відкладень домішок не відбувається, немає відстою води на дні резервуара, підвищується ефективність теплопередачі, покращується процес теплообміну, скорочуються витрати тепла у навколишнє середовище. Прогрів циркуляційним способом після тривалого холодного зберігання мазуту забезпечує рівномірний розподіл температур у всьому об'ємі резервуара, час розігріву при циркуляційному способі менше, ніж при вбудованих підігрівачах.

Дані особливості статичного та циркуляційного нагрівів мазуту в ємності були підтверджені при їхньому розрахунку, який складався з таких завдань:

- написання математичних моделей статичного та циркуляційного способів нагріву ємності з мазутом;

- аналіз отриманих з математичних моделей даних;

- визначення факторів, що впливають на температуру мазуту в ємності;

При виконанні математичного моделювання було отримано значення необхідної витрати пари у часі впродовж доби при різних значеннях параметрів, що впливають на температуру мазуту. При цьому користувачем задавалися такі параметри, як:

- рівень мазуту в ємностях;

- маса та температура, до якої необхідно догріти мазут перед подачею його на спалювання;

- температура навколишнього середовища;

При виконанні теоретичного експерименту було виявлено залежності між рівнем мазуту в ємностях, масою та температурою, до якої необхідно догріти мазут, витратою пари, яка необхідна для підігріву мазуту, температурою навколишнього середовища, що оточує резервуар. Було побудовано графіки залежності сумарної добової витрати пари від температури навколишнього середовища та рівня наповнення ємності. Виявлено, що витрата пари в залежності від температури навколишнього середовища та рівня наповнення ємності змінюється неістотно. Цей фактор підтверджує недоцільність застосування статичного нагріву. Сумарна витрата пари за добу прямо пропорційно залежить від рівня мазуту в ємності і обернено пропорційно – від температури навколишнього середовища.

При виконанні математичного моделювання циркуляційного способу нагріву ємності з мазутом було виявлено, що при циркуляційному розігріві у порівнянні з статичним час підігріву мазуту в ємності до заданої кінцевої температури зменшився з 15 годин до 1,789 години, тобто менше у 8,4 рази.

Також знайдено витрату циркуляційного мазуту, необхідну для підтримки заданої кінцевої температури, при розрахунковій тепловій потужності зовнішнього підігрівача та при його максимальній потужності.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Левин Е. С., Дивова Г. В. Теплообменники вязких жидкостей, применяемых на электростаннциях. – Л.: Энергоиздат, 1983. – 176 с.
2. Бережковкий М. И. Хранение и транспортирование химических продуктов. – Л.: Химия, 1982. – 256с.
3. Бунчук В.А. Транспорт и хранение нефти, нефтепродуктов и газа. – М.: Недра, 1977.
4. Плановский А. Н., Николаев П. И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологи. – М.: Химия, 1987. – 496с.
5. Назмеев Ю. Г. Лавыгин В. М. Теплообменные аппараты ТЭС: Учеб. Пособие для вузов. – 3-е узд. – Изд. МЭИ, 2005. – 260 с.
6. Кнунянц И.Л. Краткая химическая энциклопедия, 1964г. - 555с.
7. Русьянова Н. Д. Окислительная переработка каменноугольной смолы – М: Металлургия, 1975 – 199с.
8. Красникова О.В., Амосова И.С., Андрейков Е.И. Нефте/каменноугольные пеки, полученные совместной дистилляцией каменноугольной смолы и тяжелой смолы пиролиза этиленовых производств// Материалы стендовых докладов XI школы-конференции по органической химии, 2008, Екатеринбург
9. Питюлин И.Н. Научно-технические основы создания каменноугольных углеродистых материалов для многогабаритных электродов: Монография. Харьков, 2004 - 480с.
10. Рогалин М. И., Чалых Е. Ф. Справочник по углеграфитовым материалам Л: Химия, 1974 – 206с.
11. Темкин И. В. Производство электроугольных изделий. Учеб. Пособие для подготовки рабочих на производстве. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1975. – 232с.
12. Фиалков А.С. Углерод, межслоевые соединения и композиты на его основе. - М.: Аспект Пресс, 1997. - 718с.

13. Оленев Н.М. Хранение нефти и нефтепродуктов. - М.: Недра, 1964.

14. Щербаков А.З. Транспорт и хранение высоковязких нефтей и нефтепродуктов с подогревом. – М.: Недра, 1981.

15. Назмеев Ю. Г. Теплоперенос и гидродинамика в системах хранения жидкого органического топлива и нефтепродуктов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2005. – 368 с.

16. http://273.allindustry.net

17. http://www.ukrgrafit.zp.ua/company

18. http://www.ukrgrafit.zp.ua/elektrody

19. Дешамит Г. И. Курс технологии коксохимического производства. Коксование углей – М: Металлургиздат, 1947 – 332с.

