

Міністерство освіти і науки України
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Навчально-науковий інститут нафти і газу
Кафедра теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики

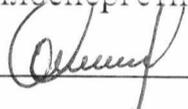
Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
магістра

на тему: **Модернізація теплової схеми з установкою додаткового обладнання на підприємстві «Яреськівський цукровий завод»**

Виконав: студент гр. 601-НТ

спеціальності 144 Теплоенергетика

" ___ " _____ 2025 р.  Матвійчук К.Д.

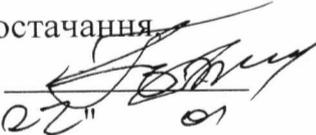
Керівник

" ___ " _____ 2025 р. _____ Чернецька І.В.

Допустити до захисту:

завідувач кафедри "Теплогазопостачання

вентиляції та теплоенергетики"


" 02 " 01

к.т.н., проф. Голік Ю.С.

2025 р.

Полтава - 2025 р

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення навчально-науковий інститут нафти і газуКафедра, циклова комісія кафедра теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетикиОсвітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки _____

(шифр і назва)

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, голова циклової
комісії Годик Ю.С."08" 09 2024 року**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ**Матвійчук Костянтин Дмитрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Модернізація теплової схеми з установкою додаткового обладнання на підприємстві «Яреськівський цукровий завод»

керівник проекту (роботи) Чернецька І.В., к.т.н.

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

затвержені наказом вищого навчального закладу №818-фа від "9" 08.2024 року

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 15.01.2025

3. Вихідні дані до проекту (роботи) План роботи, складений керівником роботи, література про технологію виробництва цукрових заводів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Інформація про підприємство «Яреськівський цукровий завод». Опис технології виробництва цукру на підприємстві «Яреськівський цукровий завод». Постановка задачі, вибір методів досліджень. Опис теплової схеми цукрового заводу. характеристики теплоенергетичного обладнання. Аналіз шляхів вдосконалення теплової схеми. Опис обраного заходу модернізації. Розрахунок теплової схеми до та після модернізації. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Мета та задачі дослідження. Фото підприємства та теплоенергетичного обладнання. Схеми основних процесів. Схеми об'язки обладнання. План території підприємства. План головного корпусу з обладнанням. Теплова схема до та після модернізації. Висновки.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 20.10.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<u>Вступ. Обстеження та фотографування підприємства. Опис технології виробництва.</u>	20.10.2024 – 1.11.2024	<i>вик.</i>
2	<u>Постановка задачі, вибір методів досліджень. Побудова планів та схем, креслення основного обладнання.</u>	2.11.2024 – 1.12.2024	<i>вик.</i>
3	<u>Опис теплової схеми, аналіз шляхів модернізації та виконання креслень.</u>	1.12.2024 – 20.12.2024	<i>вик.</i>
4	<u>Розрахунки теплової схеми до та після модернізації.</u>	21.12.2024 – 10.01.2025	<i>вик.</i>
5	<u>Висновки. Оформлення роботи.</u>	11.01.2025 – 15.01.2025	<i>вик.</i>

Студент

[Підпис]
(підпис)

Керівник проекту (роботи)

[Підпис]
(підпис)

Матвійчук К.Д.

(прізвище та ініціали)

Чернецька І.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Матвійчук К.Д. Модернізація теплової схеми з установкою додаткового обладнання на підприємстві «Яреськівський цукровий завод»: кваліф. робота магістра. Спеціальність 144 "Теплоенергетика". - Полтава : НУПП, 2025. - 125 с.

Магістерську роботу зі спеціальності 144 «Теплоенергетика» присвячено вдосконаленню теплової схеми Яреськівського цукрового заводу та підбору додаткового обладнання. Мета роботи – отримання студентом знань і навичок з наукового пошуку, аналізу й систематизації даних та конструювання технологічного обладнання для виробництва теплової енергії, аналіз та впровадження сучасних тенденцій у розвитку теплоенергетики на підприємствах. Розглянуто детально технологію цукрового виробництва та конструктивні рішення теплоенергетичного обладнання, яке при цьому використовується. Розроблено теплової схеми цукрового заводу та рекомендації щодо її модернізації. Виконано розрахунок теплової схеми до та після модернізації, проведено оцінку економії ресурсів та коштів, а також впливу на навколишнє середовище. Прийняті в роботі рішення, матеріали і обладнання забезпечують дотримання принципів енергозбереження й енергоефективності, економію природного газу, й мінімізацію шкідливого впливу на довкілля. Одержані результати сприяють ширшому впровадженню в теплоенергетиці технологій генерації енергії для цукрового виробництва, а також при реальному проектуванні теплоенергетичного обладнання промислових підприємств.

Ключові слова: цукровий завод, випарна установка, підігрівач, утфель, клеровка, енергоефективність, модернізація, технологія, тепла схема.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	4
1.1 Основна інформація про підприємство «Яреськівський цукровий завод»	4
1.2 Огляд технології виробництва цукру на підприємстві «Яреськівський цукровий завод»	6
1.3 Аналіз існуючих видів випарних апаратів	14
1.4 Аналіз принципу роботи та особливостей випарних апаратів.....	21
2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ. ВИБІР МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	34
2.1 Мета та завдання дослідження	34
2.2 Вихідні дані щодо об'єкту дослідження. Теплова схема цукрового заводу.....	35
2.2.1 Основні характеристики теплоенергетичного обладнання.....	53
2.2.2 Аналіз схеми отримання та розподілення теплової і електричної енергії на Яреськівському цукровому заводі.....	58
2.2.3. Обладнання ТЕЦ.....	60
3 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	64
3.1 Аналіз шляхів вдосконалення теплової схеми роботи цукрового заводу	64
3.2 Обґрунтування встановлення додаткового обладнання та модернізація теплової схеми.....	84
3.3. Розрахунок теплової схеми до та після модернізації	87
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	120
4.1 Заходи протипожежної безпеки	120
4.5 Екологічна безпека.....	121
ВИСНОВКИ	123
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	124

						601-НТ.11393644.МР		
<i>Зм.</i>	<i>Кільк.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Матвійчук К.Д.</i>				Модернізація теплової схеми з установкою додаткового обладнання на підприємстві «Яреськівський цукровий завод»	<i>Стадія</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>	<i>Чернецька І.В.</i>						2	125
<i>Зав. Каф.</i>	<i>Голік Ю.С.</i>				НУПП ім. Ю.Кондратюка			
<i>Н. контр.</i>								

ВСТУП

Технологія цукрового виробництва тісно пов'язана із різноманітними тепловими процесами. Вони реалізуються в теплообмінних апаратах: випарних апаратах, теплообмінниках типу «рідина-рідина» та парових підігрівачах, вакуум-апаратах, конденсаторах і ін. Це надає важливого значення ефективності роботи та раціональній експлуатації теплообмінного обладнання. від цього залежить як рівень енерговитрат на технологічні процеси, так і якісні показники готової продукції. В кінцевому рахунку ефективність використання теплообмінного обладнання значною мірою визначає техніко-економічні показники всього технологічного процесу виробництва цукру. Останнім часом в цукровій галузі відбувається інтенсивне нарощування продуктивності підприємств, зростає продуктивність окремих підприємств. Нарощування продуктивності цукрових заводів є об'єктивним процесом який забезпечує конкурентоздатність виробництва. Це вимагає оновлення парку теплообмінних апаратів та максимальної реалізації потенціалу наявного на підприємствах обладнання.

						601-НТ.11393644.МР	Арк.
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		3



Рисунок 1.3 – Приймання сировини – цукрового буряку



Рисунок 1.4 – Кагатне поле бурякоприймального пункту

Цукровий буряк із кагатного поля у вигляді буряководяної суміші (в пропорції від 1:8 до 1:10, залежно від рівня забруднення) транспортується на

Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

601-НТ.11393644.МР

Арк.

7

Технічна вода, відпрацьована у відстійниках, направляється на поля фільтрації (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Поля фільтрації

Елеватори подають буряки в бункер перед бурякорізками. Для забезпечення якісного очищення буряків від сторонніх предметів на стрічковому транспортері №1 та лотках подачі буряків із елеваторів на ваги встановлені електромагніти.

Очищені коренеплоди передаються на бурякорізки, де виготовляється бурякова стружка. Після зважування ця стружка подається в дифузійний апарат, де з неї вилучають цукор, утворюючи дифузійний сік. Завод обладнаний дифузійною установкою ДС-12, яка забезпечує вихід сирого жому в обсязі 90% від маси перероблюваних буряків, із вмістом сухих речовин у жомі 6,4%.

										Арк.
										9
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	601-НТ.11393644.МР				

Наступний етап – фільтрація соку. На підприємстві використовуються фільтри Diastar, показані на рисунку 1.8.



Рисунок 1.8 – Фільтри



Рисунок 1.9 – Випарна станція

Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

601-НТ.11393644.МР

Арк.

11

Фільтрований сік спрямовується на випарну установку (рисунок 1.9), де він концентрується шляхом випаровування води. У процесі сік доводиться до температури кипіння, що спричиняє випаровування вологи.

Отриманий концентрований сироп подається в продуктове відділення для уварювання. Для цього використовується трьохкристалізаційна схема з афінацією жовтого цукру. Утфель першого продукту вариться із сиропу та змішаної клеровки жовтого цукру, що отриманий із утфелю другого і третього продуктів. На завершальному етапі виділяється біла патока.

Утфель вариться при температурі 70 – 75 °С до вмісту сухих речовин (СВ) 92,0 – 92,5%, чистоти (Дб) 90 – 91%, і чистоти маточної основи (Дбм) 78 – 79%. Для запуску кристалізації використовується маточний утфель, який вариться із суміші сиропу та клеровок. Щойно вивантажений із вакуум-апарата утфель негайно центрифугується «нагаряче». Під час центрифугування після виділення першого відтоку (зелена патока) з показниками СВ = 82,5% і чистотою 80–85%, цукор промивається артезіанською водою. У результаті утворюється другий відтік (біла патока) з параметрами СВ = 76,5 – 77% і чистотою 85 – 86%.

Цукор із залишковою вологістю 0,8 – 1,0% транспортується віброконвеєром до елеватора, а звідти – у сушильний апарат цукру (рисунок 1.10), куди подається підготовлене гаряче повітря.

Після сушіння цукор просіюється через сито і стрічковим транспортером подається у бункер. На підприємстві функціонує склад безтарного зберігання цукру місткістю 50 000 тонн (рисунок 1.11). У цьому складі цукор регулярно перемішується та кондиціонується, щоб уникнути злипання, з постійним контролем температури й вологості.

						<i>601-НТ.11393644.МР</i>	Арк.
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		12



Рисунок 1.10 – Цукросушильне відділення



Рисунок 1.11 – Склад безтарного зберігання цукру

Готовий висушений цукор фасується в мішкотару і розміщується у складі готової продукції (рисунок 1.12). Мішки складаються в штабелі за допомогою спеціальних штабелеукладачів.

Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

601-НТ.11393644.МР

Арк.

13



Рисунок 1.12 – Лінія фасування та склад готової продукції

Для транспортування мішків із цукром у вантажівки та вагони застосовуються стрічкові переносні конвеєри. Відвантаження цукру в цукровози (рисунок 1.13) здійснюється у спеціальному цеху для безтарного відвантаження.



Рисунок 1.13 – Цукровоз

1.3 Аналіз існуючих видів випарних апаратів

1.3.1 Випарні апарати з природною циркуляцією

Випарні апарати є ключовими елементами теплообмінного обладнання цукрових заводів, визначаючи ефективність як технологічних, так і теплотехнічних процесів підприємства. Їх робота має вирішальний вплив на

						<i>601-НТ.11393644.МР</i>	Арк.
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		14

створювати більш ефективні установки із шістьма чи навіть сімома ступенями випаровування.

Водночас, плівкові апарати мають і свої недоліки: для їхньої роботи необхідні циркуляційні насоси, а сама конструкція чутлива до нерівномірності виробничого процесу.

На Яреськівському цукровому заводі експлуатується багатокорпусна випарна установка, яка складається з апаратів різних типів і виробників із різною площею теплообміну. Загальна площа теплообміну всієї установки становить 18 440 м², що забезпечує потреби заводу в умовах сучасного виробництва.

1.3.2 Випарні апарати марки А2-ПВВ

Смілянський машинобудівний завод із початку 80-х років ХХ століття серійно виготовляє випарні апарати моделі А2-ПВВ, розроблені УкрНДІпродмаш, які використовуються на Яреськівському цукровому заводі. Ці апарати створені на основі досвіду проектування випарних апаратів для цукрової промисловості, накопиченого такими організаціями, як ЦІНС, НВО «Цукор», Гіпроцукор, КТІХП та іншими, а також на основі експлуатації апаратів, вироблених закордонними компаніями, які працювали на цукрових заводах колишнього СРСР. Основні характеристики цих випарних апаратів наведено в таблиці 4.1.

						<i>601-НТ.11393644.МР</i>	Арк.
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		16

У верхній частині надсокової камери розташовано сепаратор 35 жалюзійного типу, який відділяє від вторинної пари бризки та краплі цукрового розчину. Зібрана волога виводиться із сепаратора через трубу 36. Для контролю рівня соку передбачено оглядові вікна 10 та скло в похилому патрубку 30 зі встановленою лампою для освітлення. Для автоматичного регулювання рівня соку використовується пристрій 7 із регулятором рівня типу РУБ.

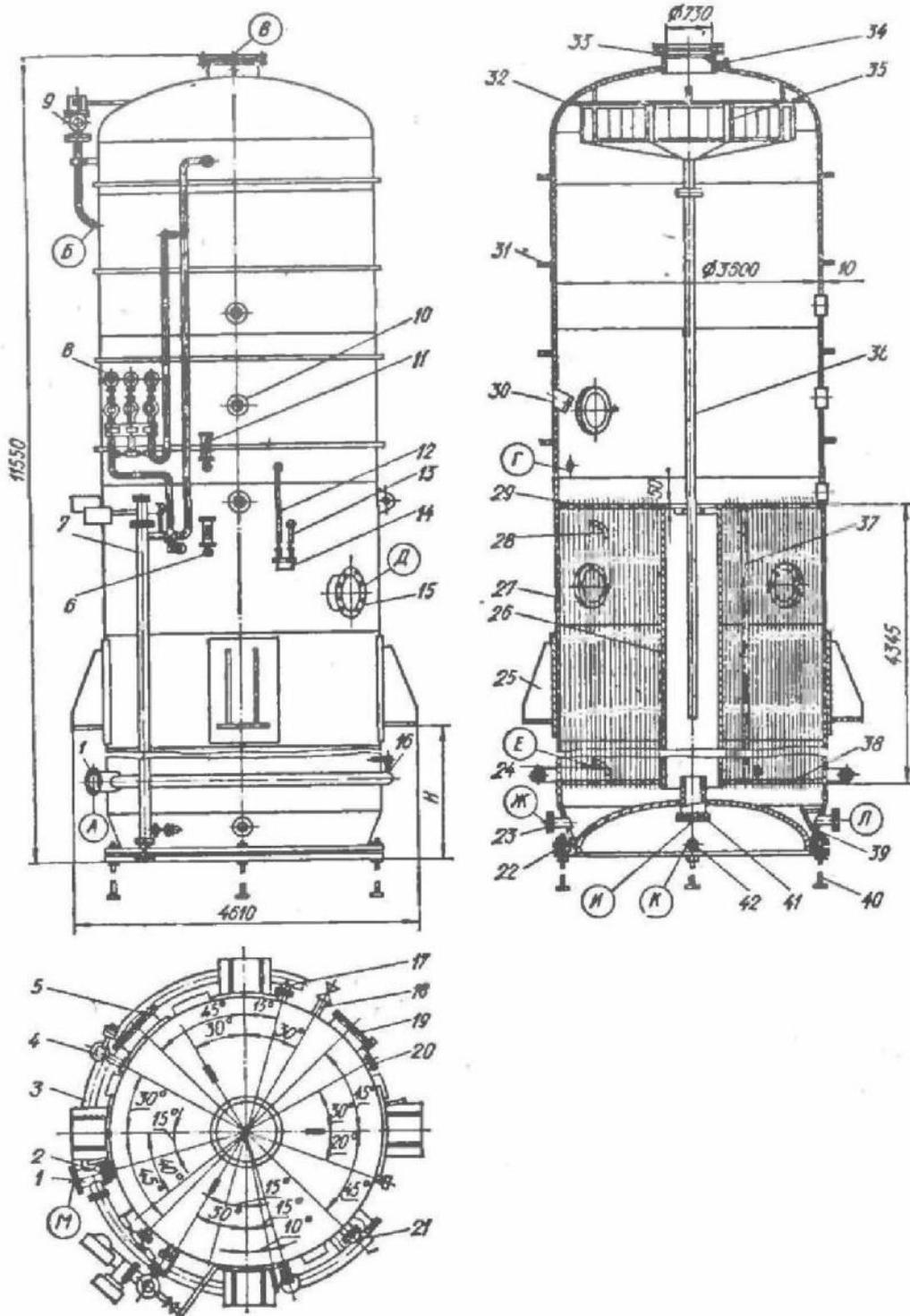


Рисунок 1.14 – Випарний апарат марки А2-ПВВ-236

Эм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

601-НТ.11393644.МР

Арк.

18

днищем. Нижня частина сепаратора закрита конічною сегментною парасолькою 8 із патрубком 19. Парасолька складається з восьми секторів, які по периметру приварені до конструктивних елементів каркаса 2.

Жалюзійні пакети вставляються у каркас вільно та фіксуються за допомогою болтів 10 і притискних планок 11. Жалюзійні пластини 6, виконані у формі хвиль синусоїдальної форми, розташовуються в пакеті на певній відстані одна від одної. Зазори між пластинами забезпечуються планками 5 і 7, до яких пластини кріпляться методом електрозварювання.

Коли вторинна пара проходить через зазори між жалюзійними пластинами 6, краплі рідини під дією інерційних сил осідають на пластини та, під дією сили тяжіння, стікають вниз. Спочатку рідина потрапляє в конічну парасольку 8, а потім через патрубок 9 переходить у приєднану трубу, що веде до циркуляційної труби випарного апарата (нижче рівня соку).

Випарні апарати інших типорозмірів мають аналогічну конструкцію до апарата А2-ПВВ-2360, відрізняючись лише окремими елементами, такими як довжина та кількість кип'ятільних трубок, кількість жалюзійних пакетів сепаратора тощо.

1.4 Аналіз принципу роботи та особливостей випарних апаратів

Розглянемо детально роботу випарних апаратів з природною циркуляцією та проаналізуємо особливості гідродинамічних та тепломасообмінних процесів.

1.4.1 Робота випарних апаратів із природною циркуляцією

Кипіння рідини в вертикальних трубах є складним тепловим та гідродинамічним процесом – рисунок 1.16.

						<i>601-НТ.11393644.МР</i>	Арк.
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		21

швидкості та тиску. Процес теплопередачі в основному підкоряється законам теплообміну при бульбашковому кипінні. З часом, при достатній висоті теплообмінної труби та інтенсивному теплообміні, окремі парові пробки об'єднуються. Пара рухається по центральній частині труби, а рідина – по її поверхні. Зазвичай потік пари не здатний підняти плівку рідини, оскільки його швидкість є недостатньою. В результаті утворюється так званий «застій циркуляції», рідина висихає, і поверхня теплообміну оголюється, що призводить до виникнення кризового режиму теплообміну другого роду.

Циркуляційний контур в випарному апараті (рис. 1.17) утворюється завдяки тому, що в циркуляційній трубі підтримується рівень рідини h .

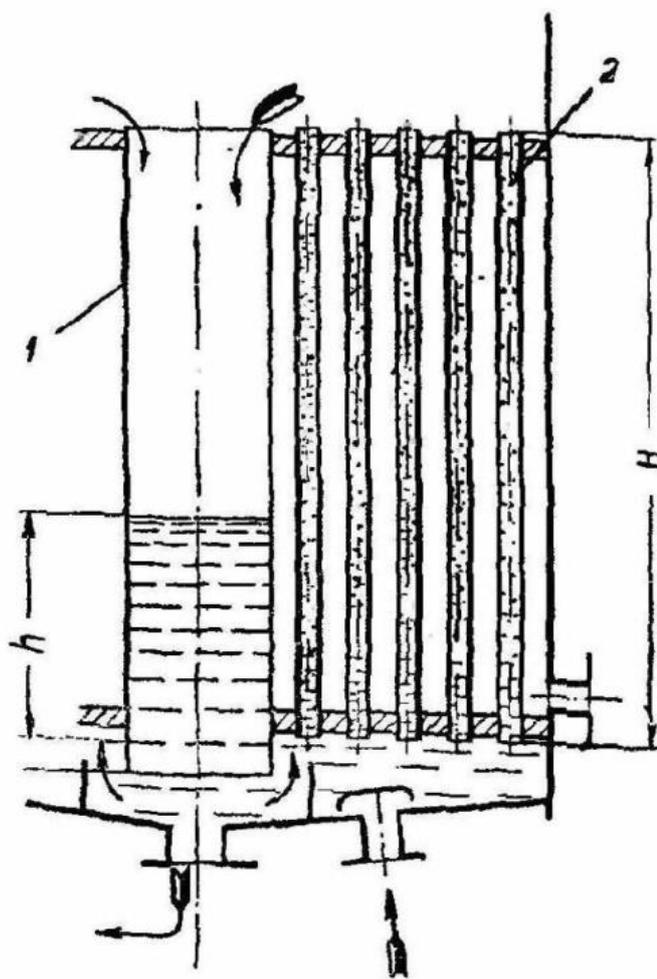


Рисунок 1.17 – Циркуляція рідини в випарному апараті

Густина розчину в циркуляційній трубі відповідає густині при температурі кипіння, і для згущення цукрових розчинів вона коливається в межах 1000...1330 кг/м³. В теплообмінних трубках рідина кипить, а густина водяної пари в умовах роботи випарних установок цукрових заводів становить 0,35–

1,15 кг/м³. Густина парорідинної суміші в теплообмінних трубках випарного апарату буде знаходитися в межах 200–700 кг/м³, що в 2–5 разів менше. Таким чином, рівень парорідинної суміші має значно перевищувати рівень рідини в циркуляційній трубці.

Якщо висота теплообмінної труби виявляється меншою за рівень парорідинної суміші, вона виходить у надтрубний простір. Тут відбувається розділення пари і рідини: пара виводиться з випарного апарату, а рідина спускається по верхній трубній решітці в циркуляційну трубу, потрапляє в підтрубний простір, де змішується з новими порціями рідини і знову потрапляє в теплообмінні труби апарату. Таким чином, утворюється циркуляційний контур. Підвищення рівня розчину в циркуляційній трубці призводить до збільшення рушійної сили циркуляції, що сприяє збільшенню швидкості цього процесу. Однак одночасно зростає висота економайзерної зони, а середній коефіцієнт теплопередачі в апараті зменшується. Якщо ж рівень розчину в циркуляційній трубці занадто низький, рівень парорідинної суміші в теплообмінній трубці буде меншим за її висоту, що припинить циркуляцію рідини, а верхня частина труби залишиться без теплообміну. Вплив рівня розчину на теплопередачу у випарному апараті з природною циркуляцією соку можна продемонструвати графічно, як показано на рисунку 1.18.

Основною умовою нормальної роботи випарних апаратів із природною циркуляцією є забезпечення оптимального рівня соку та повне відведення конденсату і неконденсуючих газів із гріючої камери.

						<i>601-НТ.11393644.МР</i>	Арк.
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		24

теплових потоків від 3000 до 100000 ккал/(м²·год) при кипінні води і цукрових розчинів з концентрацією до 70 % СР.

У вигляді розмірної залежності коефіцієнт Нуссельта (Nu) можна виразити так:

$$Nu = 3,25 \cdot 10^{-4} \left(\frac{q \cdot \delta \cdot c \cdot \rho}{r \cdot \lambda \cdot \rho_n} \right)^{0,6} \cdot \left(\frac{P \cdot \delta}{\sigma} \right)^{0,7} \cdot \left(\frac{g \cdot \delta^2}{\nu^2} \right)^{0,125}, \quad (1.2)$$

де P - абсолютний тиск над киплячою рідиною, атм;

r та ρ_n - питома маса розчину та пари, кг/м³;

$\delta = \sqrt{\frac{\sigma}{\gamma - \gamma_n}}$ – визначальний розмір, пропорційний відривному діаметру парової бульбашки, м.

Для полегшення розрахунків залежність (1.2) було представлено у вигляді емпіричної формули:

$$\alpha_2 = B \cdot q^{0,6} \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{°C}), \quad (1.3)$$

Параметр B, який залежить від фізичних властивостей киплячого цукрового розчину, визначається із графіка на рисунку 1.19.

						<i>601-НТ.11393644.МР</i>	Арк.
Эм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		26

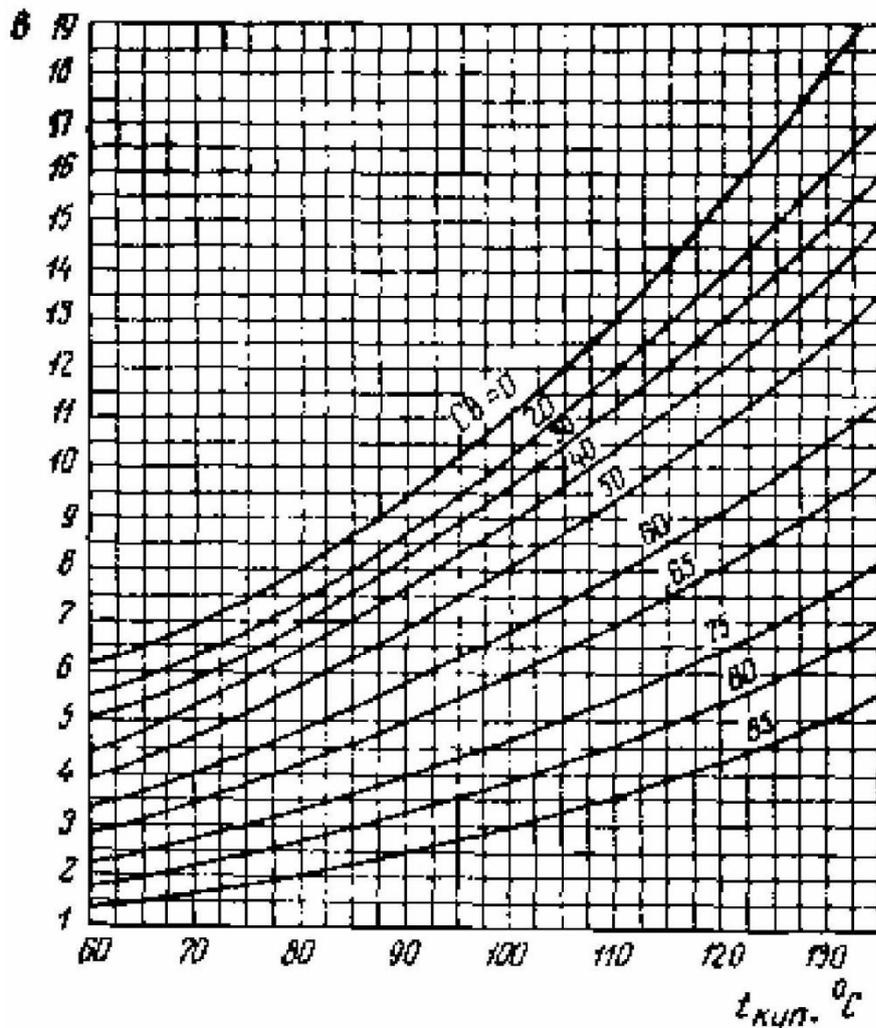


Рисунок 1.19 – Залежність параметра В від концентрації цукрового розчину та температури кипіння

Для нормального протікання процесу теплопередачі у випарних апаратах, так само як і в підігрівачах, важливим є повне видалення конденсату та неконденсуючих газів з гріючих камер. Якщо конденсат не відводиться належним чином, нижня частина теплообмінних труб заповнюється конденсатом і виводиться з експлуатації. У випадку накопичення неконденсуючих газів, погіршуються умови подачі пари до поверхні конденсації. Вплив цього фактора можна показати графіками, що демонструють зростання недогріву води, які наведені на рисунку 1.20 для поверхневих і пароконтактних підігрівачів в залежності від кількості повітря, що подається разом з гріючою парою.

Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

601-НТ.11393644.МР

Арк.

27

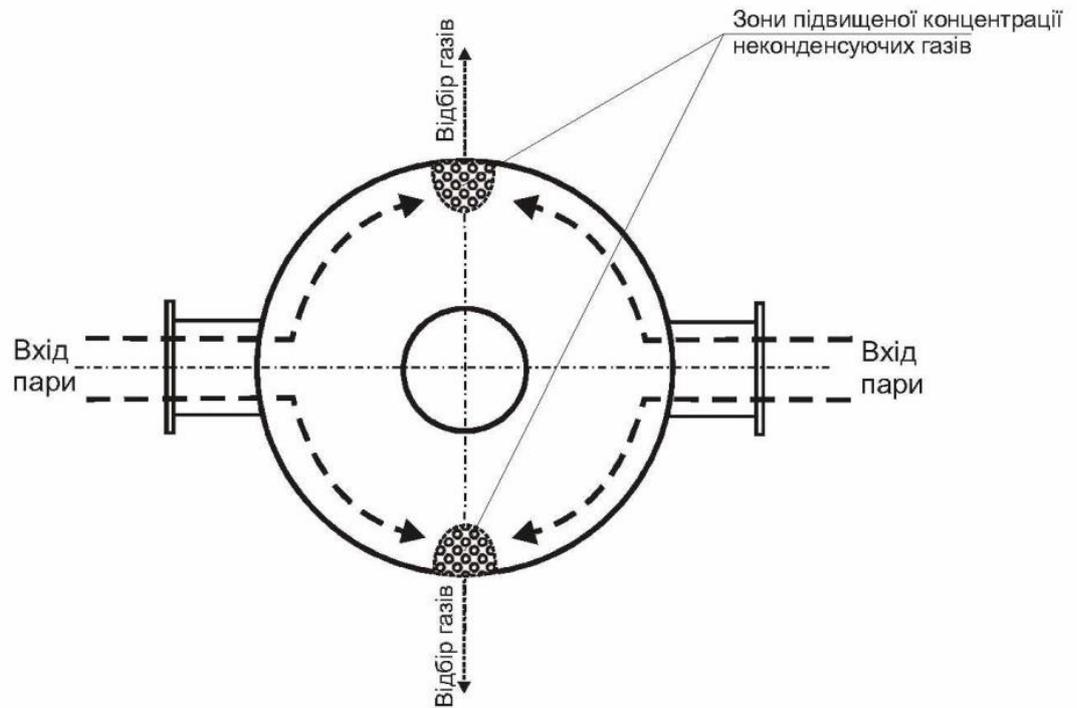


Рисунок 1.21 – Схема відведення неконденсуючих газів із парової камери випарного апарату при двосторонньому підведенні пари

Оскільки висота гріючої камери варіюється від 3 до 4,5 м, відбір газів рекомендується проводити в 2-3 точках по висоті камери. Співставлення розрахункових теплотехнічних показників випарного апарату з фактичними значеннями, отриманими в умовах виробництва, може допомогти виявити наявність неполадок у роботі. Такі порівняння найкраще проводити на початку виробничого сезону, коли поверхня теплообміну ще залишається достатньо чистою. Своєчасне усунення виявлених дефектів дозволить поліпшити ефективність тепловикористання протягом всього сезону.

Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

601-НТ.11393644.МР

Арк.

29

1.4.2 Термічний опір відкладень у випарних апаратах та підігрівачах цукрового виробництва

Відкладення на поверхні теплообміну можуть суттєво погіршити умови теплопередачі в теплообмінному апараті, а в деяких випадках вони можуть призвести до повної втрати працездатності апарату. У технології цукрового виробництва існують три основні типи відкладень:

- накип, тобто кристалізація солей або продуктів хімічних реакцій на поверхні теплообміну;
- відкладення суспендованих мікрочасток органічних та неорганічних речовин, продуктів корозії, а також пригорання органічних речовин на поверхні теплообміну;
- біологічне забруднення (обростання) поверхні теплообміну.

Накип може утворюватися під час нагрівання через розкладання гідрокарбонатів (бікарбонатів) кальцію або магнію на карбонати (CaCO_3 або MgCO_3), воду та вуглекислий газ. Ці бікарбонати можуть потрапити з водою з водойм або в результаті порушення технологічного процесу очищення соків. Крім того, при згущенні соків відбувається перенасичення розчинених солей органічних та неорганічних кислот. Для випарних установок бурякоцукрових заводів термічний опір шару накипу, в залежності від умов та тривалості роботи, питомого навантаження поверхні теплообміну та ступеня згущення розчину, розраховується за формулою 1.4 відповідно до методики Н. Ю. Тобілевича:

$$R_{\text{нак}} = \psi \cdot \tau \cdot q_1 / r_1 ;$$
$$\text{де } \psi = C \cdot (y - 1)^{1,6} , \quad (1.4)$$

де C - емпіричний коефіцієнт, який враховує умови роботи випарної установки;

										Арк.
										30
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	601-НТ.11393644.МР				

$y = C_{Pi} / C_{Pc}$ – ступінь згущення розчину, відношення концентрації сухих речовин киплячого розчину у відповідному корпусі випарної установки до концентрації сухих речовин соку на вході у випарну установку.

t - тривалість роботи випарного апарату, діб.

Відкладення суспендованих мікрочасток органічних та неорганічних речовин, продуктів корозії, а також пригорання органічних речовин на поверхні теплообміну можуть виникати в підігрівачах дифузійної установки (колонної або ротаційної) та в підігрівачах дифузійного соку при використанні схеми очищення з гарячою дефекацією. Біологічне обростання може відбуватися при температурах до 45-50 °С, наприклад, під час охолодження циркуляційної води мішалок-кристалізаторів. Під час роботи підігрівачів відкладення на поверхні теплообміну відбуваються одночасно зі змивом їх у потік, при цьому інтенсивність змивання пропорційна товщині шару відкладень.

Аналіз такої моделі процесу показує, що при постійних умовах роботи підігрівача досягається граничний максимальний термічний опір відкладень. Це означає, що величини потоку збільшення відкладень на поверхні теплообміну та потоку змивання відкладень вирівнюються. Тому процес зростання термічного опору відкладень можна описати залежністю (1.5):

$$R_v = R_{max} [1 - \exp(-b\tau)]; \quad (1.5),$$

де t - тривалість процесу відкладень;

b - коефіцієнт пропорційності, який залежить від виду нагріваного продукту та гідродинамічних умов.

Графічне зображення зміни коефіцієнту теплопередачі показано на рисунку 1.22.

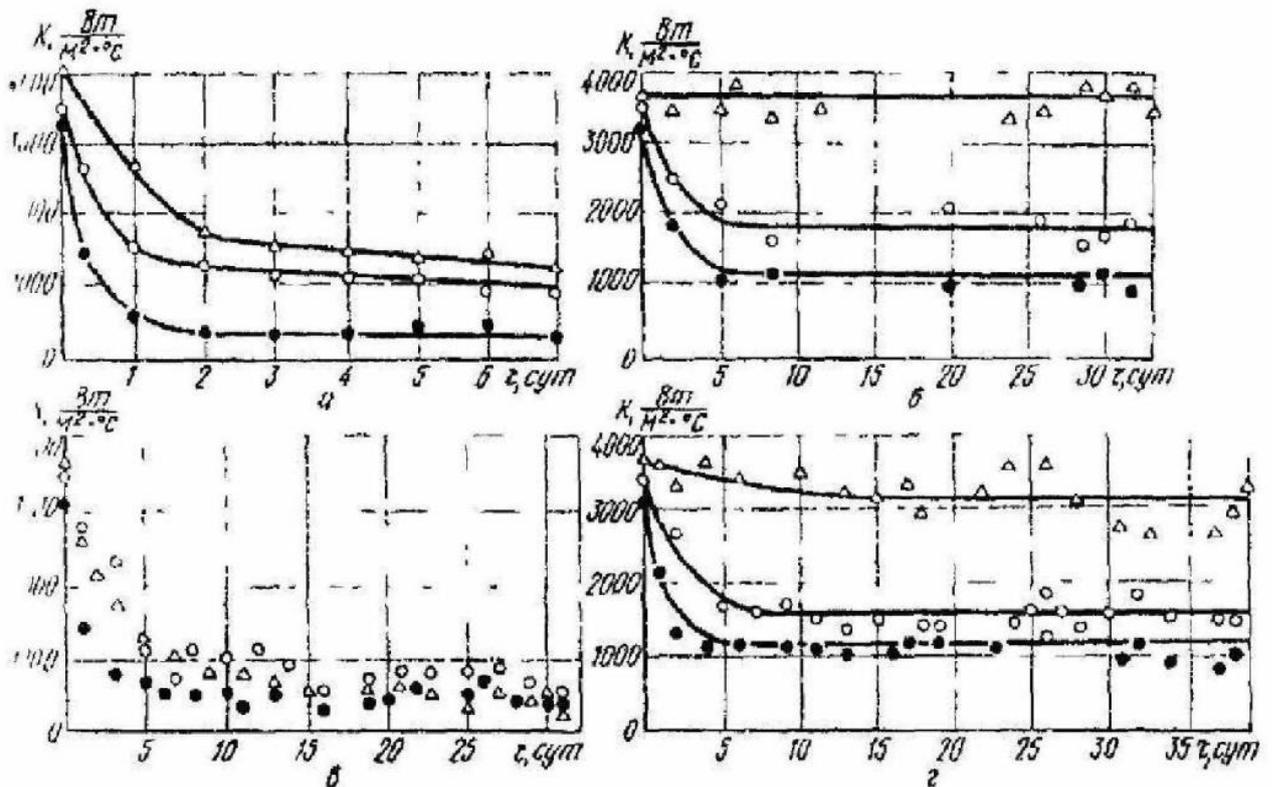


Рисунок 1.22 – Залежність зміни коефіцієнту теплопередачі від тривалості роботи і швидкості соку для підігрівачів дифузійного соку (а), соку 1 сатурації (б), соку перед 2 сатурацією (в), соку перед випарною установкою (г) для швидкості соку: • - $w = 1$ м/с ; о - $w = 2$ м/с ; Δ - $w = 3$ м/с

Для забезпечення теплообмінним апаратом необхідного нагріву продукту протягом тривалого часу потрібно розраховувати його теплотехнічні характеристики, зокрема максимальний (граничний) термічний опір відкладень. Аналіз, заснований на умовах вищеописаної моделі процесу росту відкладень на поверхні теплообміну, показує, що величина максимального термічного опору має бути обернено пропорційною квадрату швидкості руху розчину. Для круглих теплообмінних труб діаметром 33x1,5 мм ця залежність може бути представлена наближеною апроксимацією у вигляді рівняння (1.6):

$$R_{\max} = A/w^2 - B \quad (1.6)$$

Коефіцієнти в формулі обираються в залежності від виду нагріваємого соку.

Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ. ВИБІР МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Мета та завдання дослідження

Мета роботи – вдосконалення теплової схеми Яреньківського цукрового заводу та підбір додаткового обладнання.

Задачі дослідження:

- вивчити технологічну схему роботи цукрового заводу;
- проаналізувати роботу теплоенергетичного обладнання та схеми його підключення;
- скласти детальну теплову схему цукрового заводу;
- розглянути можливі варіанти модернізації існуючої теплової схеми;
- виконати креслення та розрахунки теплової схеми до та після запропонованих заходів;
- проаналізувати зміну параметрів роботи після встановлення додаткового обладнання;
- виконати оцінку впливу модернізації на навколишнє середовище.

Об'єкт дослідження – Яреньківський цукровий завод.

Предмет дослідження – теплова схема Яреньківського цукрового заводу.

Методи досліджень – системний аналіз, емпіричні методи (спостереження за роботою діючого цукрового виробництва), теоретичний розрахунковий експеримент з визначення параметрів роботи до та після модернізації, техніко-економічне порівняння та прогнозування.

						601-НТ.11393644.МР	Арк.
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		34

Инв № подл	Подп. та дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. та дата

Зм.	
Лист	
№ док.	
Підпис.	
Дата	

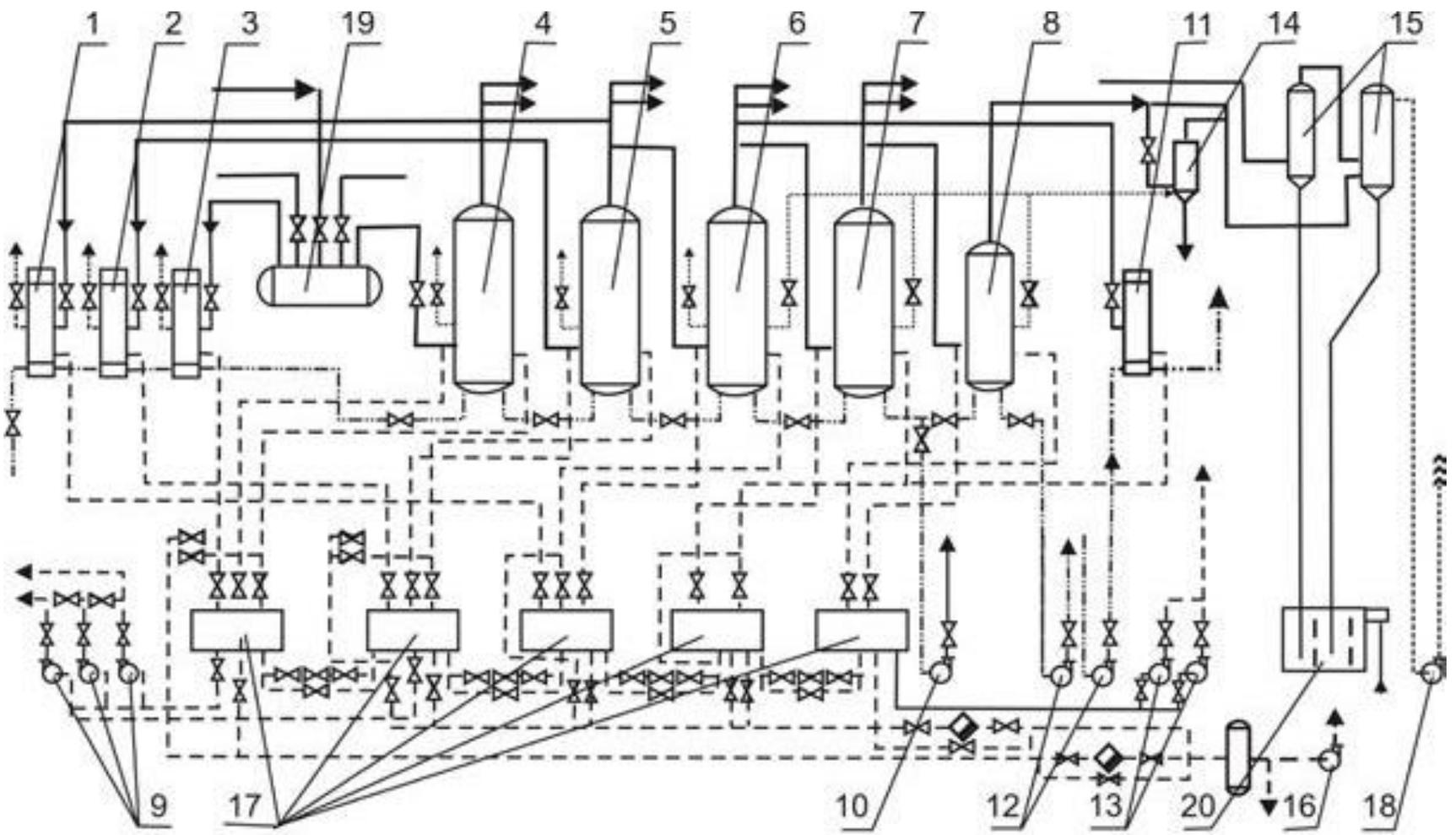


Рисунок 2.2 – Принципова тепла схема випарної установки:

1,2,3,11 – підігрівачі; 4-8 – корпуси випарної установки; 9,10,12,13,16 – насоси; 14 – пароконтактний підігрівач; 15 – конденсатор; 17 – збірники конденсату; 18 – вакуум-насос; 19 – збірник ретурної пари; 20 – барометричний ящик

601-НТ. 11393644.МР

Тепловий баланс бурякоцукрового заводу представлено в таблиці 2.1.

Таблиця – 2.1 Тепловий баланс бурякоцукрового заводу

	Найменування показника	Величина , Мкал/т б.	Частка тепла, %
Прихід тепла			
1	Гріюча пара із	351,28	71,98
2	Буряк	9,00	1,84
3	Барометрична	40,42	8,28
4	Вапняне молоко і	14,86	3,04
5	Електроенергія	18,28	3,74
6	Повернення конденсату із	35,00	7,17
7	Повернення жомопресової	19,21	3,94
	УСЬОГО	488,04	100,00
Витрата тепла			
1	Конденсат у	115,20	23,60
2	Конденсат в аміачний	61,38	12,58
3	Жом віджатий	32,98	6,76
4	Цукор	2,88	0,59
5	Фільтраційний	5,18	1,06
6	Пара на конденсатор	126,00	25,82
7	Аспірація	1,50	0,31
8	Тепловтрати через поверхню обпалювання та	113,94	23,35
9	Тепловтрати при 1-й	17,70	3,63
10	Тепловтрати при 2-й	6,92	1,42
11	Сульфитація воли	2,53	0,52
12	Сульфитація соку	1,35	0,28
13	Сульфитація сиропу	0,48	0,10
	УСЬОГО	488,04	100,00

Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

601-МНТ 19062 МР

Арк.

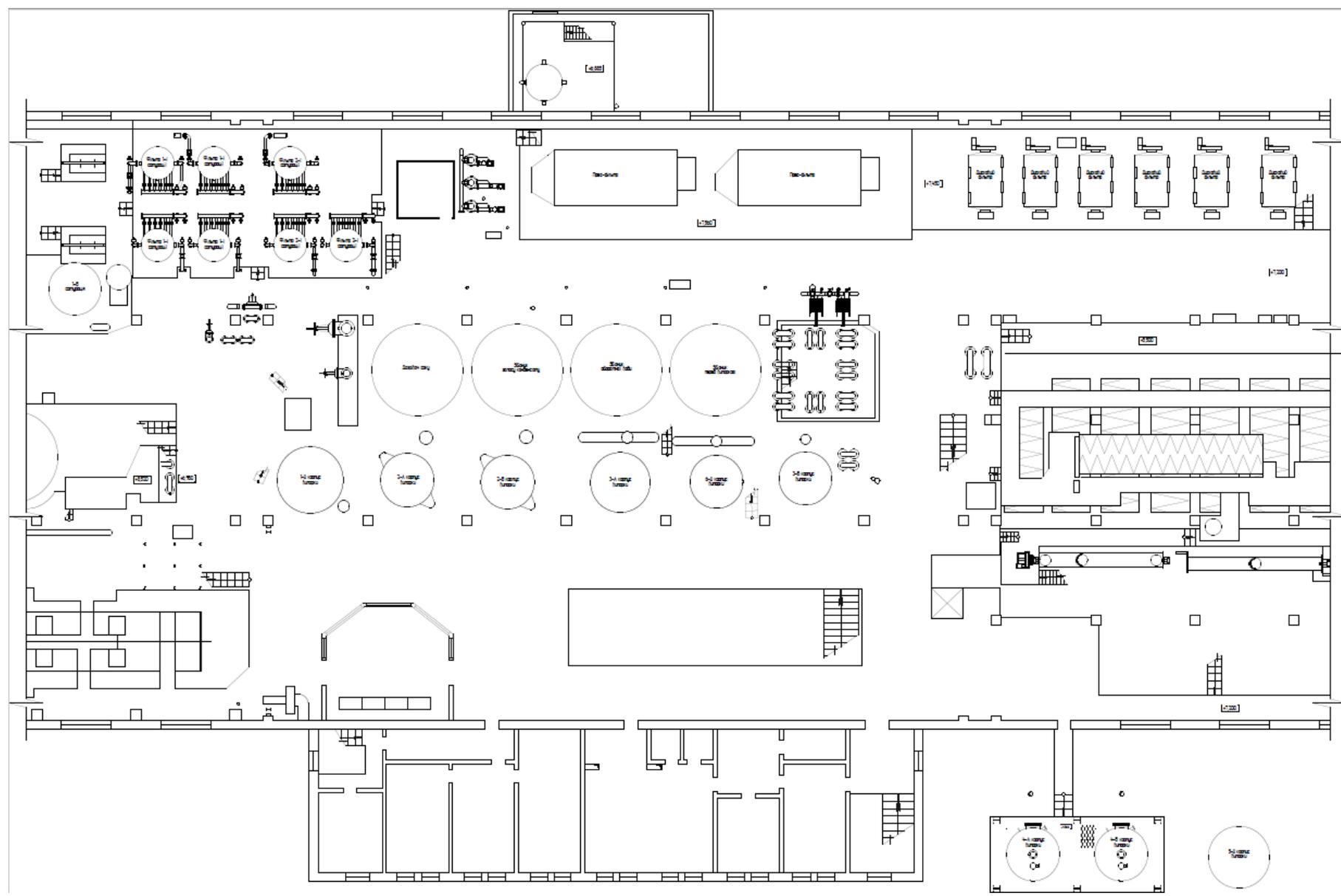
38

	випарної станції		
7.4.	Група 4 – підігрівач соку перед 1-м корпусом випарної станції	2-й корпус випарної станції	
7.5.	Група 5 – підігрівач соку перед 1-м корпусом випарної станції	1-й корпус випарної станції	
7.6.	Група 6 – підігрівач соку перед 1-м корпусом випарної станції	1-й корпус випарної станції	
8.	Підігрівник промію на гасіння вапна	3-й корпус випарної станції	

План розташування обладнання показано на рис. 2.3.

Інв № ориг	Підп. та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. та дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис.	Дата



601-НТ.11393644.МР

Рисунок 2.3 – План розташування основного обладнання головного корпусу

На основі технології виготовлення цукру, описаної в п.2.2, та аналізу існуючого обладнання складена загальна блок-схема роботи заводу (рис. 2.4).

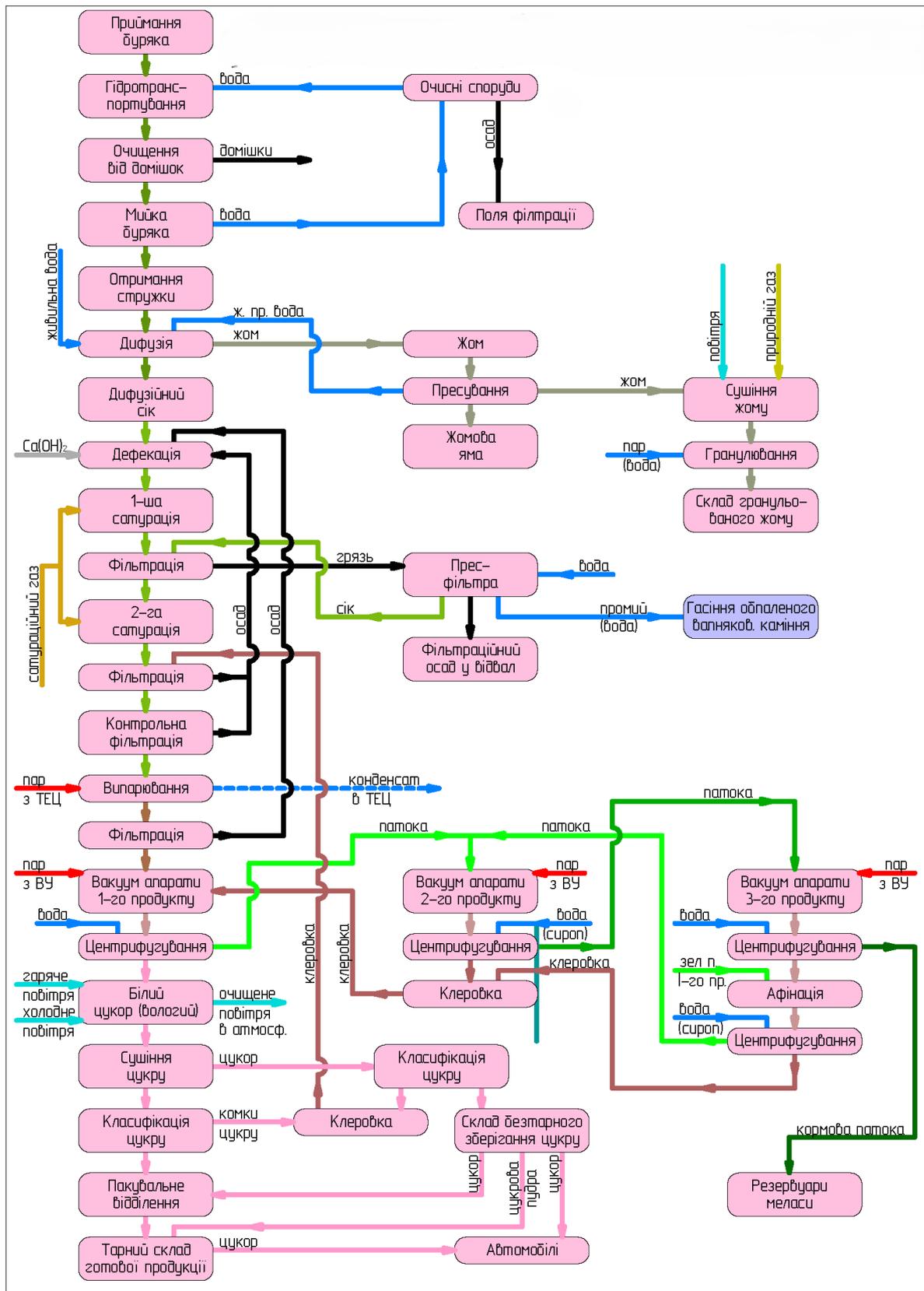


Рисунок 2.4 – Загальна блок-схема роботи заводу

Эм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

601-МНТ 19062 МР

Арк.

43

Ретурна пара з ТЕЦ по паропроводу поступає на головний колектор ретурної пари заводу з $T=126^{\circ}\text{C}$ та тиском $P=0,15\text{МПа}$.

Із головного колектору пари заводу передбачено дві схеми розподілу пари:

- при запуску заводу (подача пари на дифузійний апарат, підігрівники живильної води, 1-й корпус випарної станції, продуктове відділення);
- при роботі заводу (подача пари в парову камеру 1-го корпусу випарної станції).

При кипінні соку в трубках сокового простору 1-го корпусу випарної станції утворюється соковий пар $T=124^{\circ}\text{C}$ та тиском $P=0,121\text{МПа}$ який поступає на 2А та 2Б корпусу випарної станції (по пару з'єднання паралельне, по сокові з'єднання послідовне), а також:

- на продуктове відділення (сушка цукру, центрифуги 1-го, 2-го та 3-го продукту, клеровочні збірники, пропарки паточних насосів, пропарки вакуумапаратів);
- на два підігрівника соку перед 1-м корпусом випарної станції.

Із ретурної пари в паровому просторі 1-го корпусу випарної станції утворюється конденсат який відводиться в збірник конденсату з $T=125^{\circ}\text{C}$, незконденсовані гази відводяться через відтяжки до колектору незконденсованих газів. Конденсат охолоджується в 5-ти секційному конденсатозбірнику до $T=105^{\circ}\text{C}$ після чого насосами подається на деаератор ТЕЦ.

При кипінні соку в трубках сокового простору 2А та 2Б корпусу випарної станції утворюється соковий пар $T=118^{\circ}\text{C}$ та тиском $P=0,083\text{МПа}$ який поступає на 3А та 3Б корпусу випарної станції (по пару з'єднання паралельне, по сокові з'єднання послідовне), а також:

- підігрівач соку перед 1-м корпусом випарної станції;
- підігрівач жомопресової води;
- підігрівач промию на гасіння вапна;
- підігрівач соку другої сатурації.

						<i>601-МНТ 19062 МР</i>	Арк.
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		44

Конденсат відводиться в конденсатозбірник, де охолоджується і насосами подається на деаератор ТЕЦ. Незконденсовані гази відводяться через відтяжки до колектору незконденсованих газів.

При кипінні соку в трубках сокового простору 3А та 3Б корпусу випарної станції утворюється соковий пар $T=111^{\circ}\text{C}$ та тиском $P=0,048\text{МПа}$ який поступає на 4А та 4Б корпусу плівкового типу випарної станції (по пару з'єднання паралельне, по сокові з'єднання послідовне), а також:

- на чотири парові камери дифузійного апарату;
- підігрівач жомопресової води;
- підігрівач промию на гасіння вапна;
- підігрівач соку перед 1-м корпусом випарної станції;
- підігрівач соку перед 2-ю сатурацією;
- підігрівач дефекованого соку.

Конденсат відводиться в конденсатозбірник, де охолоджується і насосами подається на потреби виробництва. Незконденсовані гази відводяться через відтяжки до колектору незконденсованих газів.

При кипінні соку в трубках сокового простору 4А та 4Б корпусу випарної станції утворюється соковий пар $T=105^{\circ}\text{C}$ та тиском $P=0,020\text{МПа}$ який поступає на 5-й корпус плівкового типу випарної станції, а також:

- вакууапарати уварювання утфелів 1-го продукту;
- підігрівач соку перед 1-м корпусом випарної станції;
- підігрівач соку перед контрольною фільтрацією;
- підігрівач дефекованого соку;
- підігрівач живильної води.

Конденсат відводиться в конденсатозбірник, де охолоджується і насосами подається на потреби виробництва. Несконденсовані гази відводяться через відтяжки до колектору незконденсованих газів.

При кипінні соку в трубках сокового простору 5-го корпусу випарної станції утворюється соковий пар $T=102^{\circ}\text{C}$ та тиском $P=-0,003\text{МПа}$ який поступає на 6-й корпус випарної станції, а також:

- вакууапарати уварювання утфелів 2-3-го продукту;

						<i>601-МНТ 19062 МР</i>	Арк.
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		45

- підігрівач соку перед контрольною фільтрацією;
- підігрівачі дефекованого соку.

Конденсат відводиться в конденсатозбірник, де охолоджується і насосами подається на потреби виробництва. Незконденсовані гази відводяться через відтяжки до колектору незконденсованих газів.

Із 6-го корпусу випарної станції соковий пар надходить на підігрівач дефекованого соку.

Конденсат відводиться в конденсатозбірник, де охолоджується і насосами подається на потреби виробництва. Незконденсовані гази відводяться через відтяжки до парової камери 6-го корпусу.

№ корпусу ВС	Площа випарювання, м ²	Температура пари, °С	Тиск пари, МПа	Сухі речовини на виході, %
1	3000	124	0,121	21,3
2А	1800	117	0,083	24,0
2Б	1800	117	0,083	27,3
3А	2360	111	0,048	33,5
3Б	1180	111	0,048	37,3
4А	2200	107	0,020	42,0
4Б	2200	107	0,020	50,8
5	2600	99	-0,003	63,3
6	1500	87	-0,038	68,5

Під випарною станцією знаходиться конденсатозбірник який складається з 13-ти секцій охолодження конденсату. Охолодження конденсатів відбувається за рахунок переходу його від секції з високою температурою до секції з нижчою температурою. У кожену секцію конденсатозбірника вбудовані відтяжки несконденсованих газів.

Конденсат із 1-го корпусу випарної станції охолоджується в п'яти секціях конденсатозбірника (№1, 2, 4, 6,7) і насосами через теплообмінник соку на 1-й корпус випарної станції подається на деаератор ТЕЦ.

Конденсат з 2-го корпусу випарної станції охолоджується в чотирьох секціях конденсатозбірника (№3, 5, 8, 9) і насосами через теплообмінник соку 2-ї сатурації подається на деаератор ТЕЦ.

						<i>601-МНТ 19062 МР</i>	Арк.
Эм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		46

Надлишок конденсату з ТЕЦ повертається в 12-ту секцію конденсатозбірника.

Конденсат із секцій конденсатозбірника №10, 11, 12, 13 використовується на потреби виробництва. Конденсат із 13-ї секції конденсатозбірника за допомогою теплообмінників соку перед 2-ю сатурацією і теплообмінники дефекованого соку охолоджується з $T=96-98^{\circ}\text{C}$ до $T=65-70^{\circ}\text{C}$. Охолоджений конденсат поступає до технологічного збірника запасу конденсату на технологічні потреби з якого розподілюється на:

- збірник запасу конденсату на дифузійний апарат;
- аварійного підживлення соку перед випарною станцією;
- аварійного підживлення 6-го корпусу випарної станції;
- збірник аварійного підживлення плівкових корпусів випарної станції.

Надлишки охолодженого конденсату через теплообмінник дифузійного соку надходять у систему зворотнього водопостачання.

Відтяжки незконденсованих газів приєднанні до загального колектора.

Відтяжки збираються з:

- корпусів випарної станції 1, 2А, 2Б, 3А, 3Б, 4А, 4Б, 5, 6;
- п'яти груп підігрівачів соку перед 1-м корпусом випарної станції;
- двох груп підігрівачів дефекованого соку;
- однієї групи підігрівачів соку перед другою сатурацією.

На рис. 2.4 зображена схема роботи конденсатних збірників.

						<i>601-МНТ 19062 МР</i>	Арк.
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		47

Інв № ориг	Підп. та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. та дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис.	Дата

601-НТ.11393644.МР

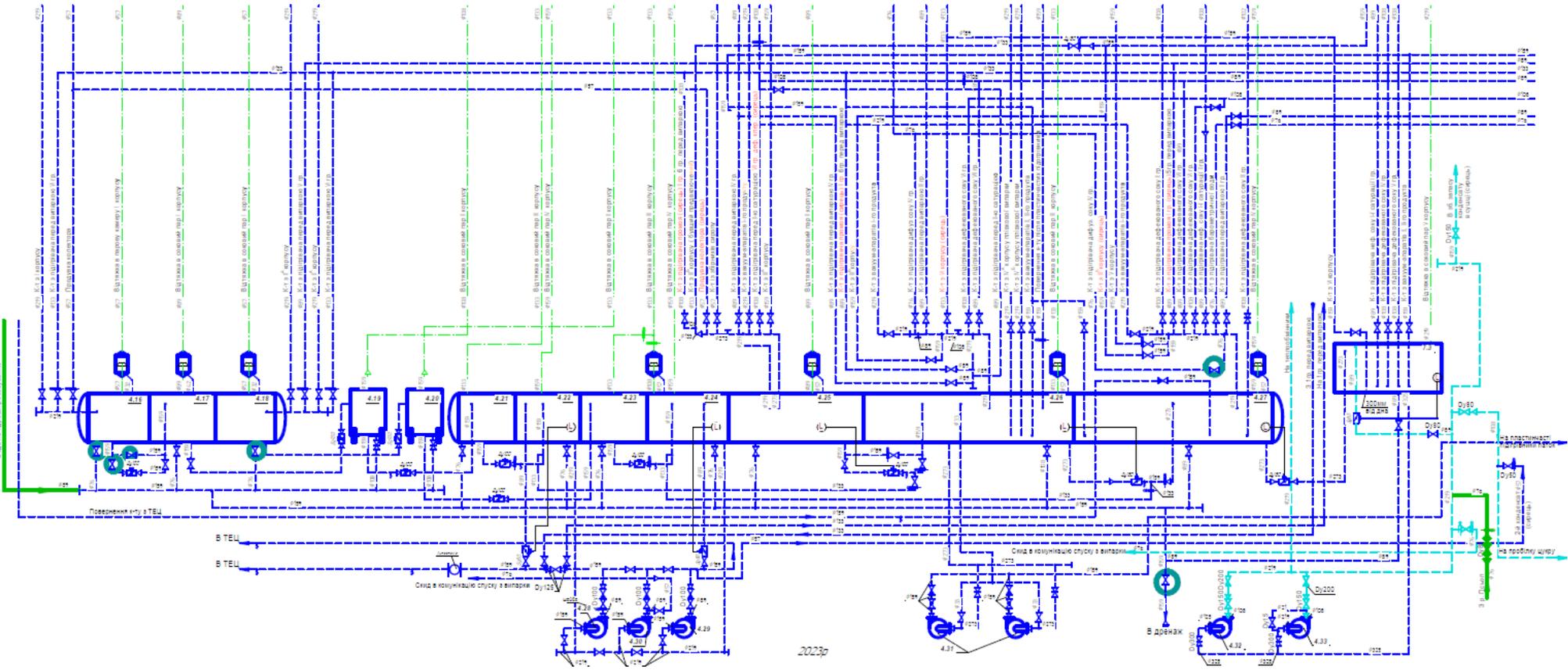


Рисунок 2.4 – Конденсатні збірники

Теплова схема дифузійного апарату похилого типу показана на рисунку 2.5, а загальний вигляд – на рис. 2.6.

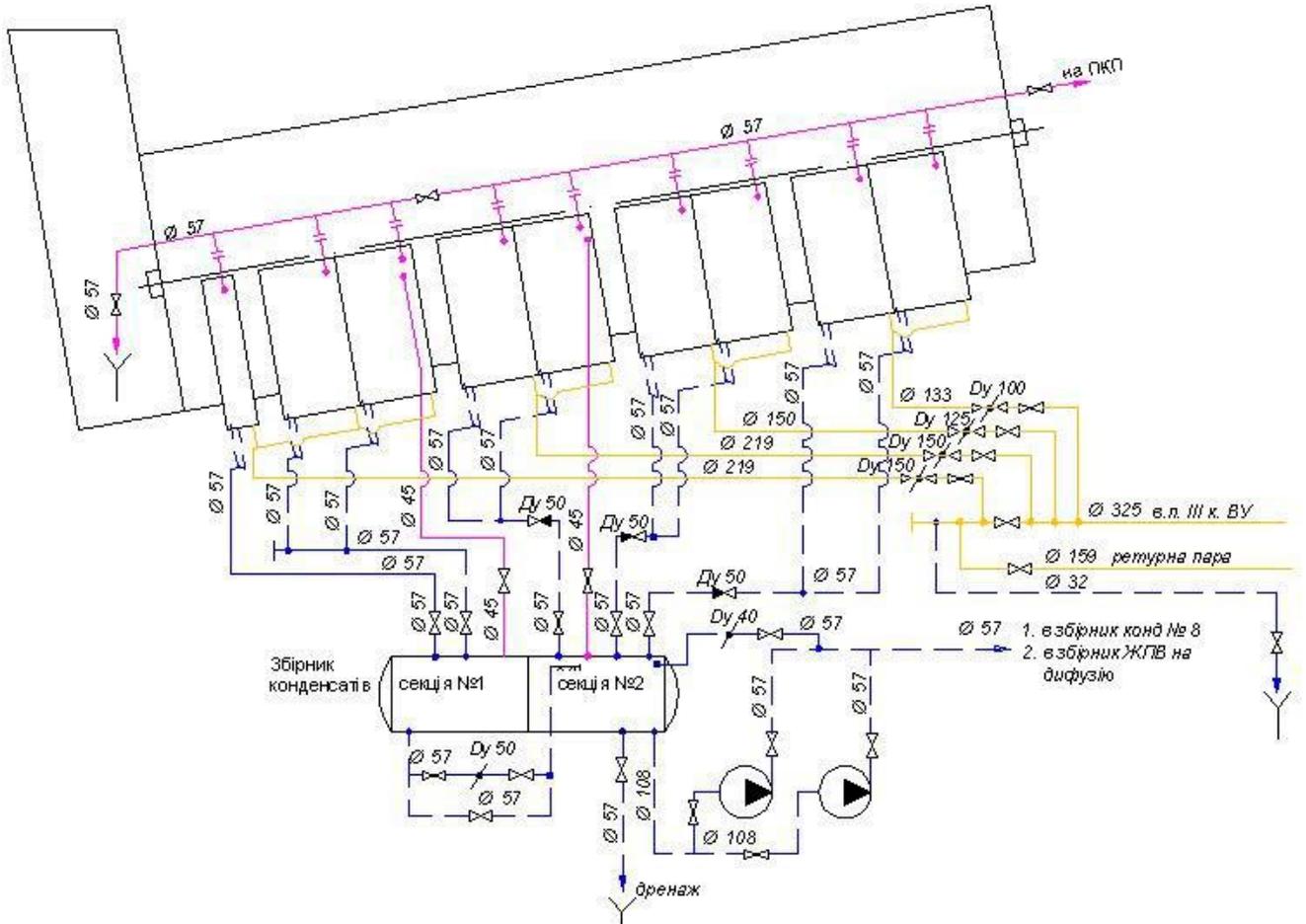


Рисунок 2.5 – Теплова схема дифузійного апарату

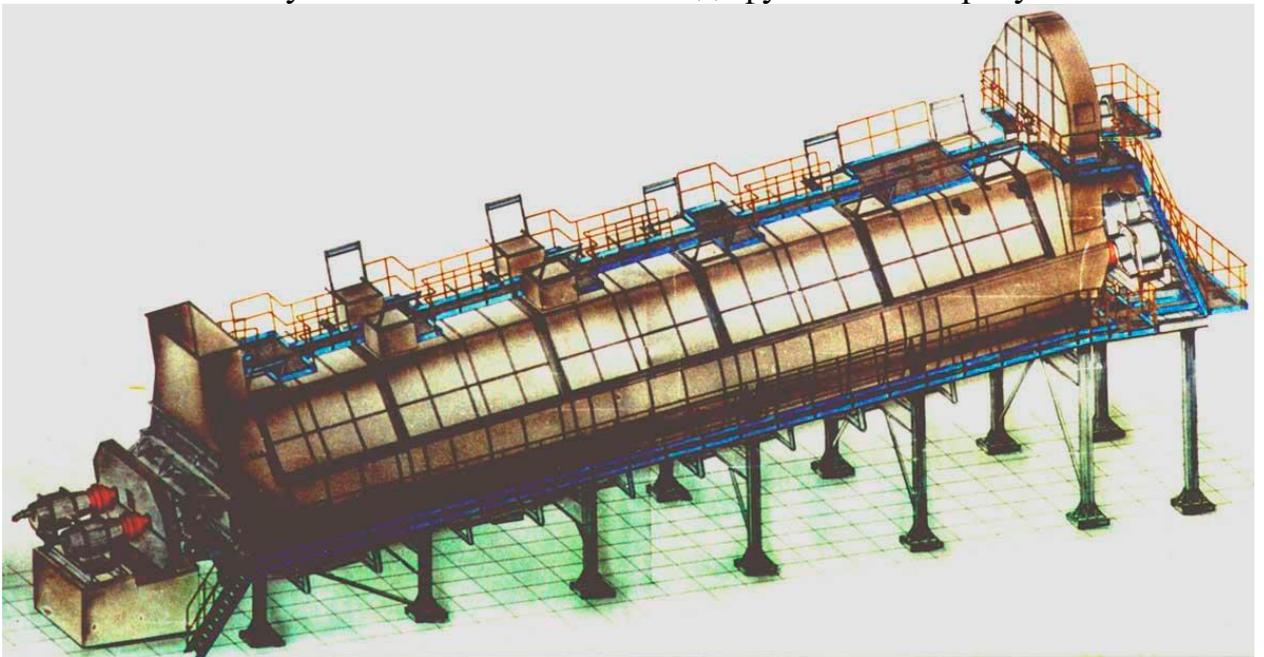


Рисунок 2.6 – Загальний вигляд дифузійного апарату

Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

601-МНТ 19062 МР

Арк.

49



Рисунок 2.7 – Фото дифузійного апарату

Наступний технологічний етап очищення від мезги показано на рис. 2.7.



Рисунок 2.8 – Очищення від мезги

Для ефективного управління роботою усіх складових теплової схеми на підприємстві встановлена система централізованого моніторингу. Контроль за основними робочими параметрами здійснюється оператором протягом зміни. Приклад екранів із виведенням одного з контрольованих параметрів показано на рисунку 2.9.

Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

601-МНТ 19062 МР

Арк.

50

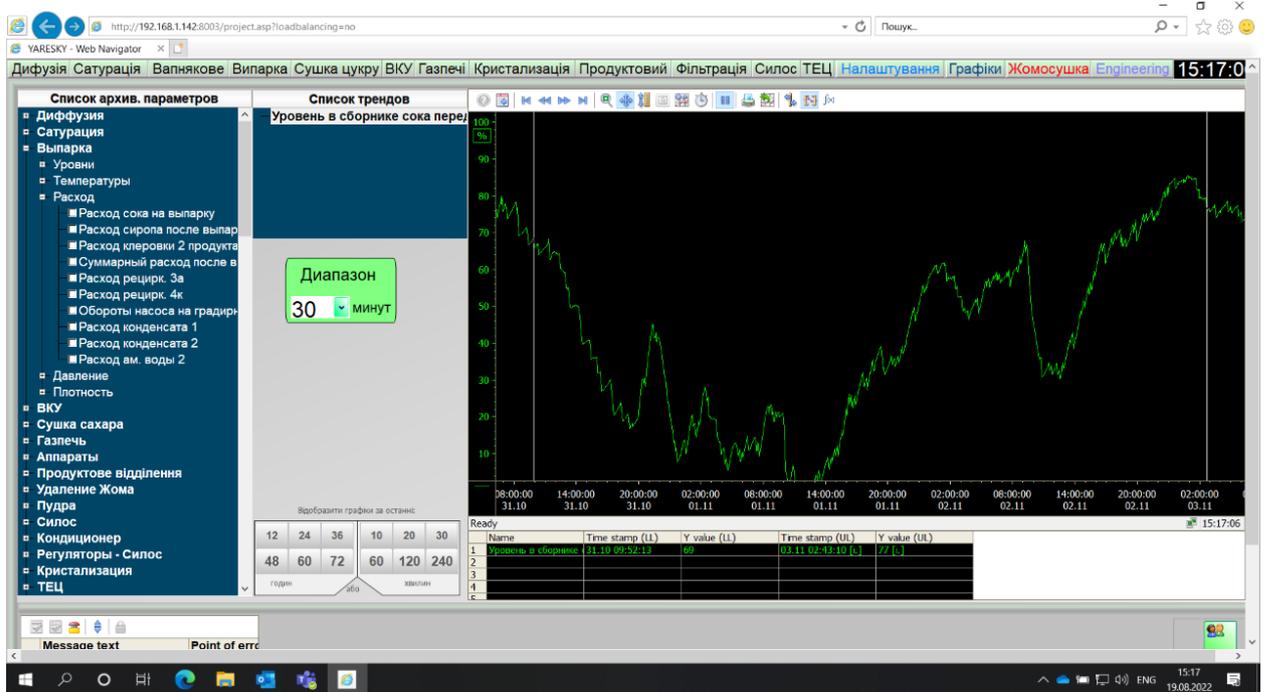


Рисунок 2.9 – Централізована система моніторингу

Оператори слідкують за зміною усіх параметрів. Робота операторів на робочих місцях показана на рис. 2.10.

Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

601-МНТ 19062 МР

Арк.

51



Рисунок 2.10 – Оператори за моніторами

Візуалізація – шлях для швидкого реагування, тому на підприємстві запровадили систему «Світлофор» від проекту ГЛМЦ. Вікна на рис. 2.11-2.12 показують зображення основних параметрів.

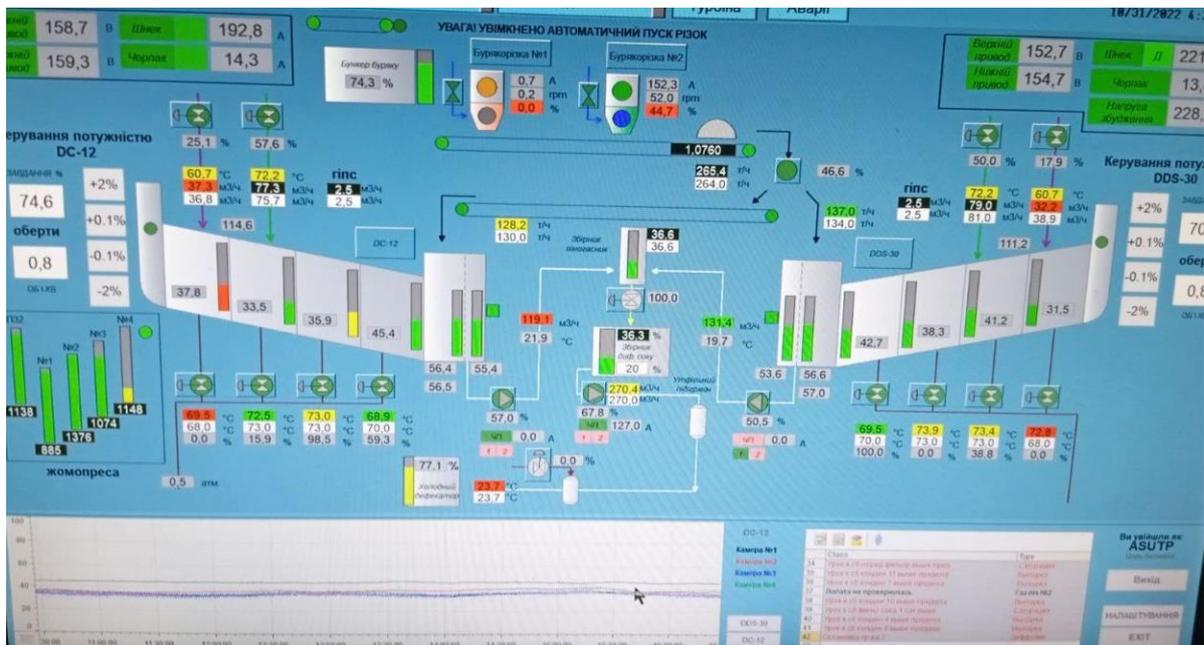


Рисунок 2.11 – Вікно роботи системи «Світлофор» для контролю параметрів теплової схеми

Індикація в знайомих кольорах «світлофора» допомагає швидко зорієнтуватися й оперативно прийняти рішення щодо вжиття необхідних заходів:

- Нормальна робота.
- Увага – зроби коригуючі дії, щоб повернутись в зелену зону.
- Аварія – повідом керівника.

Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

601-МНТ 19062 МР

Арк.

52

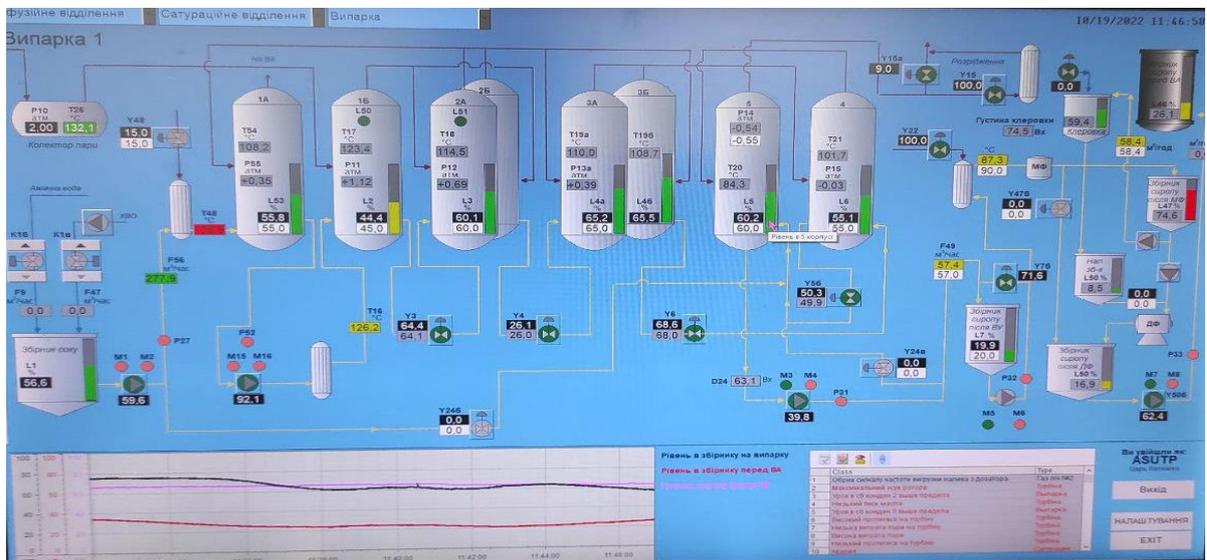


Рисунок 2.12 – Вікно «Світлофор» для контролю параметрів станції випарювання системи

2.2.1 Основні характеристики теплоенергетичного обладнання

Випарювальна установка чотирикорпусна з концентратором – 6-корпусна.

Загальна площа поверхні нагріву випарної станції – 18640 м².

Етапи введення в експлуатацію та характеристики теплоенергетичних апаратів представлені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Етапи введення в експлуатацію та характеристики теплоенергетичних апаратів.

№ корпусу	Кількість апаратів	Тип апаратів	Рік виготовлення	Рік вводу в дію	Кількість труб, штук	Площа поверхні нагріву, м ²	Повна довжина труб, м	Діаметр труб, мм	Матеріал трубок	Пристрій для відведення конденсату
1	1	3 природн.цирк. 3 центр.цирк. тр.	1998	1999	7060	3000	4,3	33	Нерж. Ст.	Збірники
2А	1	3 природн.цирк 3 виносн.цирк.тр.	1959	1964	4692	1800	3,8	33	Нерж. Ст	Збірники
2Б	1	3 природн.цирк 3	1959	1964	4962	1800	3,8	33	Нерж.ст.	Збірники

Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

601-МНТ 19062 МР

Арк.

53

Дифузійний сід 2-го гр.	1	109,6	2010	2010	4	31	33	9	Нерж . Ст	уфельна пара I-го пр.
Дифузійний сід 3-го гр.	1	56,5	2011	2011	4	30	33	5	Нерж . Ст	Конденсат з 12-ї сек.
Дифузійний сід 4-го гр.	1	45,2	2010	2011	2	48	33	5	Нерж . Ст	4КВУ, 3КВУ
Жомопр. вода	1	42,25	2012	2012	1	60	33	7,2	Нерж .	2КВ, 3КВ
Дефек. сід 1А гр.	1	87	2016	2016	4	55	33	4,2	Нерж .	Конденсат з 12-ї сек.
Дефек. сід 1Б гр.	1	83,2	1996	1996	3	62	33	4,7 5	Нерж .	Конденсат з 12-ї сек.
Дефек. сід 2-го гр.	1	143,3		2011	4	52	33	7	Нерж .	5КВ
Дефек. сід 3-го гр.	1	164,0	2022	2022	4	81	33	5	Нерж .	Аміачні відтяжки з в/а
Дефек. сід 4-го гр.	1	116,8	1994	1994	4	62	33	5	Нерж .	4КВ
Дефек. сід 5-го гр.	1	102,32	1996	1996	4	62	33	4,3 8	Нерж .	4КВ
Дефек. сід 6-го гр.	1	102,32	1996	1996	4	62	33	4,3 8	Нерж .	4КВ, 3КВ
Дефек. сід 7-го гр.	1	102,38	1996	1996	4	62	33	4,3 8	Нерж .	3КВ, рет.
Неф. сід 1-ї сатур. 1-ша гр.	1	56,5	1995	1995	4	30	33	5	Нерж .	4КВ
Неф. сід 1-ї сатур. 2-го гр.	1	28,3	1992	1992	2	30	33	5	Нерж .	3КВ
Перед 2-ю сатур. 1-ша гр.	1	130,6		2016	6	55	33	4,2	Нерж .	Конденсат з 12-ї секції
Перед 2-ю сатур. 2-го гр.	1	43,5		2017	2	55	33	4,2	Нерж .	Конденсат з 9-ї секції
Перед 2-ю сатур. 3-го гр.	1	194,5	1980	1980	10	58	33	3,6	Нерж .	2КВ

Перед 3А корп. випарки 1-ша гр.	1	43,5		2017	2	55	33	4,2	Нерж	Конденсат з 7-ї секції
Перед 3А корп. випарки 2-га гр.	1	141,4	2012	2012	Пластинастий					4КВ
Перед 3А корп. випарки 3-тя гр.	1	141,4	2012	2012	Пластинастий					3КВ
Перед 3А корп. випарки 4-та гр.	1	80,8	1992	1992	4	41	33	5	Нерж	2КВ
Перед 1-м корп. вип. 1-ша гр.	1	56,5	1992	1992	4	30	33	5	Нерж	1КВ
Перед 1-м корп. вип. 2-га гр.	1	56,50	1992	1992	4	30	33	5	Нерж	Ретур
Зелена патока 1-го пр.	1	50,22			Пластинастий					Конденсат з 11-ї секції
Біла патока	1	27			Пластинастий					Конденсат з 11-ї секції
Зелена патока 2-го пр.	1	24,84			Пластинастий					Конденсат з 11-ї секції
Вода на охолодж. кристалізаторів	1	22,61		2013	4	12	33	5	Нерж	Технічна вода

Характеристики вакуум-конденсаційного обладнання представлені у таблиці 2.5.

						<i>601-МНТ 19062 МР</i>	Арк.
							56
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5 - Характеристики вакуум-конденсаційного обладнання

№ п/п	Призначення (випарної установки, вакуум-апаратів, вакуум-фільтрів)	тип	Рік виготовленн	Рік вводу в дію	Кількість,	Висота, м	Діаметр, м	Число полицок	Діаметр барометричної труби, мм
1	Вакуум апарати 1-го пр., вип.ст.	A2-ПКБ-3	2003	2003	1	5,8	2,42	На перет. Стр.	630
2	Вакуум апарати 2-го і 3-го пр.	A2-ПКБ-3	2003	2003	1	5,8	2,02	На перет. Стр.	630

Типи та характеристики парових котлів представлені у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Характеристики вакуум-конденсаційного обладнання

Марка котла*	Рік	Рік вводу в	Кількість, шт.	Площа поверхні нагріву		Діаметр та товщина	Тиск пари (абсолютний)	Продуктивніс	Температура паропаливої	Основний вид палива	Площа поверхні нагріву, м ²			Пароперегрівач	
				будівель	радіацій						пароперегрівач	екон.	повітря	діаметр	матеріал
1 БМ-35Р	61	65	1	537	132	60×3	40	45	440	газ	184	554	800	38	Ст.20
2 БГ-35Р	62	65	1	537	132	60×3	39	45	440	газ	184	554	800	38	Ст. 20
3 БГ-35Р	65	66	1	537	132	60×3	40	45	440	газ	184	554	800	38	Ст.20

Типи та характеристики парових турбін представлені у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 - Типи та характеристики парових турбін

Марка	Рік виготовлення	Рік установки	Кількість, шт.	Тиск пари, кг/см ³				Потужність, кВт	Завод виготовлювач
				гострої		відпрацьованої			
				по паспорту	фактично	по паспорту	фактично		
ТР 6/4	60	65	1	35	35	4	4	6000	Польща Замех

Турбогенератори: марка- Т2-6-2, завод виготовлювач ZBW М-5 Врцлав ПНР. Характеристики турбогенератора представлені у таблиці 2.8.

Эм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	<i>601-МНТ 19062 МР</i>	Арк.
							57

Таблиця 2.8 – Характеристики турбогенератора

Рік виготовлення	Рік вводу в дію	Кількість	Потужність номінальна, кВт	Напруга, В	Середнє навантаження, МВт/год	Номінальні масові витрати пари, т/год.	Питомі витрати пари при номінальному навантаженні, кг/кВт
59	65	1	6000	6000	5	50	10

2.2.2 Аналіз схеми отримання та розподілення теплової і електричної енергії на Ярецьківському цукровому заводі

Для отримання теплової енергії в якості палива використовується природний газ, який спалюється в топках парових котлів типу БГ-35М. В результаті утворюється перегріта пара з тиском 39 кгс/см² і температурою 440°С, яка надходить в розподільний колектор, з якого надходить в парову турбіну і ДОК.

Парова турбіна використовується для перетворення енергії перегрітої пари в механічну енергію обертання. Генератор перетворює обертальну енергію в електричну.

Відпрацьована пара з турбіни (обратка) після операційного підсилювача, де вона охолоджується до заданої температури, надходить в парозбірник оплавлення.

Для забезпечення споживачів викривленим паром із заданими параметрами і в повному обсязі використовується ДОС (редукційно-охолоджувальний агрегат). У ДОК перегріта пара після дроселювання і впорскування води набуває параметри рецидивуючої пари, після чого надходить в парозбірник оплавлення.

Після використання оплавленого пара в технологічних цілях весь його конденсат, придатний для живлення парових котлів, перекачується насосами в баки деаератора.

						<i>601-МНТ 19062 МР</i>	Арк.
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		58

розподільчий пристрій РУ-6кВ подається на силові трансформатори трансформаторних підстанцій виробничих цехів.

РУ-6кВ– це розподільчий пристрій, що складається з 35 комірок з масляними та вакуумними вимикачами, релейним захистом, приладами технічного контролю та обліку електроенергії. Розподільчий пристрій 6кВ оснащений трансформатором ТМ-630 6/0,4 кВ та акумуляторною батареєю 200АГ 220В для забезпечення живлення обладнання ТЕЦ у разі аварійного відключення турбогенератора.

У період ремонту електропостачання підприємства здійснюється від підстанції «Яреськи 110/10».

2.2.3. Обладнання ТЕЦ

Основне обладнання ТЕЦ включає:

1. Парові котли
2. Обладнання станції підготовки води для живлення парових котлів
3. Обладнання живильної станції
4. Живильні насоси
5. Димова труба
6. Димососи
7. Вентилятори дугтьові
8. Парові турбіни
9. Турбогенератори

Розглянемо детальніше характеристики усіх складових.

						601-МНТ 19062 МР	Арк.
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		60

1. Парові котли:

№	Марка котла*	Рік виготовлення	Рік вводу в дію	Кількість, шт.	Площа поверхні нагріву екрану, м ²		Діаметр та товщина стінок екранних труб, мм	Тиск пари (абсолютний) на виході з паро-перегрівача, кг/см ²	Продуктивність по парі, т/год.	Температура перегрітої пари	Основний вид палива	Площа поверхні нагріву, м ²			Паро-перегрівач	
					будівельна	радіаційна						паропере-грівача	економайзера	повітропіді-грівача	діаметр, мм	матеріал труб
1	БМ-35Р	61	65	1	537	132	60×3	40	45	440	газ	184	554	800	38	Ст.20
2	БГ-35Р	62	65	1	537	132	60×3	39	45	440	газ	184	554	800	38	Ст. 20
3	БГ-35Р	65	66	1	537	132	60×3	40	45	440	газ	184	554	800	38	Ст.20

2. Основне обладнання станції підготовки води для живлення парових котлів:
 Механічні фільтри: кількість - 2 шт., висота шару завантаження - 1200 мм,
 зовнішній діаметр - 2500 мм, робочий тиск - 3 кг/см²

Катіонітові фільтри	I ступінь	II ступінь
Кількість, шт.	2	1
Зовнішній діаметр, мм	1800	1800
Висота завантаження, мм	2000	2000
Робочий тиск, кг/см ²	3	3
Марка катіоніту, що застосовується	КУ-2	КУ-2

Схема пом'якшення води амоній-натрій катіон

Обладнання для фосфатування води -

Витратні баки: об'єм - 30 м³.

Баки для "мокрого" зберігання реагентів - 1 шт., об'єм - 40 м³.

3. Основне обладнання живильної станції.

Підігрівачі живильної води: кількість - шт., площа поверхні нагріву - м², завод-виготовлювач -.

																			Арк.	
																				61
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата															

601-МНТ 19062 МР

Деаератори: кількість 2 шт., абсолютний тиск в деаераторі , кгс/см²:
по паспорту 0,4, фактичний 0,4, об'єм акумуляторного бака 50 м³.

Завод-виготовлювач - .

Збірник живильної води: об'єм - 200 м³

4. Живильні насоси

Встановлено 5 шт. відповідно до таблиці нижче.

№	Марка насоса	Завод- виробник	Рік виготовлення	Рік вводу в дію	Кількість, шт.	Тип приводу	Продуктивність, м ³ /год	Робочий тиск, кгс/см ²	Потужність електродвигуна,
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	ПЕ-150	Польща			1	4А3М	150	56	500
2	ПТ-35-100	Польща		65	1		100	53	
3	ПЕ-150	Польща		65	1	2АРМ1	150	56	500
4	ПЕ-65-53	Польща			1	SBD1-102S	65	53	220
5	100WK-9	Польща			1	4А3М	100	56	315

5. Димова труба

Висота будівельна – 40 м,

діаметр верхнього отвору – 2,5 м,

діаметр нижнього отвору – 3,5 м, матеріал – цегла.

6. Димососи

Марка	Завод-виготовлювач	Кількість, шт.	Продуктивність, м ³ /год	Електродвигун			
				Марка	Потужність, кВт	Частота обертання, об/хв.	Напруга, В
ДН-19		2		АІ355Н	200	1000	380
ДН-19		1		ВАО2 315	200	1000	380

7. Вентилятори дуттьові

Марка	Завод виготовлювач	Кількість, шт.	Продуктивність, м ³ /год	Електродвигун			
				Марка	Потужність, кВт	Частота обертання, об/хв.	Напруга, В
ВД 15,5		3		A101B	70	750	380

8. Парові турбіни

Марка	Рік виготовлення	Рік устаткування	Кількість, шт.	Тиск пари, кг/см ³				Потужність, кВт	Завод-виробник
				гострої		відпрацьованої			
				по паспорту	Фактично	по паспорту	Фактично		
ТР 6/4	60	65	1	35	35	4	4	6000	Польща Замех

9. Турбогенератори

Марка- Т2-6-2, завод виготовлювач – ZBW M-5 Брацлав ПНР

Рік виготовлення	Рік вводу в дію	Кількість	Потужність номінальна, кВт	Напруга, В	Середнє навантаження, МВт/год	Номінальні масові витрати пари, т/год.	Питомі витрати пари при номінальному навантаженні, кг/кВт
59	65	1	6000	6000	5	50	10

										Арк.
										63
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	601-МНТ 19062 МР				

3 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1 Аналіз шляхів вдосконалення теплової схеми роботи цукрового заводу

Теплові схеми цукрових заводів завжди мають складну структуру та численні зворотні зв'язки, що ускладнює їх оптимізацію. Для раціоналізації теплових схем необхідно впроваджувати енергозберігаючі заходи, які максимально відповідають конкретним умовам роботи підприємства. Оскільки технологічні особливості, умови функціонування та якість сировини на різних цукрових заводах суттєво відрізняються, однакові заходи можуть мати різний рівень ефективності у зменшенні витрат енергоресурсів.

Важливим завданням для цукрової промисловості є розробка та впровадження вдосконалених теплових схем, які дозволяють суттєво знизити витрати теплової енергії. Розглянемо основні шляхи вдосконалення теплової схеми роботи Яреськівського цукрового заводу, спираючись на рекомендації [1 – 20] та дані, отримані на виробництві.

Багаторазове використання теплової енергії пари у випарних установках має ключове значення для раціонального споживання енергії у цукровому виробництві.

У випарних апаратах рідина перебуває при температурі кипіння, а пара подається в гріючу камеру з температурою, вищою на 5–10 °С порівняно з температурою кипіння розчину. Цей температурний перепад необхідний для подолання теплових опорів і забезпечення ефективної теплопередачі від пари до киплячого розчину. Оскільки теплота фазового переходу гріючої і вторинної пари є близькою за значенням, можна вважати, що 1 кг гріючої пари випаровує 1 кг води з розчину.

Для багаторазового використання тепла у випарній установці важливо, щоб температура кипіння соку поступово знижувалася від першого до останнього корпусу, що досягається завдяки різниці тисків у надсоковому просторі апаратів. Якщо використовувати пару одноразово, то для випаровування 100 кг води з розрахунку на масу буряків знадобилося б щонайменше 100 кг пари. При дворазовому випаровуванні ця кількість

						601-МНТ 19062 МР	Арк.
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		64

шестикорпусну випарну установку з апаратами природної циркуляції створити неможливо.

Тому випарні установки з числом корпусів понад 5 повинні бути повністю або частково оснащені випарними апаратами плівкового або пластинчатого типу. Ці апарати забезпечують ефективну роботу при низьких температурних перепадах і мінімальну гідростатичну температурну депресію.

У даному випадку на підприємстві «Яреськівський цукровий завод» в рамках модернізації 2024 року встановлено саме плівковий випарний апарат. Креслення цього апарату представлено на рис. 3.1 і детально показано в графічній частині роботи.

						<i>601-МНТ 19062 МР</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		66

Інв. № ориг.	Підп. та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. та дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис.	Дата

601-НТ.11393644.МР

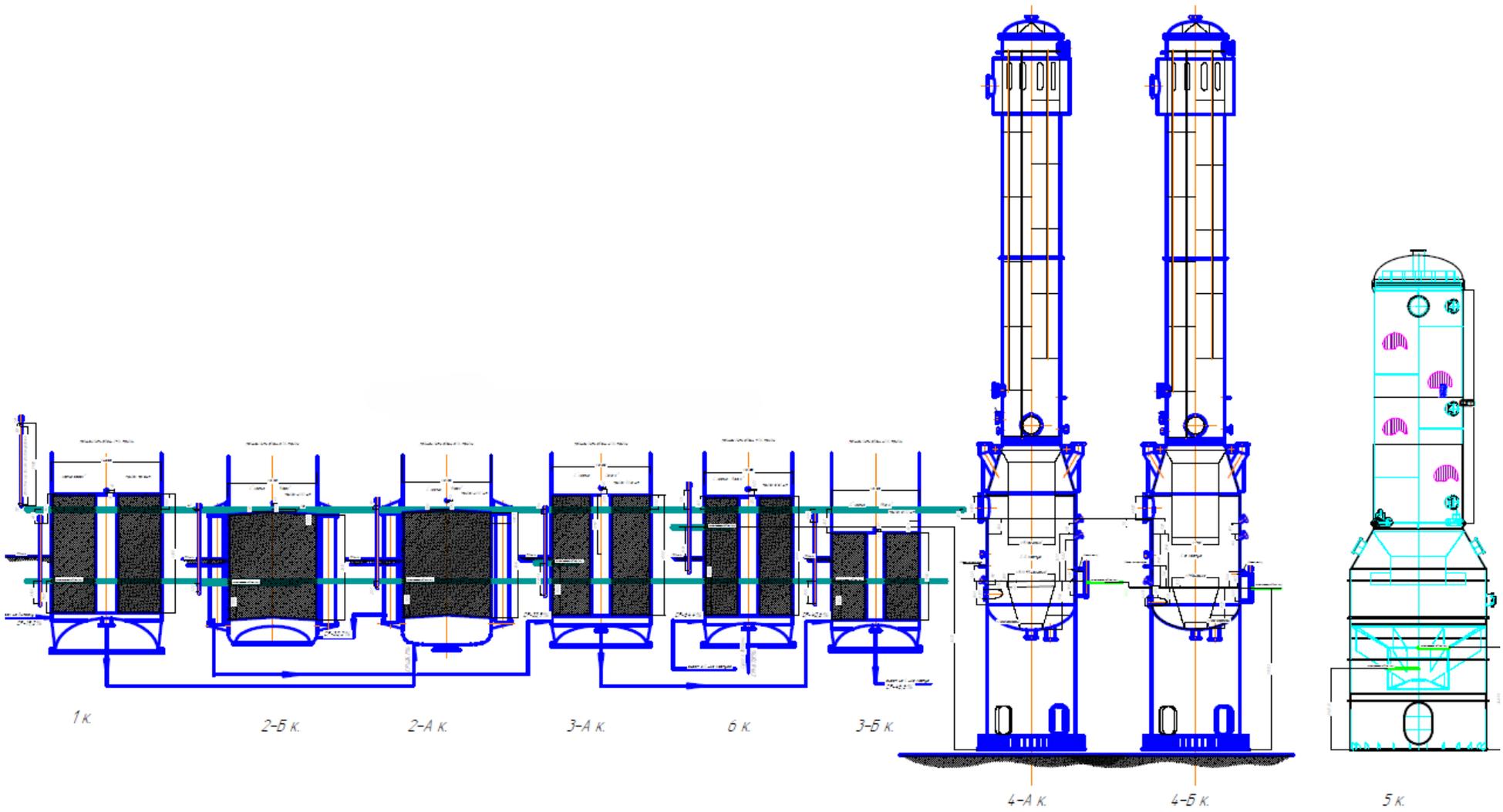


Рисунок 3.2 – Корпуси випарної установки

На основі аналізу розташування існуючого обладнання та його обв'язки побудована детальна розрахункова теплова схема, зображена на рисунку 3.4 й винесена на аркуш креслень.

Аналіз теплової схеми (рис. 3.4) та теплового балансу бурякоцукрового заводу (табл. 2.1) свідчить, що основна частина теплової енергії (приблизно 72%) подається в технологічний процес із грючою парою, що виробляється ТЕЦ. Додаткова теплота вноситься через електроенергію та реакцію взаємодії вапна з вуглекислим газом, яка є частиною енергії, отриманої з палива, спожитого ТЕЦ для виробництва електроенергії та вапняно-випалювальної печі для отримання вапна і сатураційного газу.

Серед втрат тепла найбільшими є втрати з парою, яка надходить у конденсатори вакуум-апаратів та останнього корпусу випарної установки (до 26%). Вагомі тепловтрати через поверхню обладнання та трубопроводів (приблизно 23%), а ще з конденсатом, який спрямовується у аміачний ящик і практично не використовується в технологічному процесі (13%). Водночас повернення конденсату в ТЕЦ (близько 24%) не можна розглядати як прямі теплові втрати для комплексу "цукровий завод – ТЕЦ", оскільки його тепло використовується повторно при виробництві пари в парогенераторах.

Одним із шляхів підвищення енергоефективності цукрового виробництва є використання низькопотенційного тепла утфельної пари та надлишкових конденсатів, які перевищують потреби ТЕЦ.

						<i>601-МНТ 19062 МР</i>	Арк.
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		70

Інв № ориг	Підп. та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. та дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис.	Дата

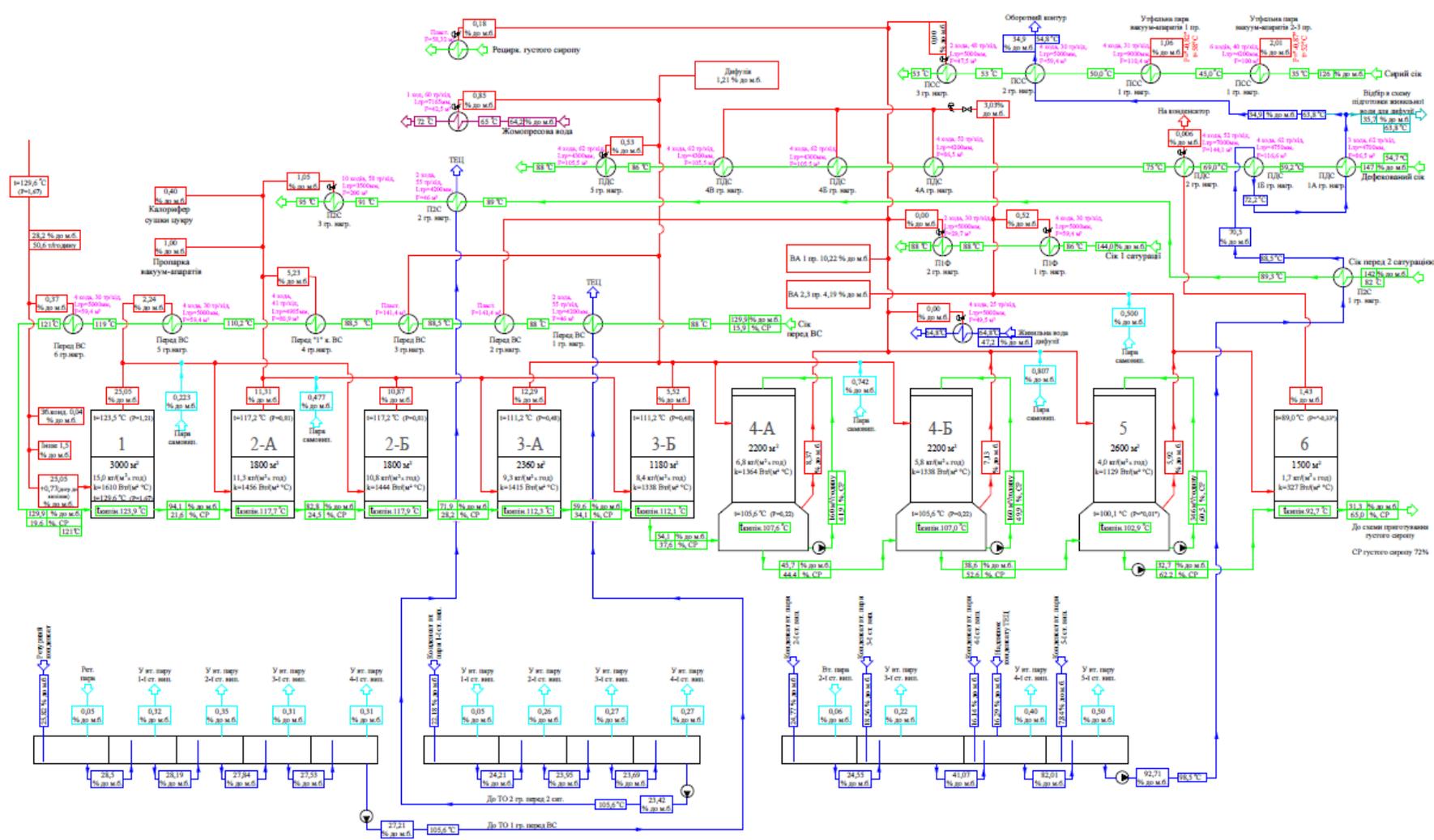


Рисунок 3.4 – Детальна розрахункова теплова схема

601-НТ.11393644.МР

Розглянемо витрати теплової енергії окремо по основним етапам згідно порядку технологічного процесу.

1. Бурякопереробне відділення

Основні витрати тепла у відділенні переробки буряків пов'язані із необхідністю нагрівання стружки від початкової температури буряка, що коливається від -5 до $+15$ °С залежно від пори року, до температури дифузійного процесу $68 - 72$ °С.

Загальний вигляд бурякопереробного цеху показано на рис. 3.5.



Рисунок 3.5 – Загальний вигляд бурякопереробного цеху

Загальний тепловий баланс дифузії має вигляд:

$$S_{\text{б}}c_{\text{б}}t_{\text{б}} + D_{\text{пр}}i_{\text{п}} + D_{\text{диф}}r + S_{\text{жв}}c_{\text{жв}}t_{\text{жв}} = S_{\text{від}}c_{\text{від}}t_{\text{від}} + S_{\text{ж}}c_{\text{ж}}t_{\text{ж}} + Q_{\text{втр}}, \quad (3.1)$$

де $S_{\text{б}}$, $S_{\text{жв}}$, $S_{\text{від}}$, $S_{\text{ж}}$ – витрати буряка, живильної води, відкачка дифузійного соку і вихід сирого жому (відповідно), % до м.б.;

$c_{\text{б}}$, $c_{\text{жв}}$, $c_{\text{від}}$, $c_{\text{ж}}$ – масові теплоємності буряка, живильної води, відкачки дифузійного соку і сирого жому (відповідно), ккал/(кг · °С);

$t_{\text{б}}$, $t_{\text{жв}}$, $t_{\text{від}}$, $t_{\text{ж}}$ – температури, буряка, живильної води, відкачки дифузійного соку і сирого жому (відповідно), °С;

Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

601-МНТ 19062 МР

Арк.

72

- 2) втрати тепла, пов'язані із особливостями технологічних процесів;
- 3) втрати тепла, пов'язані із розбавленням соку водою.

Втрати тепла через стінки обладнання залежать від площі сумарної поверхні апаратів і трубопроводів, а також стану теплової ізоляції. Неізольовані частини поверхонь, включаючи арматуру та насоси, спричиняють суттєві теплові втрати — 1 м² неізольованої поверхні втрачає тепло, еквівалентне 1–1,5 кг/год пари. Використання стандартної теплової ізоляції знижує втрати в 3–5 разів, а високоякісної — у 7–10 разів. У даному випадку стан ізоляції гарний, завод має високу продуктивність у 4300 т/добу, що спричиняє відносно невеликі питомі поверхні обладнання і трубопроводів, тому можна вважати, що цей момент вже оптимізовано.

Втрати теплової енергії також супроводжують технологічні процеси, такі як сульфітація і сатурація, через випаровування води із соку. Під час сульфітації випарюється 0,25% води до м.б., що спричиняє охолодження соку на 1–1,4 °С.

Втрати тепла під час сатурації є значно більшими. Однак перша сатурація має особливість: вона практично єдиний технологічний процес у цукровому виробництві, під час якого виділяється значна кількість тепла — близько 2/3 від теплової енергії, отриманої при спалюванні палива. Ці тепловтрати еквівалентні 2,5–4 % до маси буряків (м.б.). Завдяки значному виділенню тепла внаслідок хімічної реакції падіння температури соку в цьому процесі становить лише 3–5 °С. Основні фактори, що впливають на величину тепловтрат:

- 1) Початкова температура соку.

Чим вища температура, тим більші втрати.

- 2) Кількість вапна, що вступило в реакцію.

Більша кількість вапна сприяє збільшенню втрат тепла.

- 3) Кількість оброблюваного соку.

Залежить від обсягів відкачки дифузійного соку та повернення нефільтрованого соку першої сатурації на переддефекацію.

						<i>601-МНТ 19062 МР</i>	Арк.
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		76

На зменшення тепловтрат суттєво впливають концентрація CO₂ у сатураційному газі та коефіцієнт його використання в сатураторі. Збільшення вмісту CO₂ у сатураційному газі з 24 % до 34 % об'ємних або підвищення коефіцієнта використання газу з 50 % до 75 % знижує тепловтрати на величину, еквівалентну 1 % витрати пари до м.б. Сучасні технології дозволяють досягти вмісту CO₂ на рівні 36–40 %. Також існують сатуратори (наприклад, від німецької фірми ВМА) із коефіцієнтом використання вуглекислого газу до 95 %.

Тепловтрати під час другої сатурації є меншими, ніж при першій, через наступні причини:

- менша кількість соку і сатураційного газу
- виділення тепла хімічної реакції значно менше.

Однак зниження температури соку на другій сатурації має схожий порядок із першою сатурацією. Абсолютні тепловтрати при другій сатурації в 2–4 рази менші через нижчі обсяги оброблюваного соку і газу.

У процесі очищення соку з вапняним молоком, а також під час промивання фільтраційного осаду, до соку додається вода. Кількість води, що вводиться, залежить від густини вапняного молока та витрат оксиду кальцію (CaO), необхідних для очищення соку.

Чим вища густина вапняного молока та більші витрати CaO, тим більше води додається до соку для досягнення необхідної концентрації та забезпечення ефективного процесу очищення. Цю додаткову кількість розчину потрібно нагрівати, а введену воду випаровувати у випарній установці і вакуум-апаратах.

Витрата пари на нагрівання розраховуються за залежністю:

$$d = \frac{1.03 \cdot S_c \cdot c \cdot (t_k - t_n)}{r}, \quad (3.2)$$

де S_c – витрата розчину, % до м.б.;

c – теплоємність розчину, ккал/(кг·°C);

t_n і t_k – початкова і кінцева температури розчину, °C;

						<i>601-МНТ 19062 МР</i>	Арк.
Эм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		77

g – питома теплота конденсації гріючої пари, ккал/кг.

В умовах цукрового заводу додаткові витрати пари через введення вапняного молока в сік призводять до перевитрат гріючої пари на 1,5-2,0 % від маси буряків. Після сатурації утворюється осад CaCO_3 з адсорбованими нецукрами, який виводиться з технологічного процесу. Цей осад складає 4,74% від маси буряків, а вміст нецукра в ньому коливається в межах 0,7-0,9%. Осад фільтрується через вакуум-фільтри. Вміст сухих речовин у фільтраційному осаді складає близько 50 %, що призводить до виведення 5,4-5,6% води та загальної кількості фільтраційного бруду, що становить 10,8-11,2% від маси буряків. Для промивання фільтраційного осаду потрібно до 200% промивної води, що додається до сокової маси в кількості 15,6-16,2 % від маси буряків. Фільтрат після вакуум-фільтрації охолоджується до 65-75 °С за рахунок самовипаровування води і потім потребує додаткового нагріву на 10-15 °С, що веде до перевитрати пари в кількості 0,46-0,98 % від маси буряків.

Зменшити розведення соку під час очищення можна шляхом зменшення витрат CaO на очищення (через поліпшення якості сировини та технології дифузії), використання більш ефективних фільтрів, які працюють під тиском і дозволяють зменшити кількість доданої води, а також застосування частини проміїв для гашення вапна. У даному випадку на підприємстві використовуються фільтри Diastar, які дають досить високу ступінь очистки.

У відділенні очищення соків є великі резерви для використання тепла вторинних джерел, таких як конденсат, утфельна пара та випар із сатураторів. Потенціал використання тепла конденсатів у процесі очищення може досягати 10 % від маси буряків, що дозволяє зменшити витрати пари з ТЕЦ також на 10%. Раціональне використання цих вторинних джерел тепла може значно знизити потребу в додаткових енергоносіях, забезпечивши економію енергії та зменшення витрат на споживану пару, що в свою чергу дозволяє підвищити ефективність роботи цукрового заводу.

						<i>601-МНТ 19062 МР</i>	Арк.
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		78

30% від маси буряків (м.б.). Для оптимізації теплових витрат можлива модернізація вакуум-апаратів, щоб зменшити втрати тепла і покращити конденсацію парів. Замість використання вторинної пари другого корпусу випарної установки можуть бути використані інші низькопотенційні джерела тепла (наприклад, пара з останніх корпусів). Ще одним шляхом є рекуперація тепла. Встановлення теплообмінників для утфельної пари і конденсатів може дозволити частково повернути тепло в технологічний цикл.

Моніторинг і регулювання температурного режиму завдяки автоматизованим системам контролю за температурою і споживанням тепла в продуктовому відділенні також сприяє оптимізації енерговикористання, так само, як і на всіх інших етапах. Цей захід вже успішно реалізований на підприємстві (рис. 2.10 – 2.12).

Найбільш вагомими факторами в порядку значимості, що визначають витрати пари на вакуум-апарати 1-ї кристалізації, і загалом на все продуктове відділення:

- 1) концентрація сиропу з клеровкою;
- 2) вихід цукру зі звареного утфелю;
- 3) кількість водяних або сокових підкачувань при уварюванні.

Витрата пари на уварювання утфелю 1-ї кристалізації:

$$D_{\text{вд}} = 1,1 \cdot \left[S_{\text{сир}} \cdot \left(1 - \frac{CB_{\text{сир}}}{CB_{\text{утф1}}} \right) + S_{\text{кл}} \cdot \left(1 - \frac{CB_{\text{кл}}}{CB_{\text{утф1}}} \right) + S_{\text{БП}} \cdot \left(1 - \frac{CB_{\text{БП}}}{CB_{\text{утф1}}} \right) + S_{\text{с}} \cdot \left(1 - \frac{CB_{\text{с}}}{CB_{\text{утф1}}} \right) \right] \quad (3.3)$$

де: $S_{\text{сир}}$, $S_{\text{кл}}$, $S_{\text{БП}}$, $S_{\text{с}}$ – кількість сиропу, клеровки, другого відтоку 1-ї кристалізації, соку на розгойдування утфелю, % до м.б.;

$CR_{\text{сир}}$, $CR_{\text{утф1}}$, $CR_{\text{кл}}$, $CR_{\text{БП}}$, $CR_{\text{с}}$ – концентрації сиропу, утфелю першої кристалізації, клеровки, другого відтоку 1-ї кристалізації і соку, %.

Вираз у квадратних дужках характеризує кількість води, яку необхідно випарувати при згущенні сиропу, клеровки жовтого цукру, другого відтоку першої кристалізації (білої патоки), сокових або водяних підкачувань при уварюванні утфелю.

Комплексне вдосконалення параметрів, що впливають на витрати пари в продуктовому відділенні, дозволяє знизити їх на понад 10 % до м.б., створюючи потенціал економії палива на рівні не менше 1,0 % умовного палива до м.б.

Оцінка впливу окремих технологічних параметрів на витрати газу для Яреськівського цукрового заводу представлена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вплив окремих технологічних параметрів на витрати газу для Яреськівського цукрового заводу

Но-мер з/п	Найменування параметру	Підвищення витрати пари на проведення технологічного процесу, т/год.	Підвищення питомої витрати газу на проведення технологічного процесу, м ³ /т
1.	Підвищення відкачки дифузійного соку на 1% до м.бур.	0,48	0,24
2.	Розрідження вапняного молока на 0,01 г/см ³	0,19	0,10
3.	Розрідження сокового потоку від дифузії до ВС на 1% СР	2,01	1,02
4.	Зменшення концентрації сиропу з ВС на 1% СР	0,18	0,09
5.	Зменшення концентрації стандарт-сиропу на 1% СР за рахунок рідких клеровок	0,14	0,07
6.	Зниження температури соку на 5°С за рахунок втрат теплоти у навколишнє середовище	0,43	0,22

Підвищення розрідження у конденсаторі 1 пр. від –0,82 до –0,83 (на 0,01) приводить до підвищення витрати охолоджувальної води в середньому на 42 м³/год. (а на початку сезону, коли температура оборотної води 40°С, навіть на 85 м³/год.)

Підвищення розрідження у конденсаторі 2-3 пр. від –0,84 до –0,85 (на 0,01) приводить до підвищення витрати охолоджувальної води в середньому на 33 м³/год. (а на початку сезону, коли температура оборотної води 40°С, навіть на 75 м³/год.)

Встановлення підігрівника на відтяжках несконденсованих газів для підігріву дефекованого соку має суттєві переваги, як з точки зору енергоефективності, так і оптимізації технологічного процесу. Використання залишкового тепла від відтяжок несконденсованих газів дозволяє підвищити температуру дефекованого соку, зменшуючи навантаження на основні теплообмінні апарати, що використовують первинну пару.

Це рішення дає змогу знизити загальне споживання пари на виробництві, адже частина енергії, необхідної для нагрівання дефекованого соку, забезпечується за рахунок утилізації тепла, яке в іншому випадку було б втрачене. У результаті скорочуються витрати на паливо для виробництва пари, що сприяє зменшенню експлуатаційних витрат заводу.

Підігрів дефекованого соку залишковим теплом також позитивно впливає на ефективність хімічних і фізичних процесів у подальших стадіях обробки соку. Підвищення температури соку перед наступними етапами очищення або випарювання дозволяє поліпшити кінетичні параметри цих процесів, сприяючи зменшенню технологічних втрат і підвищенню якості кінцевого продукту.

З точки зору екології, використання залишкової енергії для нагрівання дефекованого соку дозволить знизити викиди теплової енергії та несконденсованих газів у довкілля, що відповідає сучасним екологічним вимогам. Це сприяє зменшенню впливу заводу на навколишнє середовище, роблячи його роботу більш екологічно відповідальною.

Нова модернізована теплова схема з установкою додаткового підігрівника показана на рис. 3.10.

						<i>601-МНТ 19062 МР</i>	Арк.
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		85

3.3. Розрахунок теплової схеми до та після модернізації

Розрахунок теплової схеми є важливим інструментом для зниження виробничих витрат і підвищення економічної ефективності роботи заводу. Крім того, точне моделювання теплових процесів дозволяє забезпечити стабільність технологічного циклу, що особливо важливо для досягнення високої якості кінцевого продукту — білого цукру. Збалансована тепла схема також сприяє екологічній стійкості підприємства, оскільки мінімізує викиди в атмосферу і втрати теплової енергії у довкілля.

Основною метою розрахунку теплової схеми є оптимізація використання енергії, що дає змогу зменшити споживання пари, палива й електроенергії. На основі отриманих даних розробляються рекомендації щодо модернізації теплотехнічних систем, покращення теплової ізоляції, впровадження більш ефективних методів рекуперації тепла, а також оптимізації параметрів роботи обладнання.

Результатом розрахунку теплової схеми цукрового заводу є визначення балансу теплових потоків у всіх технологічних вузлах і обладнанні. Це дозволяє оцінити ефективність використання теплової енергії на кожному етапі виробничого процесу від очищення соку до уварювання утфелю та кристалізації цукру. Зокрема, розрахунок дає можливість визначити витрати пари на різні технологічні операції, кількість конденсатів, що утворюються, і потенціал їх повторного використання, а також обсяги тепловтрат через неізольовані поверхні обладнання або недостатньо ефективне теплообмінне обладнання.

Таким чином, розрахунок теплової схеми цукрового заводу є основою для прийняття технічно обґрунтованих рішень, що забезпечують економію енергоресурсів, покращення екологічної ситуації та підвищення конкурентоспроможності виробництва.

Розрахунок теплової схеми до модернізації, виконаний у табличному редакторі Excel, представлено в таблицях нижче.

						<i>601-НТ.11393644.МР</i>	Арк.
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		87

Інв № подл	Підп. та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. та дата

Зм.	
Лист	
№ докум.	
Підпис.	
Дата	

Розрахунок витрати пари												
	Витрата продукту % до м.б.	Температура, град С			ТЕПЛОНОСІЙ				ПРОДУКТ			
		продукту		Тепло-носителя °С	Найменування -	Витрата пари % до м.б.	Ентальпія пари кДж/кг	Температура когденсата °С	Ентальпія початкова кДж/кг	Ентальпія кінцева кДж/кг	СР %	ДБ %
		початкова °С	кінцева °С									
СИРИЙ СІК												
1 ГРУПА	126	35,0	45,0	52,0	UTF II-III	2,10	2595	49,0	3,8	3,8	15,9	90,2
2 ГРУПА	126	45,0	50,0	58,0	UTF I	1,06	2605	55,4	3,8	3,8	15,9	90,2
3 ГРУПА	126	50,00	53,05		Конд				3,8	3,8	15,9	90,2
4 ГРУПА	126	53,05	53,05	87,7	Вт 6	0,00	2656	79,0	3,8	3,8	15,9	90,2
5 ГРУПА	126	53,05	53,05	99,4	Вт 5	0,00	2674	87,8	3,8	3,8	15,9	90,2
6 ГРУПА	126	53,05	53,05	105,6	Вт 4	0,00	2684	92,5	3,8	3,8	15,9	90,2
7 ГРУПА	126	53,05	53,05	111,7	Вт 3	0,00	2693	97,0	3,8	3,8	15,9	90,2
ДЕФЕКОВАНИЙ СІК												
1 ГРУПА	147	54,7	69,0		Конд				3,8	3,9	15,9	90,2
2 ГРУПА	147	69	74,5	87,7	Вт 6	1,42	2656	83,7	3,9	3,9	15,9	90,2
3 ГРУПА	147	74,5	74,5	95,0	Відт	0,00	2667	89,9	3,9	3,9	15,9	90,2
4 ГРУПА	147	74,5	86,0	99,4	Вт 5	3,03	2674	94,6	3,9	3,9	15,9	90,2
5 ГРУПА	147	86	86	95,0	Відт	0,00	2667	92,8	3,9	3,9	15,9	90,2
6 ГРУПА	147	86,0	88,0	105,6	Вт 4	0,53	2684	101,0	3,9	3,9	15,9	90,2
7 ГРУПА	147	88,0	88,0	111,7	Вт 3	0,00	2693	105,8	3,9	3,9	15,9	90,2
8 ГРУПА	147	88	88	117,6	Вт 2	0,00	2701	110,2	3,9	3,9	15,9	90,2
9 ГРУПА	147	88	88	124,2	Вт 1	0,00	2711	115,2	3,9	3,9	15,9	90,2
10 ГРУПА	147	88	88	130,7	Рет пар	0,00	2719	120,0	3,9	3,9	15,9	90,2

601-НТ.11393644.МР

Інв № подл	Підп. та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. та дата

Зм.	
Лист	
№ докум.	
Підпис.	
Дата	

Розрахунок витрати пари												
	Витрата продукту % до м.б.	Температура, град С			ТЕПЛОНОСІЙ				ПРОДУКТ			
		продукту		Тепло-носителя	Найменування	Витрата пари	Ентальпія пари	Температура когденсата	Ентальпія початкова	Ентальпія кінцева	С Р	Д Б
		початкова	кінцева									
СІК ПЕРЕД 1-Й ФІЛЬТРАЦІЄЙ												
1 ГРУПА	144	86	86	87,7	Вт 6	0,00	2656	87,3	3,9	3,9	16,2	90,0
2 ГРУПА	144	86	88	99,4	Вт 5	0,52	2674	96,3	3,9	3,9	16,2	90,0
3 ГРУПА	144	88	88	105,6	Вт 4	0,00	2684	101,2	3,9	3,9	16,2	90,0
4 ГРУПА	144	88	88	111,7	Вт 3	0,00	2693	105,8	3,9	3,9	16,2	90,0
5 ГРУПА	144	88	88	117,6	Вт 2	0,00	2701	110,2	3,9	3,9	16,2	90,0
6 ГРУПА	144	88	88	124,2	Вт 1	0,00	2711	115,2	3,9	3,9	16,2	90,0
7 ГРУПА	144	88	88	130,7	Рет пар	0,00	2719	120,0	3,9	3,9	16,2	90,0
СІК ПЕРЕД 2-Ю САТУРАЦІЄЙ												
1 ГРУПА	142	82	91,0		Конд				3,9	3,9	15,7	91,0
2 ГРУПА	142	91	91	87,7	Вт 6	0,00	2656	88,5	3,9	3,9	15,7	91,0
3 ГРУПА	142	91	91,0	99,4	Вт 5	0,00	2674	97,3	3,9	3,9	15,7	91,0
4 ГРУПА	142	91,0	91	105,6	Вт 4	0,00	2684	101,9	3,9	3,9	15,7	91,0
5 ГРУПА	142	91,0	95	111,7	Вт 3	1,05	2693	107,0	3,9	3,9	15,7	91,0
6 ГРУПА	142	95	95	117,6	Вт 2	0,00	2701	112,0	3,9	3,9	15,7	91,0
7 ГРУПА	142	95	95	124,2	Вт 1	0,00	2711	116,9	3,9	3,9	15,7	91,0
8 ГРУПА	142	95	95	130,7	Рет пар	0,00	2719	121,8	3,9	3,9	15,7	91,0
СІК ПЕРЕД "0"-М КОРПУСОМ ВС												
1 ГРУПА	129,9	88,5	88,5	87,7	Вт 6	0,00	2656	87,9	3,9	3,9	15,9	91,0
2 ГРУПА	129,9	88,5	88,5	99,4	Вт 5	0,00	2674	96,7	3,9	3,9	15,9	91,0
3 ГРУПА	129,9	88,5	88,5	105,6	Вт 4	0,00	2684	101,3	3,9	3,9	15,9	91,0
4 ГРУПА	129,9	88,5	88,5	111,7	Вт 3	0,00	2693	105,9	3,9	3,9	15,9	91,0
5 ГРУПА	129,9	88,5	110,2	117,6	Вт 2	5,23	2701	113,0	3,9	3,9	15,9	91,0
6 ГРУПА	129,9	110,2	119,3	124,2	Вт 1	2,24	2711	121,8	3,9	3,9	15,9	91,0
7 ГРУПА	129,9	119,3	120,8	130,7	Рет пар	0,37	2719	128,0	3,9	3,9	15,9	91,0
Догр.в корп.	129,9	120,8	120,8	105,6	Вт 4	0,00	2684	109,4	3,9	3,9	15,9	91,0
	129,9	120,8	120,8	111,7	Вт 3	0,00	2693	114,0	3,9	3,9	15,9	91,0
	129,9	120,8	120,8	117,6	Вт 2	0,00	2701	118,4	3,9	3,9	15,9	91,0

601-НТ.11393644.МР

Інв № подл	Підп. та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. та дата

Зм.	
Лист	
№ докум.	
Підпис.	
Дата	

Розрахунок витрати пари												
	Витрата продукту % до м.б.	Температура, град С			ТЕПЛОНОСІЙ				ПРОДУКТ			
		продукту		Тепло-носителя	Найменування	Витрата пари	Ентальпія пари	Температура когденсата	Ентальпія початкова	Ентальпія кінцева	С Р	Д Б
		початкова	кінцева									
СІК ПЕРЕД "1"-М КОРПУСОМ ВС												
1 ГРУПА	129,9	120,8	120,8	86,7	Конд	0,00	2654	95,2	3,9	3,9	19,6	91,0
2 ГРУПА	129,9	120,8	120,8	99,4	Вт 5	0,00	2674	104,8	3,9	3,9	19,6	91,0
3 ГРУПА	129,9	120,8	120,8	105,6	Вт 4	0,00	2684	109,4	3,9	3,9	19,6	91,0
4 ГРУПА	129,9	120,8	120,8	111,7	Вт 3	0,00	2693	114,0	3,9	3,9	19,6	91,0
5 ГРУПА	129,9	120,8	120,8	117,6	Вт 2	0,00	2701	118,4	3,9	3,9	19,6	91,0
6 ГРУПА	129,9	120,8	120,8	124,2	Вт 1	0,00	2711	123,4	3,9	3,9	19,6	91,0
7 ГРУПА	129,9	120,8	120,8	130,7	Рет пар	0,00	2719	128,2	3,9	3,9	19,6	91,0
Догр.в корп.	129,9	120,8	124,5	130,7	Рет пар	0,92	2719	128,7	3,9	3,9	19,6	91,0
ЖИВІЛЬНА ВОДА ДИФУЗІЇ												
1 ГРУПА	47,2	64,8	64,8	80,0	Конд	0,00	2643	76,2	4,2	4,2	-	-
2 ГРУПА	47,2	64,8	64,8	87,7	Вт 6	0,00	2656	82,0	4,2	4,2	-	-
3 ГРУПА	47,2	64,8	64,8	99,4	Вт 5	0,00	2674	90,8	4,2	4,2	-	-
4 ГРУПА	47,2	64,8	64,8	105,6	Вт 4	0,00	2684	95,4	4,2	4,2	-	-
5 ГРУПА	47,2	64,8	64,8	111,7	Вт 3	0,00	2693	100,0	4,2	4,2	-	-
6 ГРУПА	47,2	64,8	64,8	117,6	Вт 2	0,00	2701	104,4	4,2	4,2	-	-
7 ГРУПА	47,2	64,8	64,8	124,2	Вт 1	0,00	2711	109,4	4,2	4,2	-	-
8 ГРУПА	47,2	64,8	64,8	130,7	Рет пар	0,00	2719	114,2	4,2	4,2	-	-
ЖОМОПРЕСОВА ВОДА												
1 ГРУПА	64,2	65,0	65,0	95,0	Конд	0,00	2667	87,5	4,2	4,2	-	-
2 ГРУПА	64,2	65,0	65,0	87,7	Вт 6	0,00	2656	82,0	4,2	4,2	-	-
3 ГРУПА	64,2	65,0	65,0	98,4	Вт 5	0,00	2673	90,1	4,2	4,2	-	-
4 ГРУПА	64,2	65,0	65,0	104,6	Вт 4	0,00	2682	94,7	4,2	4,2	-	-
5 ГРУПА	64,2	65,0	72,0	110,7	Вт 3	0,85	2691	100,2	4,2	4,2	-	-
6 ГРУПА	64,2	72,0	72,0	116,6	Вт 2	0,00	2700	105,5	4,2	4,2	-	-
7 ГРУПА	64,2	72,0	72,0	123,2	Вт 1	0,00	2709	110,4	4,2	4,2	-	-
8 ГРУПА	64,2	72,0	72,0	130,7	Рет пар	0,00	2719	116,0	4,2	4,2	-	-

601-НТ.11393644.МР

Інв № подл	Підп. та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. та дата

Зм.	
Лист	
№ докум.	
Підпис.	
Дата	

601-НТ.11393644.МР

Розрахунок витрати пари												
	Витрата продукту % до м.б.	Температура, град С			ТЕПЛОНОСІЙ				ПРОДУКТ			
		продукту		Тепло-носителя	Найменування	Витрата пари	Ентальпія пари	Температура когденсата	Ентальпія початкова	Ентальпія кінцева	С Р	Д Б
		початкова	кінцева									
СТАНДАРТ-СИРОП												
1 ГРУПА	39,35	85,0	85,0	95,0	Конд	0,00	2667	92,5	2,8	2,8	73,8	94,6
2 ГРУПА	39,35	85,0	85,0	87,7	Вт 6	0,00	2656	87,0	2,8	2,8	73,8	94,6
3 ГРУПА	39,35	85,0	85,0	99,4	Вт 5	0,00	2674	95,8	2,8	2,8	73,8	94,6
4 ГРУПА	39,35	85,0	88,0	105,6	Вт 4	0,17	2684	100,8	2,8	2,8	73,8	94,6
5 ГРУПА	39,35	88,0	88,0	111,7	Вт 3	0,00	2693	105,8	2,8	2,8	73,8	94,6
6 ГРУПА	39,35	88,0	88,0	117,6	Вт 2	0,00	2701	110,2	2,8	2,8	73,8	94,6
7 ГРУПА	39,35	88,0	88,0	124,2	Вт 1	0,00	2711	115,2	2,8	2,8	73,8	94,6
8 ГРУПА	39,35	88,0	88,0	130,7	Рет пар	0,00	2719	120,0	2,8	2,8	73,8	94,6
ЗЕЛЕНА ПАТОКА "1"												
1 ГРУПА	14,24	72,0	72,0	95,0	Конд	0,00	2667	89,3	2,6	2,6	78,9	88,0
2 ГРУПА	14,24	72,0	72,0	87,7	Вт 6	0,00	2656	83,8	2,6	2,6	78,9	88,0
3 ГРУПА	14,24	72,0	72,0	99,4	Вт 5	0,00	2674	92,6	2,6	2,6	78,9	88,0
4 ГРУПА	14,24	72,0	72,0	105,6	Вт 4	0,00	2684	97,2	2,6	2,6	78,9	88,0
5 ГРУПА	14,24	72,0	72,0	111,7	Вт 3	0,00	2693	101,8	2,6	2,6	78,9	88,0
6 ГРУПА	14,24	72,0	72,0	117,6	Вт 2	0,00	2701	106,2	2,6	2,6	78,9	88,0
7 ГРУПА	14,24	72,0	72,0	124,2	Вт 1	0,00	2711	111,2	2,6	2,6	78,9	88,0
8 ГРУПА	14,24	72,0	72,0	130,7	Рет пар	0,00	2719	116,0	2,6	2,6	78,9	88,0
БІЛА ПАТОКА												
1 ГРУПА	8,5	75,0	75,0	95,0	Конд	0,00	2667	90,0	2,6	2,6	78,8	93,1
2 ГРУПА	8,5	75,0	75,0	87,7	Вт 6	0,00	2656	84,5	2,6	2,6	78,8	93,1
3 ГРУПА	8,5	75,0	75,0	99,4	Вт 5	0,00	2674	93,3	2,6	2,6	78,8	93,1
4 ГРУПА	8,5	75,0	75,0	105,6	Вт 4	0,00	2684	98,0	2,6	2,6	78,8	93,1
5 ГРУПА	8,5	75,0	75,0	111,7	Вт 3	0,00	2693	102,5	2,6	2,6	78,8	93,1
6 ГРУПА	8,5	75,0	75,0	117,6	Вт 2	0,00	2701	107,0	2,6	2,6	78,8	93,1
7 ГРУПА	8,5	75,0	75,0	124,2	Вт 1	0,00	2711	111,9	2,6	2,6	78,8	93,1
8 ГРУПА	8,5	75,0	75,0	130,7	Рет пар	0,00	2719	116,8	2,6	2,6	78,8	93,1

Інв № подл	Підп. та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. та дата

Зм.	
Лист	
№ докум.	
Підпис.	
Дата	

Розрахунок витрати пари

Витрата продукту	Температура, град С			ТЕПЛОНОСІЙ				ПРОДУКТ			
	продукту		Тепло-носителя	Найменування	Витрата пари	Ентальпія пари	Температура когденсата	Ентальпія початкова	Ентальпія кінцева	С Р	Д Б
	початкова	кінцева									

ЗЕЛЕНА ПАТОКА "2"

1 ГРУПА	7,30	72,0	72,0	95,0	Конд	0,00	2667	89,3	2,4	2,4	83,1	72,4
2 ГРУПА	7,30	72,0	72,0	87,7	Вт 6	0,00	2656	83,8	2,4	2,4	83,1	72,4
3 ГРУПА	7,30	72,0	72,0	99,4	Вт 5	0,00	2674	92,6	2,4	2,4	83,1	72,4
4 ГРУПА	7,30	72,0	72,0	105,6	Вт 4	0,00	2684	97,2	2,4	2,4	83,1	72,4
5 ГРУПА	7,30	72,0	72,0	111,7	Вт 3	0,00	2693	101,8	2,4	2,4	83,1	72,4
6 ГРУПА	7,30	72,0	72,0	117,6	Вт 2	0,00	2701	106,2	2,4	2,4	83,1	72,4
7 ГРУПА	7,30	72,0	72,0	124,2	Вт 1	0,00	2711	111,2	2,4	2,4	83,1	72,4
8 ГРУПА	7,30	72,0	72,0	130,7	Рет пар	0,00	2719	116,0	2,4	2,4	83,1	72,4

ПРОДУКТ "1"

На увар	47,88										74,6	
Уварено					Вт 4	9,46					91,0	

ПРОДУКТ "2"

На увар	13,67										78,9	
Уварено					Вт 3	2,24					92,0	

ПРОДУКТ "3"

На увар	8,75										74,5	
Уварено					Вт 3	2,00					93,0	

601-НТ.11393644.МР

Інв № подл	Підп. та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. та дата

Зм.	
Лист	
№ док.м.	
Підпис.	
Дата	

601-НТ.11393644.МР

Розрахунок паровідборів по випарній станції									
СПОЖИВАЧІ ПАРИ	Ретурний пар	Вторинний пар						Утф	Утф
		Е1	Е2	Е3	Е4	Е5	Е6	1	2,3
ДИФУЗИЯ	-	-	-	0,61	-	-	-		
ЖИВИЛЬНА ВОДА ДИФУЗІЇ	-	-	-	-	-	-	-		
ЖОМОПРЕСОВА ВОДА	-	-	-	0,85	-	-	-		
СИРИЙ СІК	-	-	-	-	-	-	-	1,06	2,10
ДЕФЕКОВАНИЙ СІК	-	-	-	-	0,53	3,03	1,42		
СІК ПЕРЕД 1-Й ФІЛЬТРАЦІЄЙ	-	-	-	-	-	0,52	-		
СІК ПЕРЕД 2-Ю САТУРАЦІЄЙ	-	-	-	1,05	-	-	-		
СІК ПЕРЕД "0"-М КОРП. ВС	0,37	2,24	5,23	-	-	-	-		
ДОГРІВ ДО КІПІННЯ ВКОРПУСІ "0"									
СІК ПЕРЕД "1"-М КОРП. ВС	-	-	-	-	-	-	-		
ДОГРІВ ДО КІПІННЯ ВКОРПУСІ "1"	0,92								
ІНШЕ									
ІНШЕ									
ПІДІГРІВАЧ ПРОМОЮ	-	-	-	-	-	-	-		
ЗБІРНИК СИРОПА ПЕРЕД ВА	-	-	-	-	-	-	-		
СИРОП	-	-	-	-	-	-	-		
ЗБ. СТ.- СИРОПА ПЕРЕД ВА	-	-	-	-	-	-	-		
СТАНДАРТ - СИРОП, ПІДІГРІВАЧ	-	-	-	-	0,17	-	-		
ЗБ. ЗЕЛЕНОЇ ПАТОКИ "1"	-	-	-	-	-	-	-		
ПІДІГРІВАЧ ЗЕЛ. ПАТОКИ "1"	-	-	-	-	-	-	-		
ЗБІРНИК БІЛОЇ ПАТОКИ	-	-	-	-	-	-	-		
ПІДІГРІВАЧ БІЛОЇ ПАТОКИ	-	-	-	-	-	-	-		
ЗБ. ЗЕЛЕНОЇ ПАТОКИ "2"	-	-	-	-	-	-	-		
ПІДІГРІВАЧ ЗЕЛ. ПАТОКИ "2"	-	-	-	-	-	-	-		
ЗБІРНИК КЛЕРОВКИ "2"+"3"	-	-	-	-	-	-	-		
ПІДІГРІВАЧ КЛЕРОВКИ "2"+"3"	-	-	-	-	-	-	-		
ВАКУУМ - АПАРАТИ "1"					9,46				
ВАКУУМ - АПАРАТИ "2"					-	2,24			
ВАКУУМ - АПАРАТИ "3"					-	2,00			
СУШАРКА ЦУКРУ		0,40							
ПРОПАРКА ВА		1,00							
ІНШЕ									
ІНШЕ									
ІНШЕ	0,60								
РОЗРАХУНКОВІ ПАРОВІДБОРИ	1,89	3,64	5,23	2,52	10,17	7,78	1,42		
ПАРИ САМОВСКИП. КОНД.	-0,05	0,264	0,552	0,798	0,986	0,688			
ДІЙСНІ ПАРОВІДБОРИ	1,94	3,38	4,67	1,72	9,18	7,09	1,42		
ПЕРЕПУСК ПАРИ			0,00	Перепуск пара, % Вт3 в Вт4					

Інв № подл	Підп. та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. та дата

Зм.	
Лист	
№ док.м.	
Підпис.	
Дата	

**РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ВИПАРЕНОЇ ВОДИ ПО КОРПУСАМ ВИПАРНОЇ СТАНЦІЇ
КОРПУСА ВИПАРНОЇ СТАНЦІЇ**

1-А	1-Б	2-А	2-Б	3-Б	3-А	3-В	4-А	4-Б	5-А	5-Б	6-А	6-Б
ДІЙСНІ ПАРОВІДБОРИ ПО КОРПУСАМ ВС												
3,38	0,00	2,38	2,29	1,18	0,53	0,00	4,96	4,22	7,09	0,00	1,42	0,00
ВИПАРЕНО ВОДИ ПО КОРПУСАМ ВС ПО "Е"												
27,47	0,00	12,29	11,81	13,40	6,02	0	9,56	8,14	8,52	0,00	1,42	0,00
ВИПАРЕНО ВОДИ ПО ВС				98,62								
МАЄ БУТИ ВИПАРЕНО				99,03								
ПАР НА КОНДЕНСАТОР				0,069	6,04	-						
ВИПАРЕНО ВОДИ ПО КОРПУСАМ ВС												
27,54	0,00	12,32	11,84	13,45	6,04	0	9,60	8,17	8,59	0,00	1,49	0,00
ВМІСТ СУХИХ РЕЧОВИН (СР) НА ВИХОДІ ІЗ КОРПУСІВ												
20,18	20,18	22,95	26,42	31,92	35,20	35,20	42,08	50,49	63,91	63,91	67,00	67,00
ВИПАРЕНО ВОДИ ПО СТУПЕНЯМ ВИПАРОВУВАННЯ ВС												
	27,54		24,16			19,49		17,77		8,59		1,49
ПОВЕРХНЯ КОРПУСА ВС м²												
3 000		1 800	1 800	2 360	1 180		2 200	2 200	2 618		1 500	
ПІТОМЕ НАВАНТАЖЕННЯ КОРПУСА ВС, кг/м² х годину												
16,4		12,3	11,8	10,2	9,2	#ДЕЛ/0!	7,8	6,7	5,9	#ДЕЛ/0!	1,8	#ДЕЛ/0!
ПАР В ПЕРШУ СТУПІНЬ ВИПАРОВУВАННЯ ВС						27,54	% до м. б.	49,34	т/годину			
ПАР В ЗАВОД						29,48	% до м. б.	52,81	т/годину			
Ефективність системи пароотборів ВС				3,60	т випареної води / т пари на першу ступінь ВС							
Ефективність теплової схеми заводу				3,36	т випареної води / т пари на завод							
ПАЛИВО					25,82	мЗ/ т буряка	умовне паливо			2,94	% до м. б.	

601-НТ.11393644.МР

Інв № подл	Підп. та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. та дата

Зм.	
Лист	
№ док.м.	
Підпис.	
Дата	

601-НТ.11393644.МР

РОЗРАХУНОК КОНДЕНСАТІВ ПО ЗБІРНИКАХ										
	Кількість конденсату вхід % до м. б.	Температура конденсату °С		Кількість пари самовскипання % до м. б.	Кількість конденсату вихід % до м. б.	Примітка	ПРИМІТКА			
		вхід	вихід				Температура пари °С	пароутв.		
								і пари, кДж/кг	і конд., кДж/кг	іп - ік
1-а секція конденсату ретурного пари (P-1)										
"1-А" корпус ВС	27,54	129,1				Рет пар				
"1-Б" корпус ВС	-	129,08								
Догрів до кипіння в корпусі "1"	0,92	129,1								
Сік перед "1"-м корп. ВС	-	128,2								
В С Ь О Г О	28,45	129,1	130,0	-0,05	28,50		130,0	2718	544	2174,2
2-а секція конденсату ретурного пари (P-2)										
Перетікання з секції "P-1"	28,50	130,0				Вт 1				
В С Ь О Г О	28,50	130,0	124,2	0,32	28,19		124,2	2711	520	2190,7
3-а секція конденсату ретурного пари (P-3)										
Перетікання з секції "P-2"	28,19	124,2				Вт 2				
В С Ь О Г О	28,19	124,2	117,6	0,35	27,84		117,6	2702	492	2209,1
4-а секція конденсату ретурного пари (P-4)										
Перетікання з секції "P-3"	27,84	117,6				Вт 3				
В С Ь О Г О	27,84	117,6	111,7	0,31	27,53		111,7	2693	468	2225,3
5-а секція конденсату ретурного пари (P-5)										
Перетікання з секції "P-4"	27,53	111,7				Вт 4				
В С Ь О Г О	27,53	111,7	105,6	0,31	27,21		105,6	2684	442	2241,7
6-а секція конденсату ретурного пари (P-6)										
Перетікання з секції "P-5"	27,21	105,6				Вт 5				
В С Ь О Г О	27,21	105,6	105,6	0,00	27,21		105,6	2684	442	2241,7
ПІШЛО В ТЕЦ	27,21	105,6								

Інв № подл	Підп. та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. та дата

Зм.	
Лист	
№ докум.	
Підпис.	
Дата	

601-НТ.11393644.МР

1-а секція конденсату вторинної пари 1-ї ступені випаровування ВС (1-1)					
Перетікання из секції "Р-1"	-	-	124,2	0,00	0,00
"2-А" корпус ВС	12,32	122,2			
"2-Б" корпус ВС	11,84	122,2			
Сік перед "1"-м корп. ВС	-	123,4			
Сушарка цукру (калорифер)	-	122,0			
Сироп, Збірник	-	-			
В С Ь О Г О	24,16	122,2	123,3	-0,05	24,21
2-а секція конденсату вторинної пари 1-ї ступені випаровування ВС (1-2)					
Перетікання з секції "1-1"	24,21	123,3			
Калорифер сушки сахара					
В С Ь О Г О	24,21	123,3	117,6	0,26	23,95
3-а секція конденсату вторинної пари 1-ї ступені випаровування ВС (1-3)					
Перетікання з секції "1-2"	23,95	117,6			
В С Ь О Г О	23,95	117,6	111,7	0,27	23,69
4-а секція конденсату вторинної пари 1-ї ступені випаровування ВС (1-4)					
Перетікання з секції "1-3"	23,69	111,7			
В С Ь О Г О	23,69	111,7	105,6	0,27	23,42
5-а секція конденсату вторинної пари 1-ї ступені випаровування ВС (1-5)					
Перетікання з секції "1-4"	23,42	105,6			
В С Ь О Г О	23,42	105,6	105,6	0,00	23,42
В ЗБ. АМІАЧНИХ КОНДЕНСАТІВ					
П І Ш Л О В Т Е Ц	23,42	105,6			

Вт 1	124,2	2711	520	2190,7
Вт 1	123,3	2709	516	2193,3
Вт 2	117,6	2702	492	2209,1
Вт 3	111,7	2693	468	2225,3
Вт 4	105,6	2684	442	2241,7
Вт 5	105,6	2684	442	2241,7

Інв № подл	Підп. та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. та дата

Зм.	
Лист	
№ док.м.	
Підпис.	
Дата	

601-НТ.11393644.МР

97 Арк.

1-а секція аміачного конденсату вторинної пари 2-ї ступені випаровування ВС (А-1)						Вт 2	0,0	2503,9	0,00	2503,9
Перетік. з нагн. насоса сек. "1-5"	-	-	-	-	-					
"3-А" корпус ВС	13,45	115,8								
"3-Б" корпус ВС	6,04	115,8								
Сік перед "0"-м корп. ВС	5,23	113,0								
Догрів до кипіння в корпусі "3-А"	-	115,8								
Вакуум- апарати "1"	-	105,8								
Вакуум- апарати "2,3"	-	104,6								
Сік перед 2-ю сатурацією	-	112,0								
Сироп, Збірник	-	107,2								
Стандарт-сироп, Підігрівач	-	110,2								
Відтоки, підігрівачі	-	106,45								
ВСЬОГО	24,71	115,2	116,5	-0,06	24,77	Вт 2	116,5	2699,9	487,71	2212,2
2-а секція аміачного конденсату вторинної пари 3-ї ступені випаровування ВС (А-2)										
Перетікання з секції "А-1"	24,77	116,5	111,7	0,22	24,55	Вт 3	111,7	2693,0	467,67	2225,3
Перетік. з нагн. насоса сек. "1-5"	-	-	-	-	-	Вт 3	0,0	2503,9	0,00	2503,9
"4-А" корпус ВС	9,60	109,80								
"4-Б" корпус ВС	8,17	109,80								
Сік перед "1"-м корп. ВС	-	113,98								
Сік перед "0"-м корп. ВС	-	105,90								
Жомопресова вода	0,85	100,15								
Дефекований сік	-	105,78								
Сік перед 1-ю фільтрацією	-	105,78								
Сік перед 2-ю сатурацією	1,05	107,02								
Стандарт-сироп, збірн перед ВА	-	99,03								
Стандарт-сироп, підігрівач	-	105,78								
Вакуум- апарати "1"	-	101,38								
Вакуум- апарати "2,3"	-	100,18								
Живільна вода дифузії	-	99,98								
Сироп, Підігрівач	-	105,03								
Діфузія	0,61	96,60								
ВСЬОГО	44,84	110,41	110,41			Вт 3	110,4	2691,1	462,27	2228,8

Охолоджено на ТО прод. Відд.

Інв № подл	Підп. та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. та дата

Зм.	
Лист	
№ док.м.	
Підпис.	
Дата	

601-НТ.11393644.МР

3-а секція аміачного конденсату вторинної пари 4-ї ступені випаровування ВС (А-3)						0,00				
Перетікання з секції "А-2"	44,84	110,41	105,60	0,40	44,43	Вт 4	105,6	2683,9	442,13	2241,7
Перетік з нагн. насоса сек. "1-5"	19,69	103,60	103,60	-	19,69	Вт 4	103,6	2680,8	433,75	2247,1
"5-А" корпус ВС	8,59	103,68				18,58				
"5-Б" корпус ВС	-	103,68								
Сік перед "0"-м корп. ВС	-	101,33								
Зелена патока "1"	-	97,20								
Біла патока	-	97,95								
Вакуум- апарати "1"	9,46	96,80								
Вакуум- апарати "2,3"	-	95,60								
Сиррий сік	-	92,46								
Дефекований сік, Вт 4	0,53	100,95								
Дефекований сік, Вт 5	-	-								
Живільна вода	-	95,41								
Сік перед 1-ю фільтрацією	-	101,20								
ВСЬОГО	82,70	103,89	103,89	-	82,70	Вт 4	103,9	2681,3	434,95	2246,3
В контур продуктового цеха	58,00	107,20								
Возврат из контура прод. цеха	58,00	110,41								
Всього	82,70	106,26					0,0	2503,9	0,00	2503,9
3-а секція аміачного конденсату вторинної пари 5-ї ступені випаровування ВС (А-4)										
Перетікання з секції "А-3"	82,70	103,9	99,4	0,688	82,01	Вт 5	99,4	2674,3	416,17	2258,2
Надлишок конденсату ТЕЦ	0,00	0,0	0,0	0,00	0,00	Вт 5	0,0	2503,9	0,00	2503,9
"6-А" корпус ВС	1,49	96,1				18,58				
"6-Б" корпус ВС										
Сік перед "0"-м корп. ВС										
Дефекований сік, Вт 5	3,03	94,6								
Дефекований сік, Вт 6	1,42	83,7								
ВAA2-3	4,24	91,0								
Сік 1 сат.	0,52	96,3								
ВСЬОГО	92,71	98,5	98,5	0,00	92,71		Вт 5			

Інв № подл	Підп. та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. та дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис.	Дата

Кількість парів вт-го вскипання конденсатів											
Вт. пар	Заг.	Рет. конд	Вт. 1-го	Ам.к	Надл. ТЕЦ						
Р к.	-0,050	-0,050									
І к.	0,264	0,315	-0,05								
ІІ к.	0,552	0,353	0,261	-0,06							
ІІІ к.	0,798	0,309	0,266	0,223							
ІV к.	0,986	0,314	0,270	0,403							
V к.	0,688	0,000	0,000	0,688							
VI к.	0,000										
0 У	% к м.св.	т/час	Ос	Р	кдж/кг	ккал/кг	Гкал/час				
Пар на завод, після ОУ	29,48	52,81	130,7	1,76	2719	649	34,3				
Витрата пари із ОУ	D _п , т/ч	52,81									
Параметри паі	вхід	Р, кгс/см2	1,91	вихід	Р, кгс/см2	1,91	плюс				
		Т, оС	198		Т, оС	132,7	0,15	2			
		2778 і, кДж/кг	2863		і, кДж/кг	2721	2721,88				
Витрата конде:	G _к , т/ч	3,07	Охолоджуючий конденсат	Р, бар	3,5						
Витрата пари і	D _{охл} , т/ч	49,75		Т, оС	100						
Швидкість кон	w _{конд.1} , м/с	2		і, кДж/кг	418,68						
Діаметр конде	D _{конд} , мм	23,84		v, м ³ /кг	0,00104771						
Швидкість кон	w _{конд.2} , м/с	10									
Кількість отворі	n _{отв}	22,3									
Діам.отв.	2										
Витрата пари в ОУ	D _п , т/ч	49,75	45,60								

601-НТ.11393644.МР

Зведені результати розрахунку представлено в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Зведені результати розрахунку

Продуктивність заводу по буряку, т/добу	4300								
Корпус, м ²	1А	2А	2Б	3А	3Б	4А	4Б	5	6
	3000	1800	1800	2360	1180	2200	2200	2618	1500
Питоме навантаження поверхні нагріву, кг/(м ² /год.)	16,4	12,3	11,8	10,2	9,2	7,8	6,7	5,9	1,8
СР вхід	15,90								
СР вихід	20,2	22,9	26,4	31,9	35,2	42,1	50,5	63,9	67,0
Тиск ретурної пари, кГс/см ²	1,76								
Температура ретурної пари, оС	130,7								
Вторинна пара, кГс/см ²	1,26	0,83		0,51		0,22		-0,02	-0,36
Температура вторинної пари, оС	124,2	117,6		111,7		105,6		99,4	87,7
Різниця тисків на ступені, кГс/см ²	0,50	0,43		0,33		0,28		0,24	0,35
Концентрація густого сиропу перед ВА:	74,6								
Витрата пари на конденсатор, % до м.бур	0,07								
Розрахункове вироблення електроенергії, кВт	4500								
Розрахункова витрата пари в головний корпус / з котлів, т/год.	52,8			/	49,4				
Питома витрата палива (у переводі на газ), мЗ/т	25,8								
Питома витрата пари, кг/т буряка	275,8								
Питома витрата теплоти, кВт*год/кг	239,6								

Ключові результати розрахунку теплової схеми до модернізації представлені в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Основні характеристики при існуючому обладнанні

Ефективність випарної станції заводу	3,60	т випареної води / т пари на завод
Паливо (газ при $k=1,14$)	25,82	м ³ /т буряка
Умовне паливо	2,94	% до м.б.
Коеф. переведа в умовне паливо	1,19	
Питома витрата палива на вироблення пари	89,7	м ³ /т гострого пари
Виробленно гострої пари	49,4	т/годину
Гостра пара в РОУ	0,00	т/годину
Виробленно електроенергії генератором	≈4500	кВт
Цукристість стружки	≈18,0	%

Як зазначалося вище, основним заходом модернізації теплової схеми обрано встановлення додаткового підігрівника на відтяжках.

Розрахунок теплової схеми після модернізації виконується аналогічно в Ексель. Усі етапи виконання розрахунків представлено в таблицях нижче.

Інв № подл	Підп. та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. та дата

Зм.	
Лист	
№ докум.	
Підпис.	
Дата	

601-НТ.11393644.МР

Розрахунок витрати пари												
	Витрата продукту % до м.б.	Температура, град С			ТЕПЛОНОСІЙ				ПРОДУКТ			
		продукту		Тепло-носителя	Найме-нування	Витрата пари	Ентальпія пари	Температура когденсата	Ентальпія початкова	Ентальпія кінцева	С Р	Д Б
		початкова	кінцева									
СИРИЙ СІК												
1 ГРУПА	112	29,00	45,00	52,0	UTF II-III	2,95	2595	48,3	3,8	3,8	18,0	90,1
2 ГРУПА	112	45,00	56,00	58,0	UTF I	2,06	2605	56,1	3,8	3,8	18,0	90,1
3 ГРУПА	112	56,00	58,92		Конд				3,8	3,8	18,0	90,1
4 ГРУПА	112	58,92	58,92	94,0	Вт 6	0,00	2666	85,2	3,8	3,8	18,0	90,1
5 ГРУПА	112	58,92	58,92	93,0	Вт 5	0,00	2664	84,5	3,8	3,8	18,0	90,1
6 ГРУПА	112	58,92	58,92	103,5	Вт 4	0,00	2681	92,4	3,8	3,8	18,0	90,1
7 ГРУПА	112	58,92	58,92	111,7	Вт 3	0,00	2693	98,5	3,8	3,8	18,0	90,1
ДЕФЕКОВАНІЙ СІК												
1 ГРУПА	140	61,5	72,0		Конд				3,8	3,8	17,7	90,4
2 ГРУПА	140	72	72	94,0	Вт 6	0,00	2666	88,5	3,8	3,8	17,7	90,4
3 ГРУПА	140	72,0	72,0	95,0	Конд	0,00	2667	89,3	3,8	3,8	17,7	90,4
4 ГРУПА	140	72,0	78,0	93,0	Вт 5	1,47	2664	88,5	3,8	3,8	17,7	90,4
5 ГРУПА	140	78	84	93,0	Відт	1,49	2664	90,0	3,8	3,8	17,7	90,4
6 ГРУПА	140	84,0	88,0	103,5	Вт 4	1,01	2681	99,1	3,8	3,8	17,7	90,4
7 ГРУПА	140	88,0	88,0	111,7	Вт 3	0,00	2693	105,8	3,8	3,8	17,7	90,4
8 ГРУПА	140	88	88	118,9	Вт 2	0,00	2703	111,2	3,8	3,8	17,7	90,4
9 ГРУПА	140	88	88	125,9	Вт 1	0,00	2713	116,4	3,8	3,8	17,7	90,4
10 ГРУПА	140	88	88	132,5	Рет пар	0,00	2722	121,4	3,8	3,8	17,7	90,4

Інв № подл	Підп. та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. та дата

Зм.	
Лист	
№ докум.	
Підпис.	
Дата	

Розрахунок витрати пари												
	Витрата продукту % до м.б.	Температура, град С			ТЕПЛОНОСІЙ				ПРОДУКТ			
		продукту		Тепло-носителя	Найменування	Витрата пари % до м.б.	Ентальпія пари кДж/кг	Температура когденсата °С	Ентальпія початкова кДж/кг	Ентальпія кінцева кДж/кг	С Р %	Д Б %
		початкова °С	кінцева °С									
СІК ПЕРЕД 1-Й ФІЛЬТРАЦІЄЙ												
1 ГРУПА	137	86	86	94,0	Вт 6	0,00	2666	92,0	3,8	3,8	18,0	90,0
2 ГРУПА	137	86	86	93,0	Вт 5	0,00	2664	91,3	3,8	3,8	18,0	90,0
3 ГРУПА	137	86	89	103,5	Вт 4	0,74	2681	99,5	3,8	3,8	18,0	90,0
4 ГРУПА	137	89	89	111,7	Вт 3	0,00	2693	106,0	3,8	3,8	18,0	90,0
5 ГРУПА	137	89	89	118,9	Вт 2	0,00	2703	111,4	3,8	3,8	18,0	90,0
6 ГРУПА	137	89	89	125,9	Вт 1	0,00	2713	116,7	3,8	3,8	18,0	90,0
7 ГРУПА	137	89	89	132,5	Рет пар	0,00	2722	121,6	3,8	3,8	18,0	90,0
СІК ПЕРЕД 2-Ю САТУРАЦІЄЙ												
1 ГРУПА	134	85	92,1		Конд				3,8	3,9	17,5	91,0
2 ГРУПА	134	92	92	94,0	Вт 6	0,00	2666	93,5	3,9	3,9	17,5	91,0
3 ГРУПА	134	92	92,1	93,0	Вт 5	0,00	2664	92,8	3,9	3,9	17,5	91,0
4 ГРУПА	134	92,1	92	103,5	Вт 4	0,00	2681	100,7	3,9	3,9	17,5	91,0
5 ГРУПА	134	92,1	92	111,7	Вт 3	0,00	2693	106,8	3,9	3,9	17,5	91,0
6 ГРУПА	134	92	96	118,9	Вт 2	0,96	2703	112,7	3,9	3,9	17,5	91,0
7 ГРУПА	134	96	96	125,9	Вт 1	0,00	2713	118,4	3,9	3,9	17,5	91,0
8 ГРУПА	134	96	96	132,5	Рет пар	0,00	2722	123,4	3,9	3,9	17,5	91,0
СІК ПЕРЕД "0"-М КОРПУСОМ ВС												
1 ГРУПА	122,5	89,3	89,3	94,0	Вт 6	0,00	2666	92,8	3,8	3,8	17,7	91,0
2 ГРУПА	122,5	89,3	89,3	93,0	Вт 5	0,00	2664	92,1	3,8	3,8	17,7	91,0
3 ГРУПА	122,5	89,3	98,5	103,5	Вт 4	2,05	2681	101,1	3,8	3,9	17,7	91,0
4 ГРУПА	122,5	98,5	106,7	111,7	Вт 3	1,85	2693	109,4	3,9	3,9	17,7	91,0
5 ГРУПА	122,5	106,7	113,9	118,9	Вт 2	1,65	2703	116,8	3,9	3,9	17,7	91,0
6 ГРУПА	122,5	113,9	120,9	125,9	Вт 1	1,63	2713	123,8	3,9	3,9	17,7	91,0
7 ГРУПА	122,5	120,9	120,5	132,5	Рет пар	-0,09	2722	129,6	3,9	3,9	17,7	91,0
Догр.в корп.	122,5	120,5	120,5	103,5	Вт 4	0,00	2681	107,8	3,9	3,9	17,7	91,0
	122,5	120,5	120,5	111,7	Вт 3	0,00	2693	113,9	3,9	3,9	17,7	91,0
	122,5	120,5	120,5	118,9	Вт 2	0,00	2703	119,3	3,9	3,9	17,7	91,0

601-НТ.11393644.МР

Інв № подл	Підп. та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. та дата

Зм.	
Лист	
№ докум.	
Підпис.	
Дата	

Розрахунок витрати пари												
	Витрата продукту % до м.б.	Температура, град С			ТЕПЛОНОСІЙ				ПРОДУКТ			
		продукту		Тепло-носителя	Найме-нування	Витрата пари	Ентальпія пари	Температура когденсата	Ентальпія початкова	Ентальпія кінцева	С Р	Д Б
		початкова	кінцева									
СІК ПЕРЕД "1"-М КОРПУСОМ ВС												
1 ГРУПА	122,5	120,5	120,5	93,0	Конд	0,00	2664	99,9	3,9	3,9	19,6	91,0
2 ГРУПА	122,5	120,5	120,5	93,0	Вт 5	0,00	2664	99,9	3,9	3,9	19,6	91,0
3 ГРУПА	122,5	120,5	120,5	103,5	Вт 4	0,00	2681	107,8	3,9	3,9	19,6	91,0
4 ГРУПА	122,5	120,5	120,5	111,7	Вт 3	0,00	2693	113,9	3,9	3,9	19,6	91,0
5 ГРУПА	122,5	120,5	120,5	118,9	Вт 2	0,00	2703	119,3	3,9	3,9	19,6	91,0
6 ГРУПА	122,5	120,5	120,5	125,9	Вт 1	0,00	2713	124,6	3,9	3,9	19,6	91,0
7 ГРУПА	122,5	120,5	120,5	132,5	Рет пар	0,00	2722	129,5	3,9	3,9	19,6	91,0
Догр.в корп.	122,5	120,5	126,4	132,5	Рет пар	1,38	2722	130,2	3,9	3,9	19,6	91,0
ЖИВІЛЬНА ВОДА ДИФУЗІЇ												
1 ГРУПА	36,0	60,5	60,5	80,0	Конд	0,00	2643	75,1	4,2	4,2	-	-
2 ГРУПА	36,0	60,5	60,5	94,0	Вт 6	0,00	2666	85,6	4,2	4,2	-	-
3 ГРУПА	36,0	60,5	60,5	93,0	Вт 5	0,00	2664	84,9	4,2	4,2	-	-
4 ГРУПА	36,0	60,5	68,0	103,5	Вт 4	0,51	2681	93,7	4,2	4,2	-	-
5 ГРУПА	36,0	68,0	68,0	111,7	Вт 3	0,00	2693	100,8	4,2	4,2	-	-
6 ГРУПА	36,0	68,0	68,0	118,9	Вт 2	0,00	2703	106,2	4,2	4,2	-	-
7 ГРУПА	36,0	68,0	68,0	125,9	Вт 1	0,00	2713	111,4	4,2	4,2	-	-
8 ГРУПА	36,0	68,0	68,0	132,5	Рет пар	0,00	2722	116,4	4,2	4,2	-	-
ЖОМОПРЕСОВА ВОДА												
1 ГРУПА	61,8	65,0	65,0	95,0	Конд	0,00	2667	87,5	4,2	4,2	-	-
2 ГРУПА	61,8	65,0	65,0	94,0	Вт 6	0,00	2666	86,8	4,2	4,2	-	-
3 ГРУПА	61,8	65,0	65,0	92,0	Вт 5	0,00	2663	85,3	4,2	4,2	-	-
4 ГРУПА	61,8	65,0	65,0	102,5	Вт 4	0,00	2679	93,1	4,2	4,2	-	-
5 ГРУПА	61,8	65,0	73,0	110,7	Вт 3	0,94	2691	100,3	4,2	4,2	-	-
6 ГРУПА	61,8	73,0	73,0	117,9	Вт 2	0,00	2702	106,7	4,2	4,2	-	-
7 ГРУПА	61,8	73,0	73,0	124,9	Вт 1	0,00	2712	111,9	4,2	4,2	-	-
8 ГРУПА	61,8	73,0	73,0	132,5	Рет пар	0,00	2722	117,6	4,2	4,2	-	-

601-НТ.11393644.МР

Інв № подл	Підп. та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. та дата

Зм.	
Лист	
№ докум.	
Підпис.	
Дата	

601-НТ.11393644.МР

Розрахунок витрати пари												
	Витрата продукту % до м.б.	Температура, град С			ТЕПЛОНОСІЙ				ПРОДУКТ			
		продукту		Тепло-носителя	Найменування	Витрата пари	Ентальпія пари	Температура когденсата	Ентальпія початкова	Ентальпія кінцева	С Р	Д Б
		початкова	кінцева									
СТАНДАРТ-СИРОП												
1 ГРУПА	0,00	88,0	88,0	95,0	Конд	0,00	2667	93,3	4,2	4,2	0,0	0,0
2 ГРУПА	0,00	88,0	88,0	94,0	Вт 6	0,00	2666	92,5	4,2	4,2	0,0	0,0
3 ГРУПА	0,00	88,0	88,0	93,0	Вт 5	0,00	2664	91,8	4,2	4,2	0,0	0,0
4 ГРУПА	0,00	88,0	88,0	103,5	Вт 4	0,00	2681	99,6	4,2	4,2	0,0	0,0
5 ГРУПА	0,00	88,0	90,0	111,7	Вт 3	0,00	2693	106,0	4,2	4,2	0,0	0,0
6 ГРУПА	0,00	90,0	90,0	118,9	Вт 2	0,00	2703	111,7	4,2	4,2	0,0	0,0
7 ГРУПА	0,00	90,0	90,0	125,9	Вт 1	0,00	2713	116,9	4,2	4,2	0,0	0,0
8 ГРУПА	0,00	90,0	90,0	132,5	Рет пар	0,00	2722	121,9	4,2	4,2	0,0	0,0
ЗЕЛЕНА ПАТОКА "1"												
1 ГРУПА	14,28	72,0	85,0		Конд				2,6	2,6	78,9	88,0
2 ГРУПА	14,28	85,0	85,0	94,0	Вт 6	0,00	2666	91,8	2,6	2,6	78,9	88,0
3 ГРУПА	14,28	85,0	85,0	93,0	Вт 5	0,00	2664	91,0	2,6	2,6	78,9	88,0
4 ГРУПА	14,28	85,0	85,0	103,5	Вт 4	0,00	2681	98,9	2,6	2,6	78,9	88,0
5 ГРУПА	14,28	85,0	85,0	111,7	Вт 3	0,00	2693	105,0	2,6	2,6	78,9	88,0
6 ГРУПА	14,28	85,0	85,0	118,9	Вт 2	0,00	2703	110,4	2,6	2,6	78,9	88,0
7 ГРУПА	14,28	85,0	85,0	125,9	Вт 1	0,00	2713	115,7	2,6	2,6	78,9	88,0
8 ГРУПА	14,28	85,0	85,0	132,5	Рет пар	0,00	2722	120,6	2,6	2,6	78,9	88,0
БІЛА ПАТОКА												
1 ГРУПА	8,6	75,0	85,0		Конд				2,6	2,7	78,8	93,1
2 ГРУПА	8,6	85,0	85,0	94,0	Вт 6	0,00	2666	91,8	2,7	2,7	78,8	93,1
3 ГРУПА	8,6	85,0	85,0	93,0	Вт 5	0,00	2664	91,0	2,7	2,7	78,8	93,1
4 ГРУПА	8,6	85,0	85,0	103,5	Вт 4	0,00	2681	98,9	2,7	2,7	78,8	93,1
5 ГРУПА	8,6	85,0	85,0	111,7	Вт 3	0,00	2693	105,0	2,7	2,7	78,8	93,1
6 ГРУПА	8,6	85,0	85,0	118,9	Вт 2	0,00	2703	110,4	2,7	2,7	78,8	93,1
7 ГРУПА	8,6	85,0	85,0	125,9	Вт 1	0,00	2713	115,7	2,7	2,7	78,8	93,1
8 ГРУПА	8,6	85,0	85,0	132,5	Рет пар	0,00	2722	120,6	2,7	2,7	78,8	93,1

Інв № подл	Підп. та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. та дата

Зм.	
Лист	
№ докум.	
Підпис.	
Дата	

Розрахунок витрати пари

Витрата продукту % до м.б.	Температура, град С			ТЕПЛОНОСІЙ				ПРОДУКТ			
	продукту		Тепло-носителя	Найменування	Витрата пари	Ентальпія пари	Температура когденсата	Ентальпія початкова	Ентальпія кінцева	С Р	Д Б
	початкова	кінцева									
°С	°С	°С	-	% до м.б.	кДж/кг	°С	кДж/кг	кДж/кг	%	%	

ЗЕЛЕНА ПАТОКА "2"

1 ГРУПА	7,75	72,0	85,0		Конд				2,4	2,5	83,1	72,4
2 ГРУПА	7,75	85,0	85,0	94,0	Вт 6	0,00	2666	91,8	2,5	2,5	83,1	72,4
3 ГРУПА	7,75	85,0	85,0	93,0	Вт 5	0,00	2664	91,0	2,5	2,5	83,1	72,4
4 ГРУПА	7,75	85,0	85,0	103,5	Вт 4	0,00	2681	98,9	2,5	2,5	83,1	72,4
5 ГРУПА	7,75	85,0	85,0	111,7	Вт 3	0,00	2693	105,0	2,5	2,5	83,1	72,4
6 ГРУПА	7,75	85,0	85,0	118,9	Вт 2	0,00	2703	110,4	2,5	2,5	83,1	72,4
7 ГРУПА	7,75	85,0	85,0	125,9	Вт 1	0,00	2713	115,7	2,5	2,5	83,1	72,4
8 ГРУПА	7,75	85,0	85,0	132,5	Рет пар	0,00	2722	120,6	2,5	2,5	83,1	72,4

ПРОДУКТ "1"

На увар	48,87										73,8	
Уварено					Вт 4	9,51					91,0	

ПРОДУКТ "2"

На увар	13,71										78,9	
Уварено					Вт 3	1,97					92,0	

ПРОДУКТ "3"

На увар	9,25										74,5	
Уварено					Вт 3	1,95					94,2	

601-НТ. 11393644.МР

Інв № подл	Підп. та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. та дата

Зм.	
Лист	
№ докум.	
Підпис.	
Дата	

Розрахунок паровідборів по випарній станції									
СПОЖИВАЧІ ПАРИ	Ретурний пар	Вторинний пар						Утф	Утф
		Е1	Е2	Е3	Е4	Е5	Е6	1	2,3
ДИФУЗИЯ	-	-	-	1,11	-	-	-		
ЖИВІЛЬНА ВОДА ДИФУЗІЇ	-	-	-	-	0,51	-	-		
ЖОМОПРЕСОВА ВОДА	-	-	-	0,94	-	-	-		
СИРИЙ СІК	-	-	-	-	-	-	-	2,06	2,95
ДЕФЕКОВАНИЙ СІК	-	-	-	-	1,01	1,47	-		
СІК ПЕРЕД 1-Й ФІЛЬТРАЦІЄЙ	-	-	-	-	0,74	-	-		
СІК ПЕРЕД 2-Ю САТУРАЦІЄЙ	-	-	0,96	-	-	-	-		
СІК ПЕРЕД "0"-М КОРП. ВС	- 0,09	1,63	1,65	1,85	2,05	-	-		
ДОГРІВ ДО КІПННЯ В КОРПУСІ "0"			-	-	-	-	-		
СІК ПЕРЕД "1"-М КОРП. ВС	-	-	-	-	-	-	-		
ДОГРІВ ДО КІПННЯ В КОРПУСІ "1"	1,38								
ІНШЕ									
ІНШЕ									
ПІДІГРІВАЧ ПРОМОЮ	-	-	-	-	-	-	-		
ЗБІРНИК СИРОПА ПЕРЕД ВА	-	-	-	-	-	-	-		
СИРОП	-	-	-	-	-	-	-		
ЗБ. СТ.- СИРОПА ПЕРЕД ВА	-	-	-	-	-	-	-		
СТАНДАРТ - СИРОП, ПІДІГРІВАЧ	-	-	-	-	-	-	-		
ЗБ. ЗЕЛЕНОЇ ПАТОКИ "1"	-	-	-	-	-	-	-		
ПІДІГРІВАЧ ЗЕЛ. ПАТОКИ "1"	-	-	-	-	-	-	-		
ЗБІРНИК БІЛОЇ ПАТОКИ	-	-	-	-	-	-	-		
ПІДІГРІВАЧ БІЛОЇ ПАТОКИ	-	-	-	-	-	-	-		
ЗБ. ЗЕЛЕНОЇ ПАТОКИ "2"	-	-	-	-	-	-	-		
ПІДІГРІВАЧ ЗЕЛ. ПАТОКИ "2"	-	-	-	-	-	-	-		
ЗБІРНИК КЛЕРОВКИ "2" + "3"	-	-	-	-	-	-	-		
ПІДІГРІВАЧ КЛЕРОВКИ "2" + "3"	-	-	-	-	-	-	-		
ВАКУУМ - АПАРАТИ "1"					9,51				
ВАКУУМ - АПАРАТИ "2"					1,97				
ВАКУУМ - АПАРАТИ "3"					1,95				
СУШАРКА ЦУКРУ		0,40							
ПРОПАРКА ВА		1,00							
ІНШЕ									
ІНШЕ									
ІНШЕ	0,50								
РОЗРАХУНКОВІ ПАРОВІДБОРИ	1,79	3,03	2,61	3,90	17,73	1,47	0,00		
ПАРИ САМОВСКИП. КОНД.	-0,05	0,236	0,562	0,951	0,726	0,000			
ДІЙСНІ ПАРОВІДБОРИ	1,84	2,79	2,05	2,95	17,01	1,47	0,00		
ПЕРЕПУСК ПАРИ			0,00	Перепуск пара, % Вт3 в Вт4					

601-НТ. 11393644.МР

Інв № подл	Підп. та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. та дата

Зм.	
Лист	
№ док.м.	
Підпис.	
Дата	

601-НТ.11393644.МР

РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ВИПАРЕНОЇ ВОДИ ПО КОРПУСАМ ВИПАРНОЇ СТАНЦІЇ												
КОРПУСА ВИПАРНОЇ СТАНЦІЇ												
1-А	1-Б	2-А	2-Б	3-Б	3-А	3-В	4-А	4-Б	5-А	5-Б	6-А	6-Б
ДІЙСНІ ПАРОВІДБОРИ ПО КОРПУСАМ ВС												
2,79	0,00	1,13	0,92	2,06	0,88	0,00	9,69	7,31	1,47	0,00	0,00	0,00
ВИПАРЕНО ВОДИ ПО КОРПУСАМ ВС ПО "Е"												
26,27	0,00	12,91	10,56	15,00	6,43	0	10,53	7,95	1,47	0,00	0,00	0,00
ВИПАРЕНО ВОДИ ПО ВС												
				91,13								
МАЄ БУТИ ВИПАРЕНО				92,88								
ПАР НА КОНДЕНСАТОР				0,349	6,53							
ВИПАРЕНО ВОДИ ПО КОРПУСАМ ВС												
26,62	0,00	13,10	10,72	15,25	6,53	0	10,73	8,10	1,82	0,00	0,00	0,00
ВМІСТ СУХИХ РЕЧОВИН (СР) НА ВИХОДІ ІЗ КОРПУСІВ												
22,57	22,57	26,15	30,03	38,09	43,04	43,04	54,71	68,77	73,00	73,00	73,00	73,00
ВИПАРЕНО ВОДИ ПО СТУПЕНЯМ ВИПАРОВУВАННЯ ВС												
26,62		23,83		21,78		18,83		1,82		0,00		
ПОВЕРХНЯ КОРПУСА ВС м²												
3 000		1 800	1 800	2 360	1 180		2 200	2 200	1 500			
ПІТОМЕ НАВАНТАЖЕННЯ КОРПУСА ВС, кг/м²х годину												
16,6		13,7	11,2	12,1	10,4	#ДЕЛ/0!	9,1	6,9	2,3	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!
ПАР В ПЕРШУ СТУПІНЬ ВИПАРОВУВАННЯ ВС						26,62	% до м. б.	49,91	т/годину			
ПАР В ЗАВОД						28,46	% до м. б.	53,36	т/годину			
Ефективність системи пароотборів ВС				3,49	т випареної води / т пари на першу ступінь ВС							
Ефективність теплової схеми заводу				3,26	т випареної води / т пари на завод							
ПАЛИВО					24,03	м3/ т буряка	умовне паливо		2,84	% до м. б.		

Інв № подл	Підп. та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. та дата

Зм.	
Лист	
№ док.м.	
Підпис.	
Дата	

601-НТ.11393644.МР

РОЗРАХУНОК КОНДЕНСАТІВ ПО ЗБІРНИКАХ

	Кількість конденсату вхід % до м. б.	Температура конденсату °С		Кількість пари самовскипання % до м. б.	Кількість конденсату вихід % до м. б.	Примітка	ПРИМІТКА			
		вхід	вихід				Температура пари °С			
								і пари, кДж/кг	і конд., кДж/кг	пароутв. іп - ік
1-а секція конденсату ретурного пари (P-1)										
"1-А" корпус ВС	26,62	130,9				Рет пар				
"1-Б" корпус ВС	-	130,85								
Догрів до кипіння в корпусі "1"	1,38	130,9								
Сік перед "1"-м корп. ВС	-	129,5								
В С Ь О Г О	28,00	130,9	131,8	-0,05	28,05		131,8	2721	552	2169,0
2-а секція конденсату ретурного пари (P-2)										
Перетікання з секції "P-1"	28,05	131,8				Вт 1				
В С Ь О Г О	28,05	131,8	126,4	0,29	27,76		126,4	2714	529	2184,4
3-а секція конденсату ретурного пари (P-3)										
Перетікання з секції "P-2"	27,76	126,4				Вт 2				
В С Ь О Г О	27,76	126,4	119,4	0,37	27,39		119,4	2704	500	2204,1
4-а секція конденсату ретурного пари (P-4)										
Перетікання з секції "P-3"	27,39	119,4				Вт 3				
В С Ь О Г О	27,39	119,4	112,2	0,37	27,02		112,2	2694	470	2224,0
5-а секція конденсату ретурного пари (P-5)										
Перетікання з секції "P-4"	27,02	112,2				Вт 4				
В С Ь О Г О	27,02	112,2	104,0	0,41	26,61		104,0	2681	435	2246,0
6-а секція конденсату ретурного пари (P-6)										
Перетікання з секції "P-5"	26,61	104,0				Вт 5				
В С Ь О Г О	26,61	104,0	104,0	0,00	26,61		104,0	2681	435	2246,0
ПІШЛО В ТЕЦ	26,61	104,0								

Інв № подл	Підп. та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. та дата

Зм.	
Лист	
№ док.м.	
Підпис.	
Дата	

601-НТ.11393644.МР

112

Арк.

1-а секція аміачного конденсату вторинної пари 2-ї ступені випаровування ВС (А-1)						Вт 2	0,0	2503,9	0,00	2503,9
Перетік. з нагн. насоса сек. "1-5"	-	-	-	-	-					
"3-А" корпус ВС	15,25	116,7								
"3-Б" корпус ВС	6,53	116,7								
Сік перед "0"-м корп. ВС	1,65	116,8								
Догрів до кипіння в корпусі "3-А"	-	116,7								
Вакуум- апарати "1"	-	106,8								
Вакуум- апарати "2,3"	-	105,6								
Сік перед 2-ю сатурацією	0,96	112,7								
Сироп, Збірник	-	108,4								
Стандарт-сироп, Підігрівач	-	111,7								
Відтоки, підігрівачі	-	110,43								
ВСЬОГО	24,39	116,6	117,8	-0,06	24,45	Вт 2	117,8	2701,8	493,35	2208,5
2-а секція аміачного конденсату вторинної пари 3-ї ступені випаровування ВС (А-2)						Вт 3	112,2	2693,7	469,76	2224,0
Перетікання з секції "А-1"	24,45	117,8	112,2	0,26	24,19					
Перетік. з нагн. насоса сек. "1-5"	-	-	-	-	-	Вт 3	0,0	2503,9	0,00	2503,9
"4-А" корпус ВС	10,73	109,28								
"4-Б" корпус ВС	8,10	109,28								
Сік перед "1"-м корп. ВС	-	113,90								
Сік перед "0"-м корп. ВС	1,85	109,43								
Жомопресова вода	0,94	100,28								
Дефекований сік	-	105,78								
Сік перед 1-ю фільтрацією	-	106,03								
Сік перед 2-ю сатурацією	-	106,80								
Стандарт-сироп, збірн перед ВА	-	99,03								
Стандарт-сироп, підігрівач	-	106,03								
Вакуум- апарати "1"	-	101,38								
Вакуум- апарати "2,3"	-	100,18								
Живільна вода дифузії	-	100,78								
Сироп, Підігрівач	-	105,03								
Діффузія	1,11	96,60								
			6,00							
ВСЬОГО	46,92	110,31	104,31			Вт 3	104,3	2681,9	436,72	2245,2

Інв № подл	Підп. та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. та дата

Зм.	
Лист	
№ докум.	
Підпис.	
Дата	

601-НТ.11393644.МР

Арк.
113

3-а секція аміачного конденсату вторинної пари 4-ї ступені випаровування ВС (А-3)						0,51				
Перетікання з секції "А-2"	46,92	104,31	104,81	- 0,04	46,96	Вт 4	104,8	2682,7	438,81	2243,9
Перетік. з нагн. насоса сек. "1-5"	19,38	100,00	100,00	-	19,38	Вт 4	100,0	2675,3	418,68	2256,6
"5-А" корпус ВС	1,82	100,50				21,03				
"5-Б" корпус ВС	-	100,50								
Сік перед "0"-м корп. ВС	2,05	101,10								
Зелена патока "1"	-	98,88								
Біла патока	-	98,88								
Вакуум- апарати "1"	9,51	95,23								
Вакуум- апарати "2,3"	3,92	94,03								
Сиррий сік	-	92,35								
Дефекований сік, Вт 4	1,01	99,13								
Дефекований сік, Вт 5	1,47	88,50								
Живільна вода	0,51	93,69								
Сік перед 1-ю фільтрацією	0,74	99,50								
ВСЬОГО	87,37	101,59	101,59	-	87,37	Вт 4	101,6	2677,7	425,33	2252,4
В контур продуктового цеха	58,00	107,20								
Возврат из контура прод. цеха	58,00	104,31								
Всього	87,37	107,88					0,0	2503,9	0,00	2503,9
3-а секція аміачного конденсату вторинної пари 5-ї ступені випаровування ВС (А-4)										
Перетікання з секції "А-3"	0,00	101,6	97,0	0,000	0,00	Вт 5	97,0	2670,6	406,12	2264,5
Надлишок конденсату ТЕЦ	0,00	0,0	0,0	0,00	0,00	Вт 5	0,0	2503,9	0,00	2503,9
"6-А" корпус ВС						Вт 5				
"6-Б" корпус ВС										
Сік перед "0"-м корп. ВС										
Дефекований сік, Вт 5										
Дефекований сік, Вт 6										
ВСЬОГО	0,00	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	Вт 5				

Інв № подл	Підп. та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. та дата

Зм.	
Лист	
№ докум.	
Підпис.	
Дата	

Кількість парів вт-го вскипання конденсатів													
Вт. пар	Заг.	Рет. конд	Вт. 1-го	Ам.к	Надл. ТЕЦ								
Р к.	-0,050	-0,050						Корпус ВС	T _{гр.пар}	P _{гр.пар}	T _{вт.пар}	P _{вт.пар}	
І к.	0,236	0,289	-0,05					1	132,50	1,91	125,90	1,39	
ІІ к.	0,562	0,369	0,251	-0,06				2	125,40	1,35	118,90	0,91	
ІІІ к.	0,951	0,371	0,320	0,259				3	118,40	0,88	111,70	0,51	
ІV к.	0,726	0,413	0,356	-0,044				4	111,20	0,48	103,50	0,14	
V к.	0,000	0,000	0,000	0,000				5	103,00	0,12	93,00	-0,22	
VI к.	0,000												
0 У		% к м.св.	т/час	Ос	Р	кДж/кг	ккал/кг	Гкал/час					
Пара на завод, после ОУ		28,46	53,36	132,5	1,91	2722	650	34,7					
Витрата пари із ОУ			D _п , т/ч	53,36						1,7			
Параметри парі		вход	Р, кгс/см2	2,06	выход		Р, кгс/см2	2,06	плюс				
			T, оС	198			T, оС	134,5	0,15		2		
			i, кДж/кг	2778			i, кДж/кг	2927	2748		2724,16		
Витрата кондеі		G _к , т/ч	3,75	Охлаждающий конденсат				Р, бар	3,5				
Витрата пари і		D _{охл} , т/ч	49,60					T, оС	91				
Швидкість кон		w _{конд.1} , м/с	2					i, кДж/кг	380,9988				
Діаметр конде		D _{конд.1} , мм	26,36					v, м ³ /кг	0,00104771				
Швидкість кон		w _{конд.2} , м/с	10										
Кількість отворі		n _{отв}	27,3										
Діам.отв.			2										
Витрата пари в ОУ			D _п , т/ч	49,60	49,50								

601-НТ.11393644.МР

Додаткові параметри розрахунку:

густина води	К-НТ по СХ	10	20	10	20	10	20	10	20
971,1	1,066	80	90	80	90	80	90	80	90
с для води		0,645465	0,652443	1,5986E-07	1,6194E-07	4,6550E-07	4,0600E-07	10	20
4,1965		0,624531	0,631509	1,5389E-07	1,5556E-07	5,6600E-07	4,8600E-07	80	90
		0,6412782	0,6482562	1,5867E-07	1,6067E-07	5,4590E-07	4,7000E-07	2,95	2,54
		0,641976		1,5887E-07		4,7759E-07		3,68	3,12
								3,53	3,01
								3,06	

Розрахунок трубопроводів
 $Dy=f(W,K,A,G\%,T)$ для пари

Конструктивний

A, т/сут	G, %	W, м/с	K	T, 0C	Dy расч.
4500	1,4	25	1,0	95	273,0
Перевірочний		0,0		Dy факт.	300

Пит. об., м3/кг	G, т/ч	G, м3/ч	G, кг/с
1,980	2,7	5268,2	0,739

Коефіцієнт теплопередачі

767	Вт/м2 к
-----	------------

Отже, приймаємо до встановлення 2 швидкісних підігрівника типу 138-377-55/6-4,2, характеристики якого наведені в таблиці 3.4.

Детальне креслення підігрівника винесено в графічну частину.

									601-НТ.11393644.МР	Арк.
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата					118

навколишнього середовища, але й підвищує ефективність і конкурентоспроможність підприємства.

Розрахунок зниження викидів CO₂ здійснюється за формулою:

$$E_{CO_2} = 10^{-6} \cdot K_{CO_2} \cdot Q \cdot B$$

де E_{CO_2} – річне зниження викидів CO₂ у одиницях маси (тон/рік);

K_{CO_2} – показник емісії CO₂, $K_{CO_2}=58748,13$ г/ГДж;

Q – нижча робоча теплота згорання палива, для природного газу 45,75 МДж/кг;

B – річне зниження витрати природного газу у одиницях маси, тон/рік.

Реконструкція теплової схеми дозволить зменшити питому витрату газу на виробничий процес на 1,82 м³ на тонну цукрових буряків. За умови річної переробки 500 000 тонн цукрових буряків, річне скорочення споживання природного газу становитиме $1,82 \cdot 500\,000 = 910\,000$ м³.

З огляду на густину природного газу, яка становить 0,723 кг/м³, зменшення споживання в масових одиницях дорівнює:

$$910\,000 \cdot 0,723 = 657\,930 \text{ м}^3.$$

Таким чином, річне скорочення викидів CO₂ становитиме:

$$E_{CO_2} = 10^{-6} \cdot 58748,13 \cdot 45,75 \cdot 657,93 = 1768 \text{ т.}$$

						<i>601-НТ.11393644.МР</i>	Арк.
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		122

13. Штангеев К.О., Христенко В.І. Про раціональне використання пари в технологічному процесі цукрового виробництва. – Журнал “Цукор України”, 2002, № 2(26) с. 23-24.
14. Maurandi V., Paqanelli B., Rossi A. Sukrose Crystal Growth After the Vakuu Pans.– Zukerindustrie, 111 (1986) s. 55-57.
15. Князев А.О., Гітельман О.Я., Земляний О.М. Досвід Цибулівського цукрового заводу з реконструкції теплової схеми. – Журнал “Цукор України”, 1994, № 1 с. 29-30.
16. Штангеев К.О. Теплове господарство цукрових заводів (дисципліна: теплове господарство) Навчальний посібник. – К.: ІПДО НУХТ, 2021. – 80 с.

						<i>601-НТ.11393644.МР</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		125

Міністерство освіти і науки України
Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"
Навчально-науковий інститут нафти і газу
Кафедра теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики



Графічна частина
до магістерської кваліфікаційної роботи
на тему: Модернізація теплової схеми з установкою додаткового обладнання
на підприємстві «Яреськівський цукровий завод»

Виконав: студент 2 курсу, групи 601-НТ
спеціальності 144 Теплоенергетика
Матвійчук К.Д.

Керівник: Чернецька І.В.

Зав. кафедрою: Голік Ю.С.

Полтава - 2025

ЗАГАЛЬНИЙ ВИГЛЯД ПІДПРИЄМСТВА ФІЛІЯ «ЯРЕСЬКІВСЬКИЙ ЦУКРОВИЙ ЗАВОД» ТОВ «ЦУКОРАГРОПРОМ»



Погоджено:

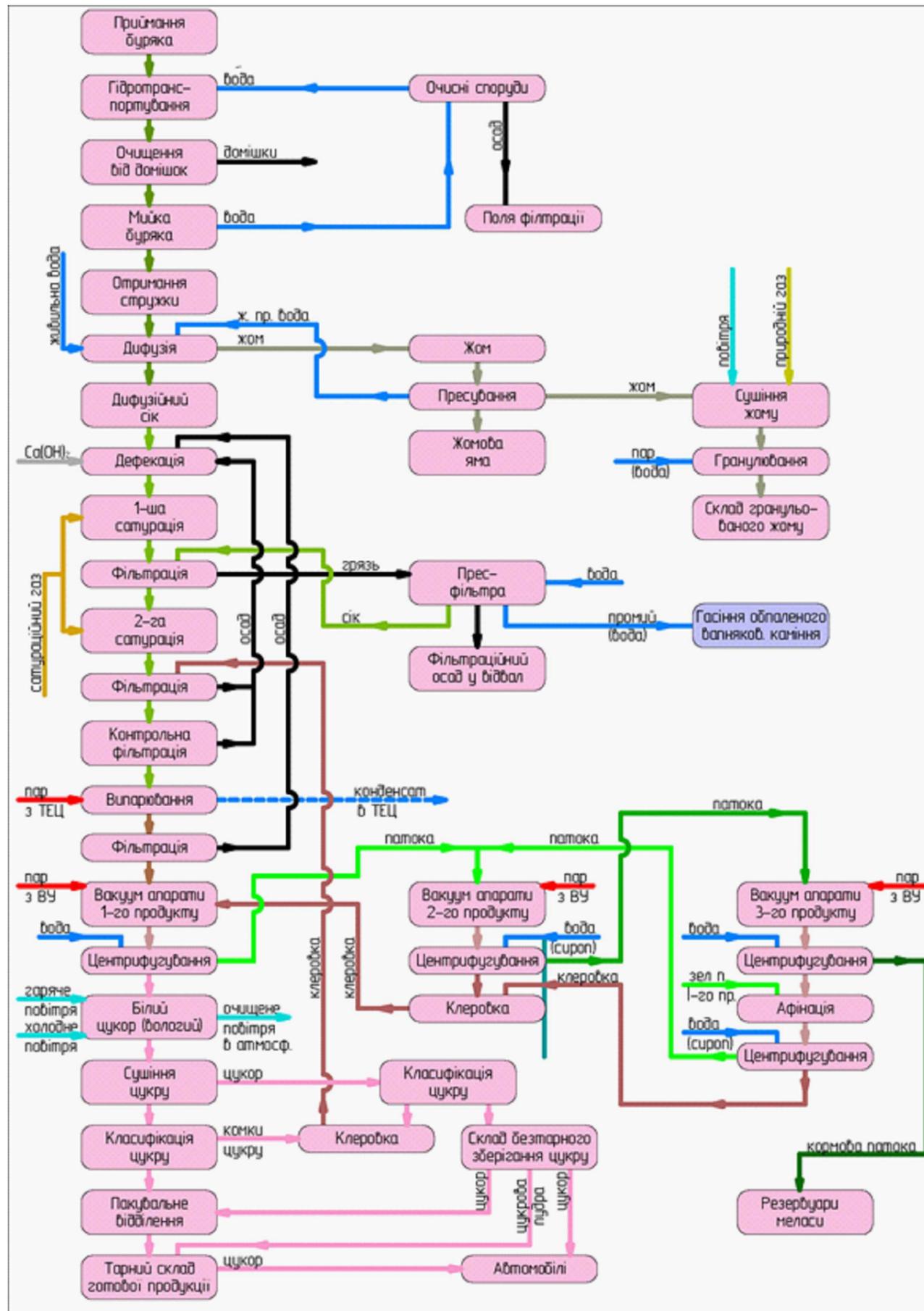
Зам. інв. Ні

Підпис і дата

інв. Ні ар.

					2025	601-НТ.11393644.МР		
Модернізація теплової схеми з установкою додаткового обладнання на підприємстві «Яресківський цукровий завод»						Стадія	Аркуш	Аркушів
Зм.	Кільк.	Арк. № док.	Підпис	Дата		Р	2	13
Розробив		Матвічук К.Д.						
Перевірив		Чернецька І.В.						
Н. контроль		Галк Ю.С.				Загальний вигляд підприємства філія «Яресківський цукровий завод» ТОВ «Цукорагропром»		
Зав. кафедри		Галк Ю.С.				Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»		

ВИРОБНИЦТВО ЦУКРУ



Погоджено:

Зам. інв. №:

Підпис і дата:

інв. № ар.:

					2025
Зм.	Кільк.	Арк. № док.	Підпис	Дата	
Розробив		Матвічук К. Д.			
Перевірив		Чернецька І. В.			
Н. контроль		Галк Ю. С.			
Зав. кафедри		Галк Ю. С.			

601-НТ.11393644.МР		
Модернізація теплової схеми з установкою додаткового обладнання на підприємстві «Яреськівський цукровий завод»		
Стадія	Аркуш	Аркушів
Р	4	13
План головного корпусу		Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"

ПЛАН ГОЛОВНОГО КОРПУСУ



Погоджено:

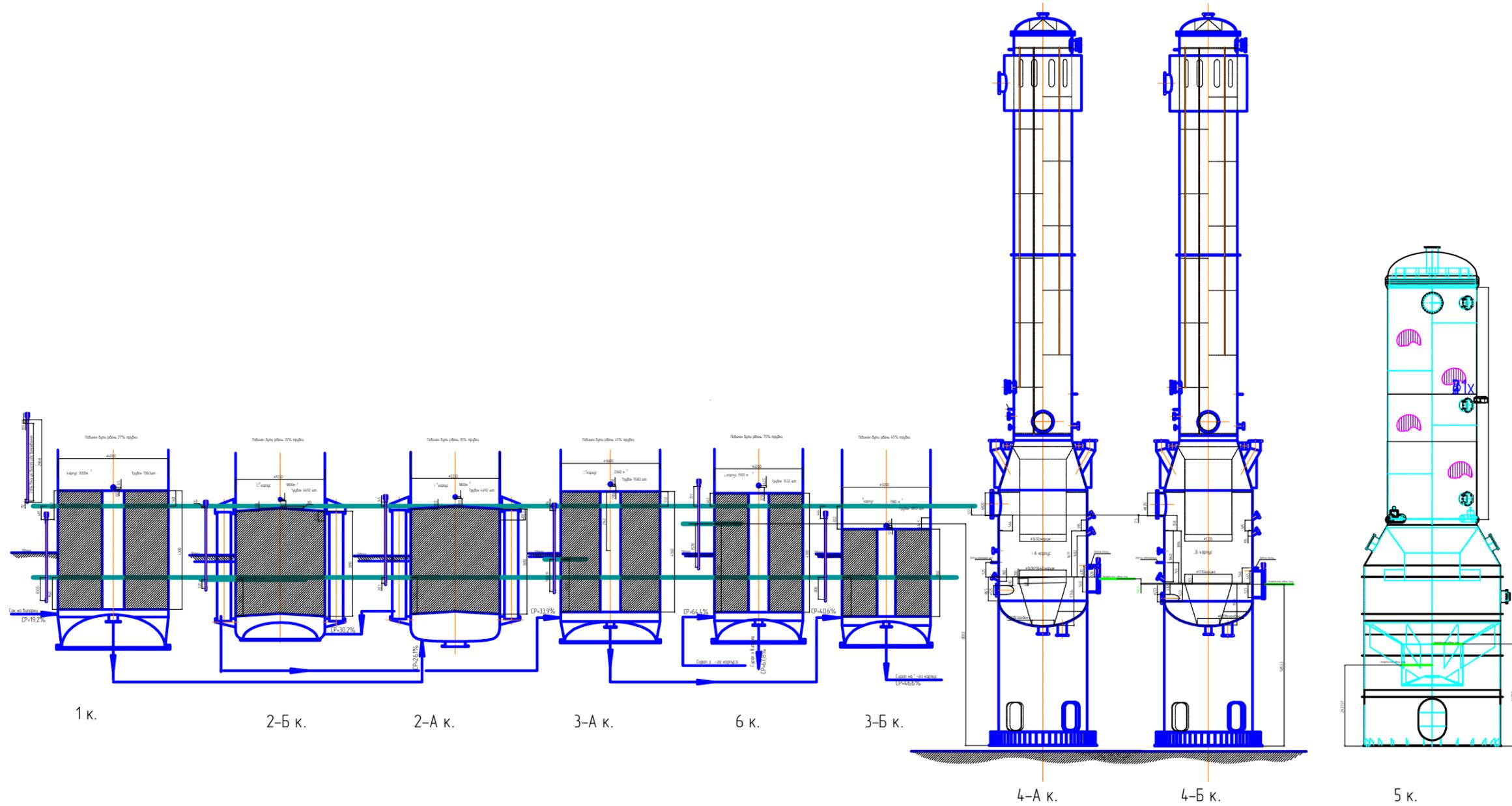
Зам. інв. №

Підпис і дата

інв. № ар.

					2025	601-НТ.11393644.МР		
						Модернізація теплової схеми з установкою додаткового обладнання на підприємстві «Яреськівський цукровий завод»		
Зм.	Кільк.	Арк. № док.	Підпис	Дата		Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Матвічук К.Д.				Р	5	13
Перевірив		Чернецька І.В.						
Н. контроль		Галк Ю.С.				План головного корпусу		Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"
Зав. кафедри		Галк Ю.С.						

ВИПАРЮВАЛЬНІ АПАРАТИ



Погоджено:

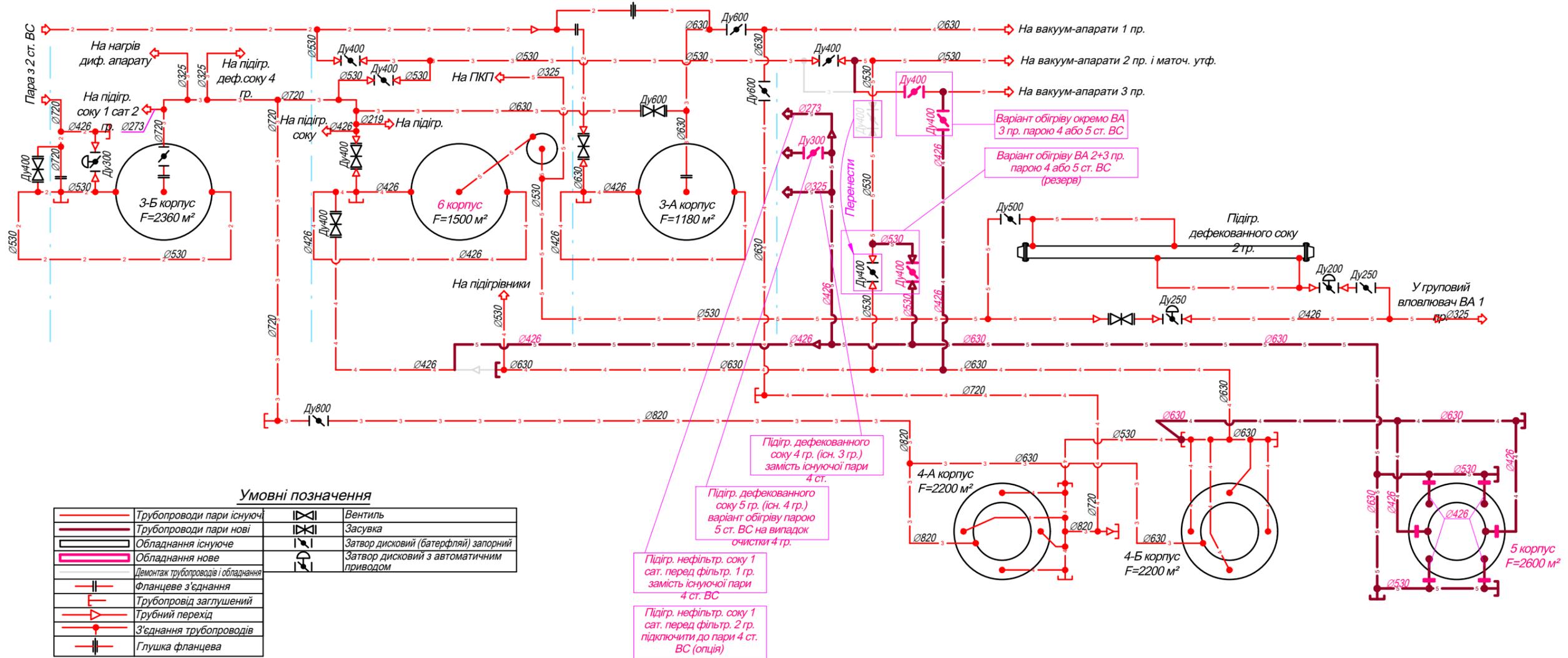
Зам. інв. №

Підпис і дата

інв. № ар.

					2025	601-НТ.11393644.МР		
						Модернізація теплової схеми з установкою додаткового обладнання на підприємстві «Яреськівський цукровий завод»		
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив				Матвічук К.Д.		Р	6	13
Перевірив				Чернецька І.В.				
Н. контроль				Галк Ю.С.		Випарки		
Зав. кафедри				Галк Ю.С.		Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		

ОБВ'ЯЗКА ВИПАРОК



Умовні позначення

	Трубопроводи пари існуючі		Вентиль
	Трубопроводи пари нові		Засувка
	Обладнання існуюче		Затвор дисковий (бабочка) запорний
	Обладнання нове		Затвор дисковий з автоматичним приводом
	Демонтаж трубопроводів і обладнання		
	Фланцеве з'єднання		
	Трубопровід заглушений		
	Трубний перехід		
	З'єднання трубопроводів		
	Глушка фланцева		

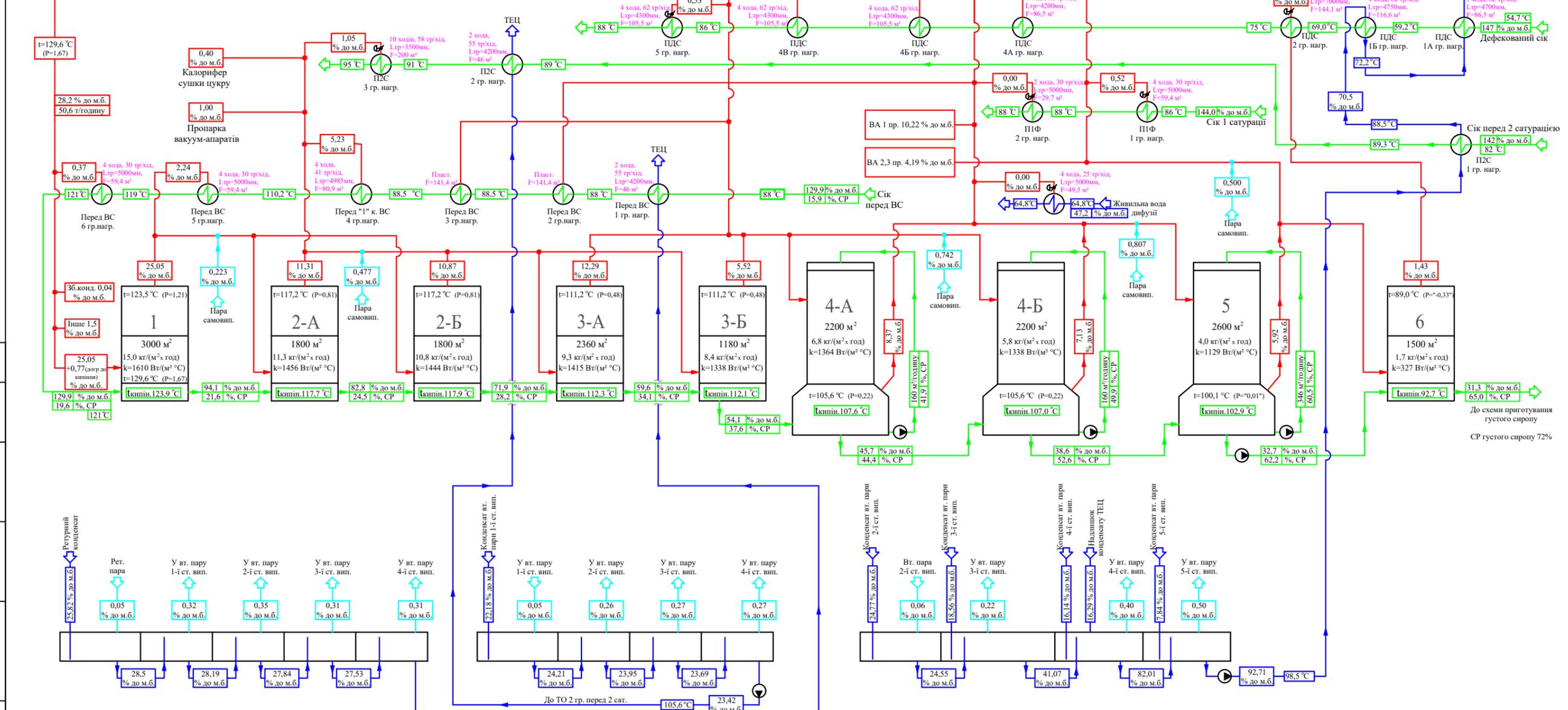
Погоджено:

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
інв. № ар.	

					2025	601-НТ.11393644.МР		
						Модернізація теплової схеми з установкою додаткового обладнання на підприємстві «Яреськівський цукровий завод»		
Зм.	Кільк.	Арк. № док.	Підпис	Дата		Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Матвічук К.Д.				Р	8	13
Перевірив		Чернецька І.В.						
Н. контроль		Галк Ю.С.				Випарки		
Зав. кафедри		Галк Ю.С.				Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»		

БАЗОВА ТЕПЛОВА СХЕМА

Ефективність випарної станції заводу	3,60	т випареної води / т пари на завод
Паливо (газ при k=1,14)	25,82	м³/т буряка
Умвне паливо	2,94	% до м.б.
Коеф. перевода в умвне паливо	1,19	
Питома витрата палива на вироблення пари	89,7	м³/т гострого пари
Вироблено гострої пари	49,4	т/годину
Гостра пара в РОУ	0,00	т/годину
Вироблено електроенергії генератором	≈4500	кВт
Цукристість стружки	≈18,0	%



Погоджено:

Зам. інв. Ні

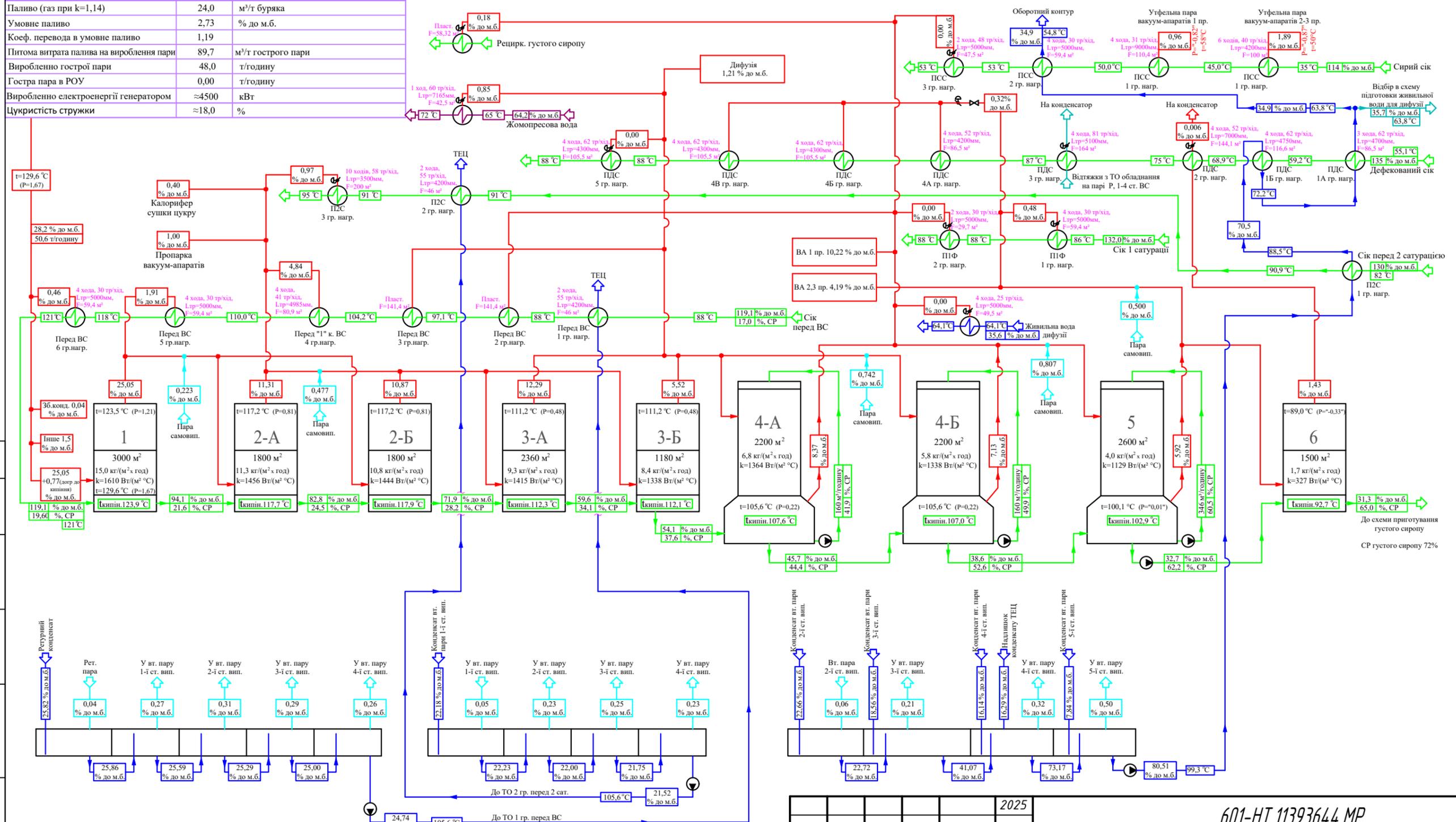
Підпис і дата

інв. Ні ар.

				2025	601-НТ.11393644.МР		
Модернізація теплової схеми з установкою додаткового обладнання на підприємстві «Яреськівський цукровий завод»							
Зм.	Кільк.	Арк. № док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Матвічук К.Д.			Р	10	13
Перевірив		Чернецька І.В.					
Н. контроль		Галк Ю.С.			Випарки		
Зав. кафедри		Галк Ю.С.			Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		

НОВА ТЕПЛОВА СХЕМА

Ефективність випарної станції заводу	3,48	т випареної води / т пари на завод
Паливо (газ при k=1,14)	24,0	м³/т буряка
Умовне паливо	2,73	% до м.б.
Коеф. переведення в умовне паливо	1,19	
Питома витрата палива на вироблення пари	89,7	м³/т гострого пари
Вироблено гострої пари	48,0	т/годину
Гостра пара в РОУ	0,00	т/годину
Вироблено електроенергії генератором	≈4500	кВт
Цукристість стружки	≈18,0	%



Погоджено:
Зам. інв. Ні
Підпис і дата
інв. Ні ар.

2025					601-НТ.11393644.МР		
Модернізація теплової схеми з установкою додаткового обладнання на підприємстві «Яреськівський цукровий завод»							
Зм.	Кільк.	Арк. № док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Матвічук К.Д.			Р	11	13
Перевірив		Чернецька І.В.					
Н. контроль		Галк Ю.С.			Випарки		
Зав. кафедри		Галк Ю.С.			Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		

ВИСНОВКИ

1. Досліджена технологія виробництва цукру на Філії «Яреськівський цукровий завод» ТОВ «Цукорагропром» в с. Яреськи Полтавської області.
2. Вивчено теплоенергетичне обладнання підприємства та виконано креслення як окремих елементів, так і всього головного корпусу, а також побудовані схеми роботи основного обладнання.
3. Проаналізована сумісна робота всього обладнання заводу й побудована детальна теплова схема роботи.
4. Проведено аналіз можливих шляхів модернізації теплової схеми та запропоновано встановити додатковий підігрівач для дефекованого соку на відтяжках несконденсованих газів.
4. Виконано розрахунок теплової схеми до та після модернізації.
5. Порівняння варіантів до та після модернізації свідчить, що витрата газу скорочується з **25,82 м³/т** буряків до **24 м³/тонн**, тобто на 7%, що дає при вартості газу в 2025 році для підприємств 19,5 грн/м³ **економію коштів 152 607 грн/добу**.
6. Запровадження запропонованих заходів суттєво зменшує екологічний вплив підприємства на довкілля. Зокрема, значно скорочується обсяг шкідливих викидів у повітря, що позитивно позначається як на стані здоров'я мешканців прилеглих територій, так і на стані екосистеми.

Річне скорочення викидів CO₂ становитиме **1768 т.**

					2025	601-НТ.11393644.МР		
						<i>Модернізація теплової схеми з установкою додаткового обладнання на підприємстві «Яреськівський цукровий завод»</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Кільк.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Стадія</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>			<i>Матвічук К.Д.</i>					
<i>Перевірив</i>			<i>Чернецька І.В.</i>			<i>Р</i>	<i>13</i>	<i>13</i>
						<i>Висновки</i>		
						<i>Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"</i>		
<i>Н. контроль</i>			<i>Галк Ю.С.</i>					
<i>Зав. кафедри</i>			<i>Галк Ю.С.</i>					

Погоджено:			
Зам. інв. Ні			
Підпис і дата			
інв. Ні ар.			

Міністерство освіти і науки України
Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"
Навчально-науковий інститут нафти і газу
Кафедра теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики



Графічна частина
до магістерської кваліфікаційної роботи
на тему: Модернізація теплової схеми з установкою додаткового обладнання
на підприємстві «Яреськівський цукровий завод»

Виконав: студент 2 курсу, групи 601-НТ
спеціальності 144 Теплоенергетика
Матвійчук К.Д.

Керівник: Чернецька І.В.

Зав. кафедрою: Голік Ю.С.

Полтава - 2025

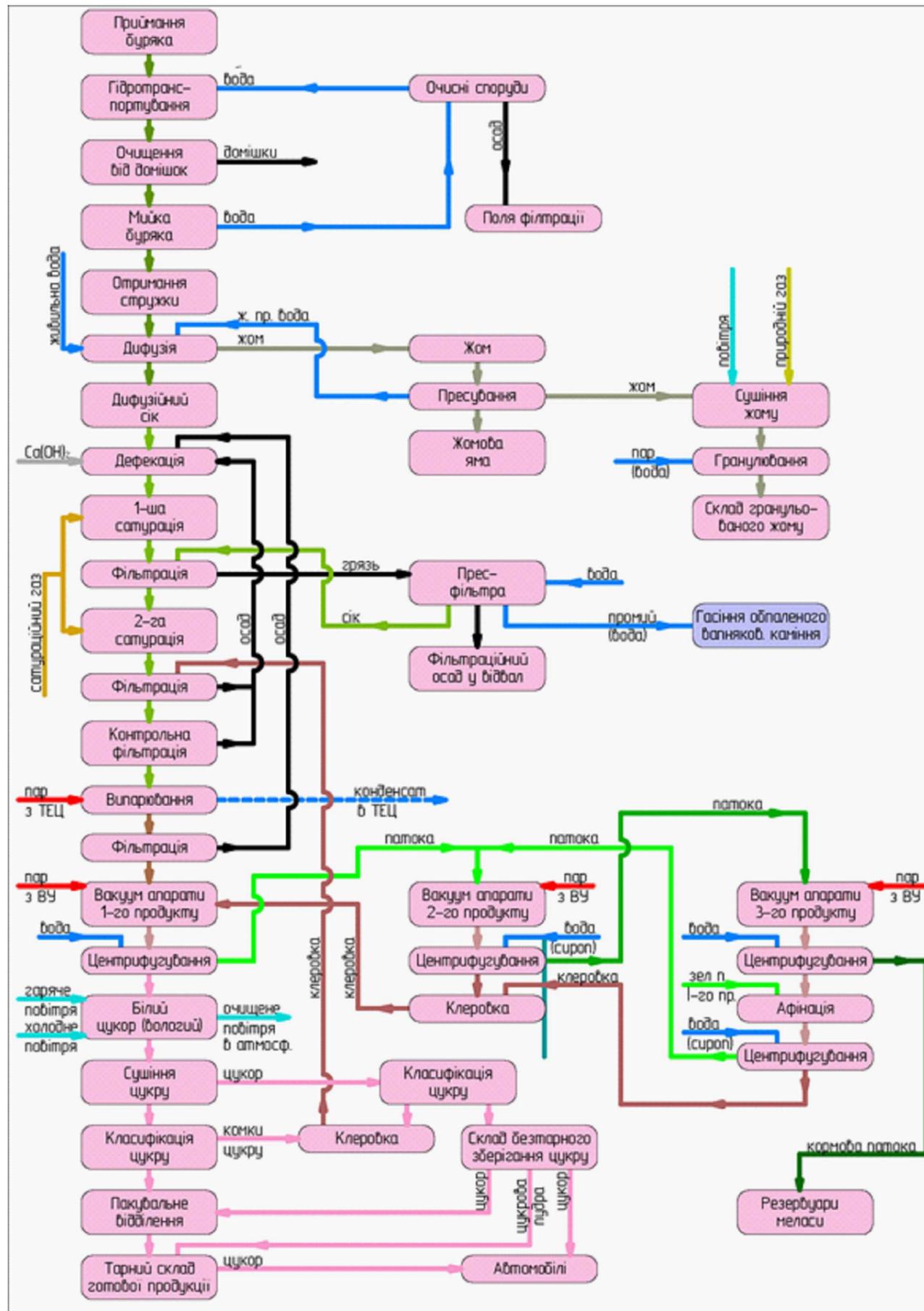
ЗАГАЛЬНИЙ ВИГЛЯД ПІДПРИЄМСТВА ФІЛІЯ «ЯРЕСЬКІВСЬКИЙ ЦУКРОВИЙ ЗАВОД» ТОВ «ЦУКОРАГРОПРОМ»



Погоджено:			
Зам. інв. Ні			
Підпис і дата			
інв. Ні ар.			

					2025	601-НТ.11393644.МР		
						Модернізація теплової схеми з установкою додаткового обладнання на підприємстві «Яреськівський цукровий завод»		
Зм.	Кільк.	Арк. № док.	Підпис	Дата		Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Матвічук К.Д.				Р	2	13
Перевірив		Чернецька І.В.						
						Загальний вигляд підприємства філія «Яреськівський цукровий завод» ТОВ «Цукорагропром»		
Н. контроль		Галк Ю.С.				Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»		
Зав. кафедри		Галк Ю.С.						

ВИРОБНИЦТВО ЦУКРУ



Погоджено:

Зам. інв. №:

Підпис і дата:

інв. № ар.:

					2025
Зм.	Кільк.	Арк. № док.	Підпис	Дата	
Розробив		Матвічук К. Д.			
Перевірив		Чернецька І. В.			
Н. контроль		Галк Ю. С.			
Зав. кафедри		Галк Ю. С.			

601-НТ.11393644.МР		
Модернізація теплової схеми з установкою додаткового обладнання на підприємстві «Яреськівський цукровий завод»		
Стадія	Аркуш	Аркушів
Р	4	13
План головного корпусу		Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"

ПЛАН ГОЛОВНОГО КОРПУСУ



Погоджено:

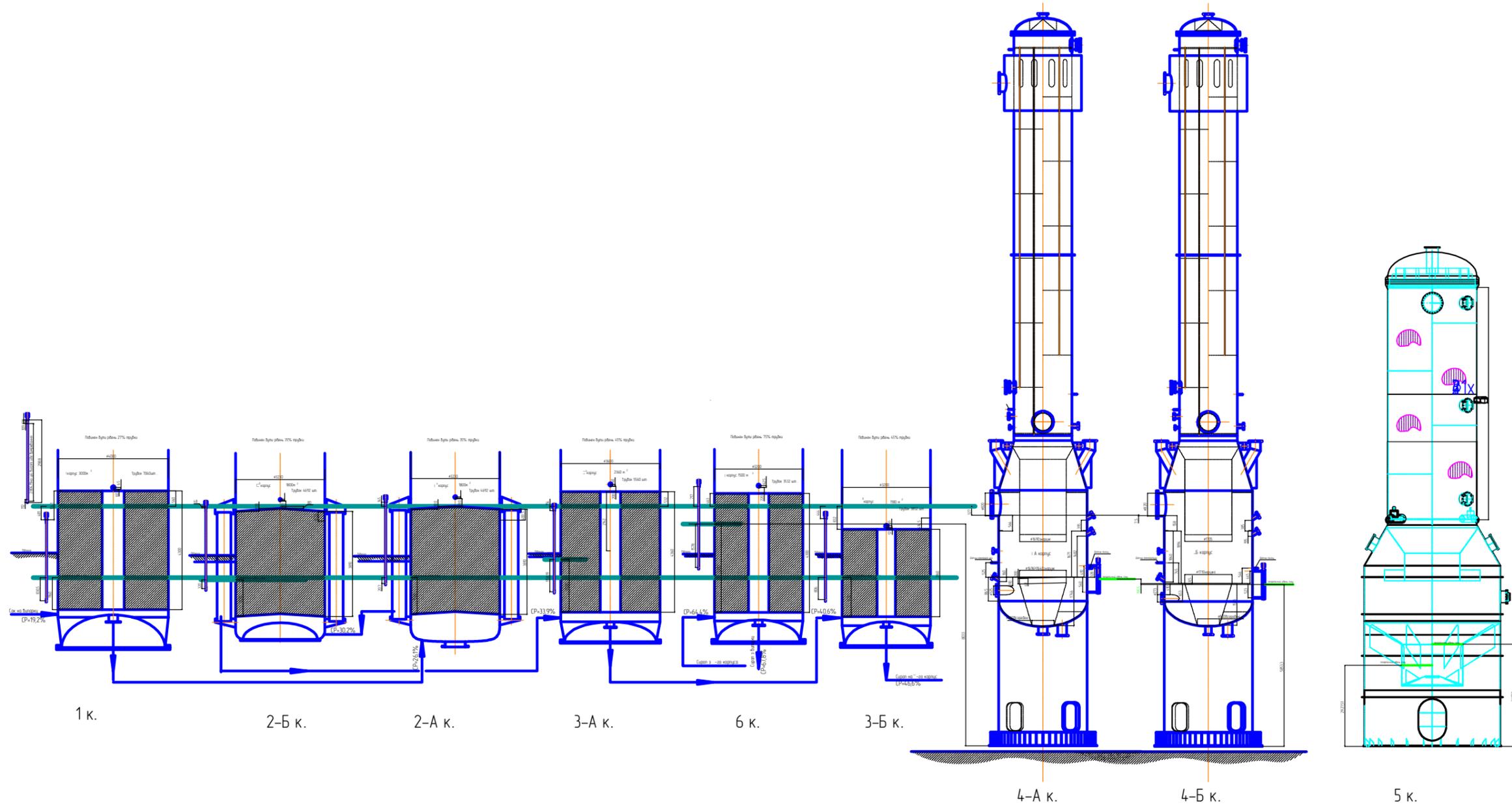
Зам. інв. Ні

Підпис і дата

інв. Ні ар.

					2025	601-НТ.11393644.МР		
						Модернізація теплової схеми з установкою додаткового обладнання на підприємстві «Яреськівський цукровий завод»		
Зм.	Кільк.	Арк. № док.	Підпис	Дата		Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Матвічук К.Д.				Р	5	13
Перевірив		Чернецька І.В.						
Н. контроль		Галк Ю.С.				План головного корпусу		Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"
Зав. кафедри		Галк Ю.С.						

ВИПАРЮВАЛЬНІ АПАРАТИ



Погоджено:

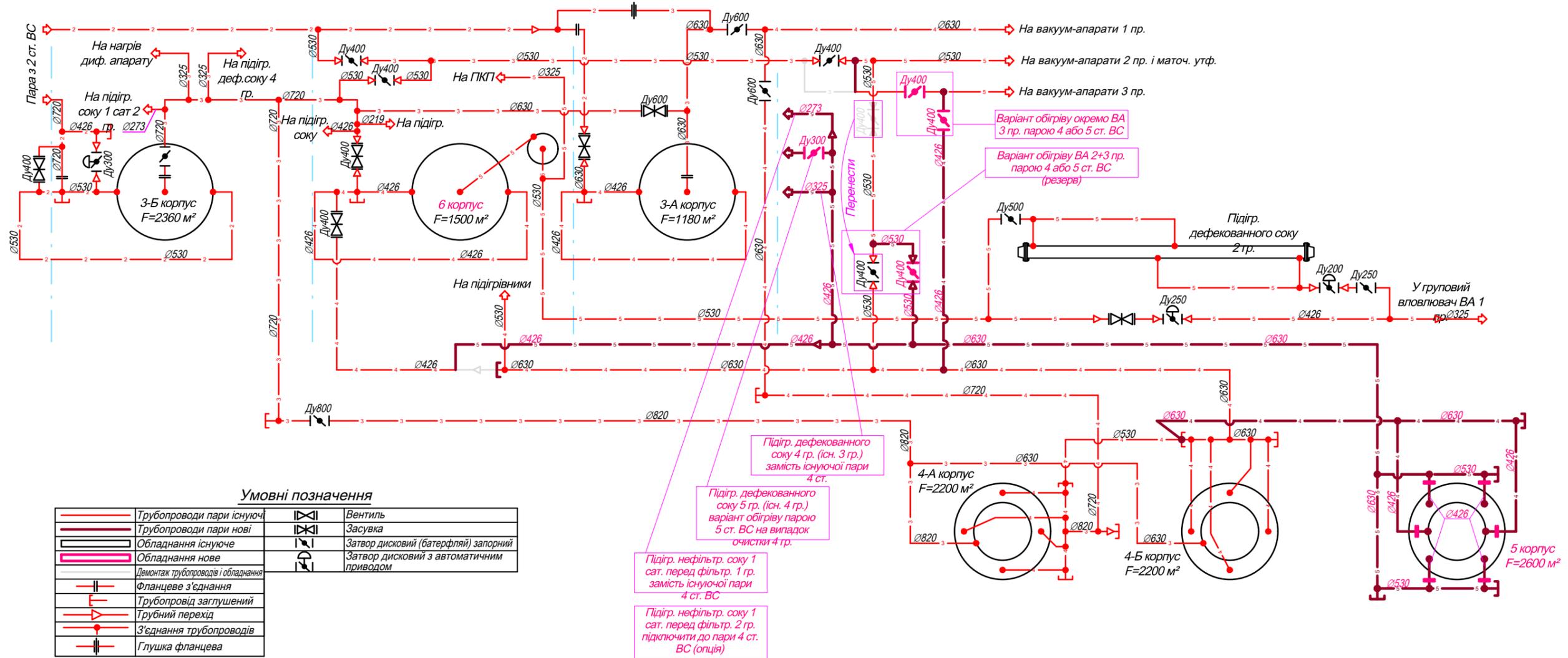
Зам. інв. Ні

Підпис і дата

інв. Ні ар.

					2025	601-НТ.11393644.МР		
						Модернізація теплової схеми з установкою додаткового обладнання на підприємстві «Яреськівський цукровий завод»		
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив				Матвічук К.Д.		Р	6	13
Перевірив				Чернецька І.В.				
Н. контроль				Галк Ю.С.		Випарки		
Зав. кафедри				Галк Ю.С.		Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		

ОБВ'ЯЗКА ВИПАРОК



Умовні позначення

	Трубопроводи пари існуючі		Вентиль
	Трубопроводи пари нові		Засувка
	Обладнання існуюче		Затвор дисковий (бабочка) запорний
	Обладнання нове		Затвор дисковий з автоматичним приводом
	Демонтаж трубопроводів і обладнання		
	Фланцеве з'єднання		
	Трубопровід заглушений		
	Трубний перехід		
	З'єднання трубопроводів		
	Глушка фланцева		

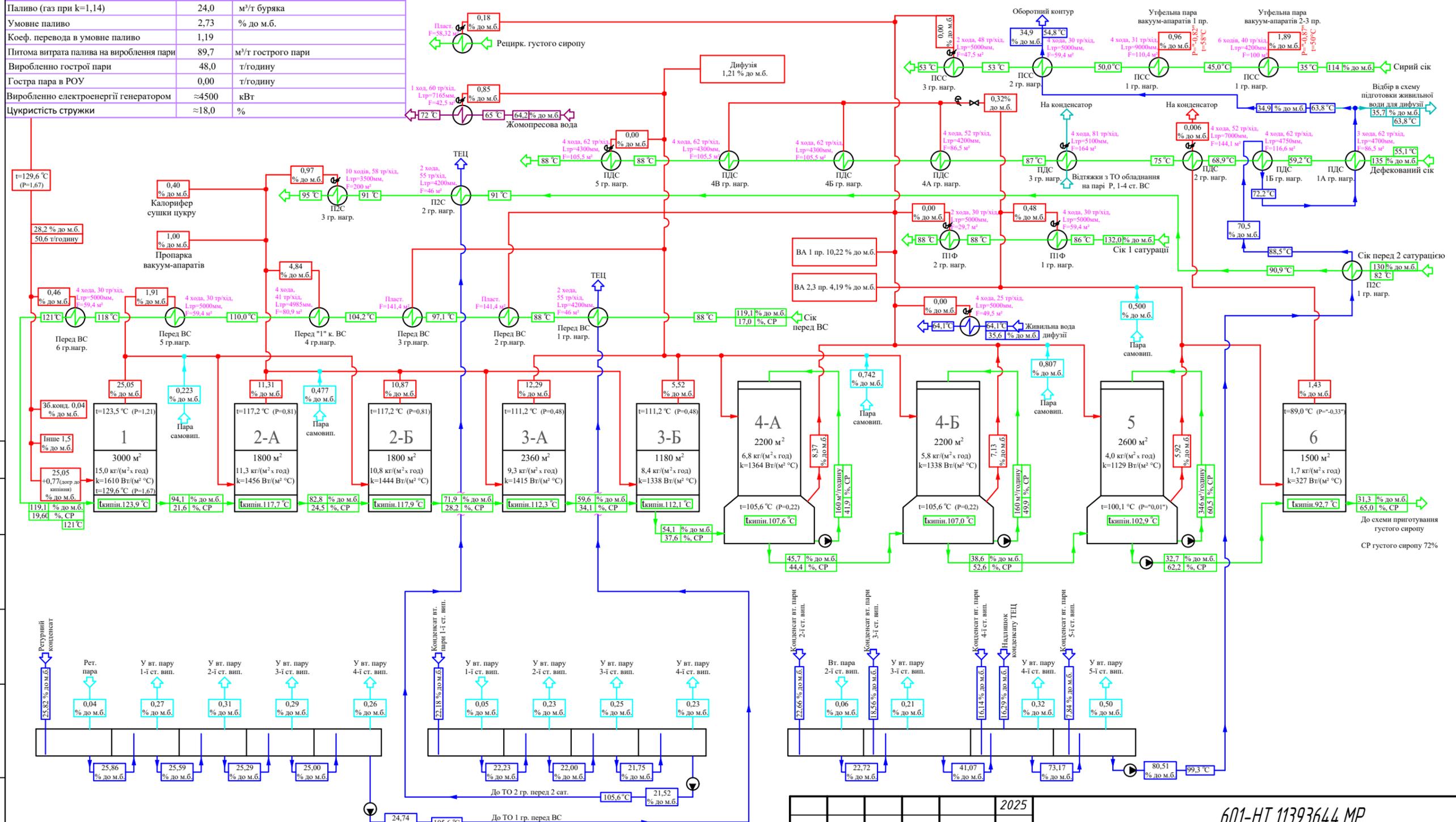
Погоджено:

Зам. інв. Ні
Підпис і дата
інв. Ні ар.

					2025	601-НТ.11393644.МР		
						Модернізація теплової схеми з установкою додаткового обладнання на підприємстві «Яреськівський цукровий завод»		
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив				Матвічук К.Д.		Р	8	13
Перевірив				Чернецька І.В.				
Н. контроль				Галк Ю.С.		Випарки		
Зав. кафедри				Галк Ю.С.		Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		

НОВА ТЕПЛОВА СХЕМА

Ефективність випарної станції заводу	3,48	т випареної води / т пари на завод
Паливо (газ при k=1,14)	24,0	м³/т буряка
Умовне паливо	2,73	% до м.б.
Коеф. переведення в умовне паливо	1,19	
Питома витрата палива на вироблення пари	89,7	м³/т гострого пари
Вироблено гострої пари	48,0	т/годину
Гостра пара в РОУ	0,00	т/годину
Вироблено електроенергії генератором	≈4500	кВт
Цукристість стружки	≈18,0	%



Погоджено:
Зам. інв. Ні
Підпис і дата
інв. Ні ар.

2025					601-НТ.11393644.МР		
Модернізація теплової схеми з установкою додаткового обладнання на підприємстві «Яреськівський цукровий завод»							
Зм.	Кільк.	Арк. № док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Матвічук К.Д.			Р	11	13
Перевірив		Чернецька І.В.					
Н. контроль		Галк Ю.С.			Випарки		
Зав. кафедри		Галк Ю.С.			Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		

ВИСНОВКИ

1. Досліджена технологія виробництва цукру на Філії «Яреськівський цукровий завод» ТОВ «Цукорагропром» в с. Яреськи Полтавської області.
2. Вивчено теплоенергетичне обладнання підприємства та виконано креслення як окремих елементів, так і всього головного корпусу, а також побудовані схеми роботи основного обладнання.
3. Проаналізована сумісна робота всього обладнання заводу й побудована детальна теплова схема роботи.
4. Проведено аналіз можливих шляхів модернізації теплової схеми та запропоновано встановити додатковий підігрівач для дефекованого соку на відтяжках несконденсованих газів.
4. Виконано розрахунок теплової схеми до та після модернізації.
5. Порівняння варіантів до та після модернізації свідчить, що витрата газу скорочується з **25,82 м³/т** буряків до **24 м³/тонн**, тобто на 7%, що дає при вартості газу в 2025 році для підприємств 19,5 грн/м³ **економію коштів 152 607 грн/добу**.
6. Запровадження запропонованих заходів суттєво зменшує екологічний вплив підприємства на довкілля. Зокрема, значно скорочується обсяг шкідливих викидів у повітря, що позитивно позначається як на стані здоров'я мешканців прилеглих територій, так і на стані екосистеми.

Річне скорочення викидів CO₂ становитиме **1768 т.**

					2025	601-НТ.11393644.МР		
						<i>Модернізація теплової схеми з установкою додаткового обладнання на підприємстві «Яреськівський цукровий завод»</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Кільк.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Стадія</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>				Матвічук К.Д.		Р	13	13
<i>Перевірив</i>				Чернецька І.В.				
<i>Н. контроль</i>				Галк Ю.С.		Висновки		
<i>Зав. кафедри</i>				Галк Ю.С.				
						Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		

Погоджено:			
Зам. інв. Ні			
Підпис і дата			
інв. Ні ар.			