20. ГОСТ 21880-94. Маты прошивные из минеральной ваты теплоизоляционные. Технические условия. - М.: Изд-во стандартов, 1994.

21. Щербаков А.З. и др. Определение расхода пара на подогрев нефтепродуктов в изолированных и неизолированных резервуарах нефтебаз. // Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. №2. 1981.

22. Тугунов П.И. Тепловая изоляция нефте- продуктопроводов и резервуаров. – М.: Недра, 1985.

23. Исаченко В.П. и др. Теплопередача. Учебник для вузов. Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Энергия, 1975. – 488с. с ил.

24. Болгарский А.В., Мухачев Г.А., Щукин В.К. Термодинамика и теплопередача. – М.: Высшая школа, 1964. – 458с.

25. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов. – 7-е изд., стереот. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 472с.: ил.

26. Авчухов В. В., Паюсте Б. Я. Задачник по процессам тепло-массообмена: Учебное пособие для вузов. – М.: Єнергоатомиздат, 1986.– 144с.

27. Краснощеков Е. А., Сухомел А. С. Задачник по теплопередаче: Учеб. пособие для вузов – М.: Єнергия, 1980. – 288с.

28. Ривкин С.Л., Александров А.А. Термодинамические свойства воды и водяного пара. Справочник. – Изд. 2-ое, перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 80с. с ил.

29. Геллер З.И. Мазут как топливо. М.: Недра, 1965. - 496с.

30. Геллер З.И., Ашихмин В.И. Об эффективности циркуляционного подогрева мазута в резервуарах. // Электрические станции. 1966. - № 4. - С. 15 -24.

31. Геллер З.И., Ашихмин В.И., Шевченко Н.В. Промышленные испытания системы циркуляционного подогрева мазута в металлических резервуарах емкостью 5 000 м // Теплоэнергетика. 1969. - №1. - С. 73 - 74.

32. Геллер З.И., Пименов А.К., Филановский З.Г. Расчёт и моделирование циркуляционного подогрева мазута для железобетонных резервуаров емкостью 20 000 м3 // Теплоэнергетика. 1973. - № 4. - С. 51 - 53.

33. Ашихмин В.И. Исследование циркуляционного метода подогрева мазута в резервуаре. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук, 1996 (ГНИ).

34. Карпов А.И., Вязовой С.К., Емелин Ж.А. Испытание проектной схемы циркуляционного разогрева мазута в резервуаре. // Энергетик, 1975. - №8

35. Дульцев В.И., Жуйков А.В. Циркуляционный разогрев мазута // Энергетик. - 1973.-№ 7.

36. Варфоламеева О.И. Исследование процесса циркуляционного разогрева тяжелого жидкого топлива методом численного моделирования // Известия вузов. Строительство. -2003.-№8.-С. 85-88.

37. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. — М.: Энергоатомиздаг, 1984.

38. Белосельский Б. С. Топочные мазуты. – М.: Энергия, 1978.

39. Белосельский Б.С., Соляков В.К. Энергетическое топливо. – М.: Энергия, 1980.

40. Назмеев Ю.Г. Мазутные хозяйства ТЭС. – М.: Издательство МЭИ, 2002. -612с.

41. Назмеев Ю.Г., Будилкин В.В., Лопухов В.В. Алгоритм и методика расчёта процессов подогрева мазута в резервуарах и резервуарных парках // Проблемы энергетики. 2000. - № 11 - 12.

42. Назмеев Ю.Г., Будилкин В.В., Лопухов В.В. Математическая модель теплогидравлических процессов в системах циркуляционного подогрева мазута в резервуарах // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. 2002. - № 3 -4.

43. Стрекаловский В.В. Методика расчета наружного обогрева емкости для хранения нефтепродуктов. // Транспорт и хранение нефтепродуктов, 1977. - №3

44. Вязовой С.К., Емелин Ж.А. Внутрирезервуарные устройства циркуляционного разогрева мазута. // Энергетик, 1976. - №11

45. Назмеев Ю.Г., Шамсутдинов Э.В., Камалов Р.Ф. Нестационарный теплоперенос при течении плоской затопленной свободной струи вязкой жидкости в полубесконечном пространстве. // Известия РАН. Энергетика. – 2006. - №5. – С.52-60.

46. Вачагина Е.К., Шамсутдинов Э.В. Исследование теплопереноса при ударении одиночной затопленной струи мазута о преграду для различных углов наклона насадки // Известия РАН. Энергетика. – 2008. – №5. – С. 39-43.

47. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» у дипломних проектах для студентів ЗДІА спеціальності 7.090510 «Теплоенергетика» денної та заочної форм навчання / Укл.: Рижков В.Г. – Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2008. – 22с.

48. ДСанПіН 3.3.2.007-98 Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин.