

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад.  
І.С.Гулого**

**Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки**

«До захисту в ЕК»

Директор інституту

Сергій БЛАЖЕНКО

(підпис)

(ім'я та прізвище)

« 08 » грудня 2025 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Валентин ПЕТРЕНКО

(підпис)

(ім'я та прізвище)

« 08 » грудня 2025 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Зі спеціальності 144Теплоенергетика

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми \_\_\_\_\_

Теплоенергетика та енергоефективні технології

на тему: Вплив теплотехнології паро-контактного сушіння  
бурякового жому на ефективність системи теплоспоживання цукрового  
заводу

Виконала: здобувачка 2 курсу, групи ЗТЕ-2-7М

Кисіль Анна Анатоліївна

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Філоненко Віталій Миколайович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Рецензент Баранівська Світлана Володимирівна

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Я, як здобувачка Національного університету харчових технологій, розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавала і не одержувала незарядженої допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела.

(підпис та прізвище здобувача)

Київ – 2025 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім.акад. І.С.Гулого  
Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 144 Теплоенергетика  
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Теплоенергетика та енергоефективні технології

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ТЕХТ

*Ваше* проф. Валентин ПЕТРЕНКО  
"15" жовтня 2025 року

**ЗАВДАННЯ**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

*Кисіль Анни Анатоліївни*

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Вплив теплотехнології паро-компримованої суміші буртового керулу на енергетичні показники теплообмінника цукрового заводу*  
керівник роботи *Фіоренцо Віталій Миколайович, доцент, к.т.н*

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від "15"10.2025 року № 845-КС

2. Строк подання здобувачем роботи 06.12.2025 року

3. Вихідні дані до роботи

*матеріали переддипломної практики*

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

- 1. Порівняння "парової" і "парокомпримованої" технологій суміші керулу.*
- 2. Прикладова схема установки ТКСХ*
- 3. Науково-технічний аспект результатів моделювання "модельного цукрового заводу"*
- 4. Смісок виробничої літератури*

5. Перелік графічного матеріалу

*Презентація Power Point*



<b>ЗМІСТ</b>	<b>Стор.</b>
Анотація.....	4
<b>Частина 1.</b>	
<b>Інженерно-технічні результати дослідження.</b> .....	8
1.1. Порівняння «газової» і «пароконтактної» технологій сушіння жому .....	8
1.2. Матеріали скороченого аудиту Саливінківського цукрового заводу.....	13
1.3. Опис існуючої системи тепло споживання Саливінківського цукрового заводу. ....	17
<b>Частина 2.</b>	
<b>Науково-технічні результати дослідження.</b> .....	20
2.1. Обґрунтування вибору «об'єкта» і «предмета» дослідження.....	21
2.2. Екологічно чистий буряковий жом – якісний продукт тваринництва.....	22
2.3. Принципова схема установки ПКСЖ .....	23
2.4. Моделювання експлуатаційних параметрів «модельного» цукрового заводу в режимі «До впровадження установки ПКСЖ».....	24
2.5. Моделювання експлуатаційних параметрів «модельного» цукрового заводу в режимі «Після впровадження установки ПКСЖ .....	27
2.5.1. Загальні положення .....	27
2.5.2. Принципова схема «увязки» установки ПКСЖ в систему тепловикористання «модельного» цукрового заводу.....	29
2.5.3. Результати моделювання «модельного» цукрового заводу в режимі «Після впровадження установки ПКСЖ .....	31
2.5.4. Науково-технічний аналіз результатів моделювання «модельного» цукрового заводу в режимі «Після впровадження установки ПКСЖ .....	34
2.6. Співставлення ефективності технічних рішень, що ліквідовують проблему «недовипаровування» випарної установки цукрового заводу.....	39
2.7. Перспектива подальших досліджень проблеми впровадження установок ПКСЖ в систему тепло споживання цукрового заводу. ....	47
Висновки .....	48
Список використаних джерел .....	49
<b>Додатки</b> .....	50
Додаток 1. Експлуатаційні параметри системи тепло-споживання «моделі» цукрового заводу- 7000 т бур/добу.....	51
Додаток 2. Експлуатаційні параметри системи теплоспоживання «модельного» цукрового заводу- 7000 т бур/добу	
Розр. режим --> «Після впровадження установки ПКСЖ».....	53

---

Додаток 3. Експлуатаційні параметри системи теплоспоживання «модельного» цукрового заводу- 7000 т бур/добу	
Розр. режим --> «Після впровадження установки ПКСЖ». З реалізацію технічного рішення ВАА-1 на 3 корпусу і «перепуск» .....	56
Додаток 4. Експлуатаційні параметри системи теплоспоживання «модельного» цукрового заводу- 7000 т бур/добу . Розр. режим --> «Після впровадження установки ПКСЖ» . З реалізацію технічного рішення 45 % ВАА-1 на 3 корпусу без перепуску.....	58
Додаток 5. Експлуатаційні параметри ТЕЦ «модельного» цукрового заводу. Розрахунковий режим --> «До впровадження установки ПКСЖ».....	61
Додаток 6. Експлуатаційні параметри ТЕЦ «модельного» цукрового заводу. Розр. режим --> «Після впровадження установки ПКСЖ».....	67
Додаток 7. Співставлення ефективності технічних рішень, що ліквідовують проблему «недовипаровування» випарної установки цукрового заводу.....	70

## АНОТАЦІЯ

Робота виконана у відповідності до плану науково-дослідних робіт кафедри теплоенергетики та холодильної техніки НУХТ за напрямом «Розвиток і удосконалення систем тепло споживання цукрових заводів»

Фінансова доцільність використання установки паро-контактного сушіння жому для цукрового заводу (ПКСЖ) обґрунтована відсутністю потреби в спалюванні вуглеводного палива і, відповідно, відсутністю фінансових затрат на закупівлю палива для сушіння жому (*Jensen, 2007*).

В той же час, реалізація паро-контактної технології сушіння жому потребує значної витрати електричної енергії на експлуатацію установки ПКСЖ:

- не менше **92,3** кВт·год(е) на тонну сухого жому;
- не менше **27,0** кВт·год(е) на тонну сирого пресованого жому.

Фахівцями проведено енергетичний аудит Саливінківського цукрового заводу (Київська обл), на якому впроваджено паро-контактну енерготехнологію сушіння жому, і отримано досвід спільної експлуатації обох технологій.

За результатами аудиту заводу виявлено кількісну картину експлуатаційних параметрів енерготехнологічного комплексу «Завод-ТЕЦ-ПКСЖ».

Результати аудиту засвідчили, що реалізація технології ПКСЖ створила для ТЕЦ і цукрового заводу, відповідно, енергетичну та теплотехнічну проблеми, а саме:

- Для ТЕЦ - проблему суттєвого (до 4000 кВт(е)) недовироблення (*зменшення електричної потужності турбоагрегата*) електроенергії власної генерації турбоагрегатом ТЕЦ;
- Для ТЕЦ – проблему збільшення на 7,5 %, витрати природного газу на перероблення буряку;
- Для цукрового заводу:
  - зменшення концентрації сиропу з випарної установки;
  - збільшення витрати пари на уварювання утфелю 1-го продукта;
  - зменшення коефіцієнту паропродуктивності системи паровудборів випарної установки;
  - збільшення питомої витрати «технологічної» пари на перероблення буряка (вироблення цукру);
  - збільшення питомої теплової енергії на перероблення буряка (вироблення цукру).

Сутність «енергетичних» проблем, які установка ПКСЖ створює для ТЕЦ цукрового заводу визначена і досліджена в (*Філоненко, 2024*), (*Філаретова, 2024*).

Отримані результати енергетичного аудиту обумовили доцільність здійснення в представленій кваліфікаційній роботі наукового аналізу «теплотехнічних» результаті взаємодії двох енерготехнологій – технології пароконтактного сушіння жому та технології виробництва цукру.

Метою дослідження є – виявлення впливових факторів та формування необхідних технічних рішень для уникнення (або зменшення) негативних резуль-

татів експлуатації установки ПКСЖ в теплотехнічному господарстві цукрового заводу.

Оскільки Саливінківський цукровий завод є приватним підприємством із закритим доступом до інформації щодо його експлуатаційних параметрів, то в кваліфікаційній роботі застосовано метод дослідження, згідно якого в якості об'єкта дослідження обрано «модельний» цукровий завод виробничою потужністю 7000 тонн переробленого буряка на добу.

Результати авторського дослідження засвідчили наступне:

- Пароконтактна технологія сушіння жому генерує в систему тепловикористання цукрового заводу 5 потоків теплової енергії, які класифікуються – як вторинні енергоресурси (ВЕР) пароконтактної технології.
- Частина потоків ВЕР ПКСЖ – не впливають на систему тепло споживання цукрового заводу і не змінюють її показники ефективності.
- Частина потоків ВЕР – впливають на систему тепло споживання цукрового заводу і не змінюють її показники ефективності.
- Механізм впливу потоків ВЕР ПКСЖ на систему тепло споживання цукрового заводу полягає у створення 25% – 35 % -ного надлишку конденсату «технологічної» пари в систему конденсатного господарства цукрового заводу (по суті у систему тепло споживання цукрового заводу).
- Надлишок конденсату «технологічної» пари створює в системі конденсатного господарства заводу надлишок парів само випаровування, які відчутно зменшують коефіцієнт паропродуктивності системи паровідборів випарної установки і призводять;
  - до зменшення концентрації сиропу з випарної установки;
  - до збільшення питомої витрати «технологічної» пари та до збільшення питомої витрати теплової енергії на перероблення буряка (вироблення цукру).

Ключові слова: буряковий жом, сушіння жому, пароконтактна технологія, енергоефективність, удосконалення.

## ABSTRACT

The work was carried out in accordance with the research plan of the Department of Heat Power Engineering and Refrigeration Engineering of the National Technical University of Chemistry and Technology in the direction of "Development and improvement of heat consumption systems of sugar factories".

The financial feasibility of using a steam-contact pulp drying unit for a sugar factory (PCPD) is justified by the lack of need for burning hydrocarbon fuel and, accordingly, the lack of financial costs for purchasing fuel for drying pulp (*Jensen, 2007*).

At the same time, the implementation of the steam-contact pulp drying technology requires a significant expenditure of electrical energy for the operation of the PCPD unit:

- not less than 92.3 kWh(e) per ton of dry pulp;
- not less than 27.0 kWh(e) per ton of raw pressed pulp.

Experts conducted an energy audit of the Salivinkivskiyi Sugar Plant (Kyiv region), where steam-contact energy technology for drying pulp was implemented, and experience was gained in the joint operation of both technologies.

The results of the plant audit revealed a quantitative picture of the operational parameters of the energy-technological complex "Plant-CHP-PKSZH".

The audit results showed that the implementation of the PKSZH technology created energy and heat engineering problems for the CHP and the sugar plant, respectively, namely:

- For the CHP - the problem of significant (up to 4000 kW(e)) underproduction (reduction in the electric power of the turbine unit) of electricity generated by the CHP turbine unit;
- For the CHP - the problem of an increase of 7.5% in natural gas consumption for beet processing;
- For the sugar plant:
  - reduction in the concentration of syrup from the evaporation unit; - increase in steam consumption for boiling the massecuite of the 1st product;
  - decrease in the steam productivity coefficient of the steam extraction system of the evaporation plant; - increase in the specific consumption of "technological" steam for beet processing (sugar production); - increase in the specific thermal energy for beet processing (sugar production).in

The essence of the "energy" problems that the PKSZH installation creates for the CHP of the sugar factory is defined and investigated in (*Filonenko, 2024, (Filaretova, 2024)*).

The obtained results of the energy audit determined the feasibility of carrying out in the presented qualification work a scientific analysis of the "heat engineering" result of the interaction of two energy technologies - the technology of steam contact drying of pulp and the technology of sugar production.

The purpose of the study is to identify influential factors and form the necessary technical solutions to avoid (or reduce) the negative results of the operation of the PKSZH installation in the heat engineering sector of the sugar factory.

Since the Salivinkivskiyi Sugar Plant is a private enterprise with closed access to information on its operational parameters, the qualification work used a research method according to which a "model" sugar plant with a production capacity of 7,000 tons of processed beet per day was selected as the object of research.

The results of the author's research showed the following: - Steam contact technology for drying pulp generates 5 heat energy flows into the heat utilization

system of the sugar plant, which are classified as secondary energy resources (VER) of the steam contact technology.

- Part of the VER flows of the PKSZH - do not affect the heat consumption system of the sugar plant and do not change its efficiency indicators.

- Part of the VER flows - affect the heat consumption system of the sugar plant and do not change its efficiency indicators.

- The mechanism of influence of the flows of the VER PKSZH on the heat consumption system of the sugar factory consists in creating a 25% - 35% excess of condensate of "technological" steam in the condensate management system of the sugar factory (in essence, in the heat consumption system of the sugar factory).

- The excess of condensate of "technological" steam creates in the condensate management system of the plant an excess of self-evaporation vapors, which significantly reduce the steam productivity coefficient of the steam extraction system of the evaporation plant and lead to;

- a decrease in the concentration of syrup from the evaporation plant; - an increase in the specific consumption of "technological" steam and an increase in the specific consumption of thermal energy for beet processing (sugar production).

**Keywords:** beet pulp, pulp drying, steam contact technology, energy efficiency, improvement.

## Частина 1.

### Інженерно-технічні результати кваліфікаційної роботи.

Інженерно-технічними результатами кваліфікаційної роботи є:

1. Порівняння «газової» та «пароконтактної» енерготехнологій сушіння жому.  
Аналіз цього порівняння переконливо засвідчує фінансові переваги для цукрового заводу сушіння жому за допомогою енергетичної пари парових котлів ТЕЦ, тобто, «пароконтактної технології».
2. Загальні результати енергетичного аудиту Саливінківського цукрового заводу – об'єкта реального впровадження установки пароконтактної технології сушіння жому - установки типу ВМА-3, виробничою потужністю – 7000 тонн перероблення буряка на добу (надалі, установки ПКСЖ). Аналіз цих результатів дозволив сформулювати сутність енергетичних та теплотехнічних проблем, які отримав цукровий завод, впровадивши сучасну енерготехнологію паро-контактного сушіння жому – установку ПКСЖ;
3. Математичні рівняння балансових співвідношень між експлуатаційними параметрами цукрового заводу і експлуатаційними параметрами установки ПКСЖ. Аналіз цих співвідношень дозволив визначити кількісні співвідношення між технологічними і теплотехнічними параметрами обох технологій.
4. Формування принципів схем ТЕЦ цукрового заводу для двох режимів експлуатації енерготехнологічного комплексу цукрового заводу:
  - для режиму-1 «До впровадження установки ПКСЖ»;
  - для режиму-2 «Після впровадження установки ПКСЖ».
 Аналіз цих схем дозволив достовірно визначити напрями потоків теплової енергії у вигляді енергетичної, технологічної, жомокислої пари, пари само випаровування в ситемі енерготехнологічного комплексу «ТЕЦ-Цукровий завод-установка ПКСЖ».

### Порівняння «газової» і «пароконтактної» технологій сушіння жому.

#### Аналіз газової жомосушки:

Спалене паливо в газовій жомосушці породжує теплову енергію у вигляді високотемпературних продуктів згорання, які контактуючи з вологою жомовою стружкою випаровують з неї вологу і утворюють водяну пару, передаючи їй свою теплову енергію.

Однак, одержана пара буде знаходитися в суміші з продуктами згорання і функціонально втрачається в атмосферу без можливості будь якої утилізації її теплової енергії. Тобто, теплова енергія палива, спалено в «газовій» жомосушці стане втратою палива для заводу.

- Тобто, витративши енергію палива на газову сушарку замовник отримує:
- два позитивних результати:
    - висушений жом;
    - відсутність недовироблення електроенергії турбоагрегатами ТЕЦ.
  - і два негативних результати:
    - втрачену теплову енергію пари і втрачену витрату палива;
    - відсутність можливості використати теплову енергію паро-газової суміші в тепло технології заводу.

Слід розуміти, що і в звичайній (традиційній) «газовій» жомосушильній установці і в новій «пароконтактній» на 1 тону відпресованого жому витрачається на випаровування води з жомової стружки практично ОДНАКОВА кількість теплової енергії, а, значить і однакова кількість палива (за законом збереження і перетворення енергії).

Але в звичайній (традиційній) «газовій» жомосушильній установці енергія палива, виконавши свою функцію – випаровування води і утворення водяної пари, буде втрачена в навколишнє середовище у вигляді суттєво зволжених утвореною водяною парою продуктів згорання палива.

Тобто, по суті, паливо, витрачене в такій жомосушці на технологічний процес висушування жому втрачається (разом з своєю енергією) в навколишнє середовище. Димосос відправляє безповоротно утворену водяну пару і гарячі продукти згорання в атмосферу.

Зовсім інша справа існує в ПКЖСУ. В цій сушильній установці використовується та сама кількість теплової енергії і та сама кількість палива.

Але в результаті його спалювання отримується не високотемпературні продукти згорання, а високотемпературна водяна пара, яка контактуючи зі зволоженою жомовою стружкою, випаровує з неї воду, і утворює таку ж саму кількість водяної пари, тільки з меншою температурою. Тобто, енергія затраченого палива не втрачена, а перетворилася в енергію водяної пари, яка за своєю температурою і тиском ідентична відпрацьованій парі парових турбін ТЕЦ.

Таким чином, індивідуальна витрата палива для сушіння жому в ПКЖС, не потрібна. Для сушіння жому використано паливо, з якого отримано «жомокислу» пару, абсолютно аналогічно, як з енергії палива отримано електроенергію, а залишок використано для утворення відпрацьованої пари турбін.

Обидві пари в тепловому сенсі абсолютно однакові.

ПКЖС можна розглядати як аналог «парової турбіни» для отримання «жомокислої» водяної пари, побічним продуктом якої є сухий жом – аналог електроенергії.

Таким чином, енергетичний ефект проекту ПКЖС полягає у відсутності витрати палива на сушіння жому. Жомову стружку сушить енергія високоперегрітої пари, на створення якої витрачено паливо. А, оскільки заводу не потрібно взагалі перегрів пари (оскільки така пара не здатна конденсуватися і

віддавати свою теплоту ), а потрібно тільки прихована теплота його конденсації, то цю теплоту перегріву можна використати для пароконтактного сушіння жому.

### **Теплотехнологія ПКЖС:**

В конструкції ПКЖС конструкторами організовано ефективний конвективний теплообмін між потоком «робочої-циркуляційної» пари і вологою стружкою в «киплячому» шарі жомової стружки, яка гарантує швидке випаровування води і утворення водяної пари без конденсації теплоносія – робочої-рециркуляційної водяної пари.

Високотемпературна (435 °С) гостра пара з парових котлів безпосередньо не контактує з вологою стружкою, а в спеціальній поверхні теплообміну – 2-х секційному пароперегрівнику (високого і середнього тиску)) передає всю (і теплоту перегріву, і теплоту конденсації) свою теплоту потоку «робочої-циркуляційної жомо-кислої» пари, яка утворюється в робочій (паростружечній) частині ПКЖС.

Нагріта до (200 – 240 °С ) в пароперегрівнику «робоча-циркуляційна» пара в середині ПКЖС не конденсується на поверхні стружки тому, що не охолоджується до температури свого насичення, а тільки передає конвективним способом свою теплоту перегріву вологій стружці, випаровуючи з неї воду.

За рахунок роботи парового напірного вентилятора в робочій камері ПКЖС для підтримання «киплячого» шару жомової стружки формується значний (у кілька разів вищий за отриманий обсяг «жомокислої» вторинної пари) потік «робочої-циркуляційної» пари.

Кількість цієї пари в кілька разів вища за кількість отриманої пари від висушування жому. Ця пара і є циркулюючим теплоносієм ПКЖС.

Завдяки цьому, за рахунок використання для випаровування води зі стружки, значного перегріву робочої пари в середині ПКЖС утворюється т.зв. «жомокисла» водяна пара, практично в тій же кількості, що і відведена від турбін гостра пара, яка є придатною для використанні в тепловій схемі заводу спільно з відпрацьованою порою турбін.

### **Увага!**

Суттєвим «електрично-фінансовим» недоліком використання ПКЖС є недовироблення електричної енергії на власних турбоагрегатах ТЕЦ і значна «електрична» енергоємність електроприводу ПКЖС, напірний вентилятор якої необхідний для підтримання стабільності «киплячого» шару жомової стружки в середині ПКЖС.

Але, як свідчать розрахунки фірми-виробника ПКЖС, фінансова вигода від уникнення витрати палива на сушіння жому, в значній мірі «перекриває» фінансові затрати на закупівлю і недовиробленої е/е власної генерації і потрібної е/е для експлуатації електроприводу ПКЖС.

Світовий досвід реалізації проектів ПКЖС однозначно засвідчує про це.

### **Інформація (для порівняння з ПКЖС) по «газовій» жомосушці:**

«Газова» сушарка жому з ККД= 80,7 % має експлуатаційну питому витрату природного газу на рівні – 250,0 м<sup>3</sup> газу/(т сух.ж).

#### **Увага!**

Існують «газові» жомосушарки з питомою витратою газу (180 – 350) м<sup>3</sup> газу/(т сух.ж).

У разі експлуатації Саливінківського ц/з з потужністю  $A_{\text{заводу}} = 6500$  т бур/добу) і направлення на сушарку 100 % сирого відпресованого до 28 %СР жому, його кількість – (70 – 80) % до маси буряку, а це (4550 – 5200) т сирого жому з дифузійних апаратів, і отримання на отриманні  $\approx 370,0$  т сухого жому на добу для «газової» сушарки жому знадобиться – 92,5 тис. м<sup>3</sup> газу.

Відповідно ф-ли:  $V_{\text{газ}}^{\text{ГЖСУ}} = 250,0 \cdot 370,0 \cdot 10^{-3} = 92,5$

У разі використання ПКЖС вищенаведений обсяг витрати газу – не потрібен. Оскільки сушіння жому в ПКЖС, потребуючи таку саму кількість теплової енергії, як і «газова» сушарка жому, повертає в систему заводу практично всю витрачену на сушіння жому теплову енергію у вигляді «жомокиислої» вторинної пари.

Але під час практичної реалізації проектів ПКЖС неодмінно виникають експлуатаційні проблеми, оскільки ПКЖС реально не тільки не потребує окремої витрати палива для сушіння жому, а навіть зменшує витрату палива в ТЕЦ заводу, внаслідок зменшення генерації власної електроенергії в турбоагрегатах ТЕЦ.

**Інформація:** Зменшення (для ПКЖС) пропуску гострої пари через парові турбіни на  $\Delta D_{\text{зменш}}^{\text{ПГ}} = 20$  т/год і недовироблення в середньому – 2165 кВт (2270 кВт на початку сезону і 2060 кВт в кінці сезону) обумовлює відповідне зменшення витрати палива в ТЕЦ заводу на 9,7 т у.п./добу

Відповідно ф-ли:  $\Delta V_{\text{е}}^{\text{ТЕЦ}} = b_{\text{е}}^{\text{ТЕЦ}} \cdot \Delta W_{\text{е/е недов}} \cdot 10^{-6} \cdot 24$  - )

- Витрати природного газу ( $K_{\text{у.п}}^{\text{газ}} = 1,14$ ) на 8,5 тис.м<sup>3</sup>/добу

Відповідно співвідношення:  $9,7 / 1,14 = 8,5$

Увага! «Електричне» зменшення витрати палива в ТЕЦ відносно загальної добової витрати природного газу в ТЕЦ ( $\approx 227$  тис.м<sup>3</sup>/добу) становить  $\approx 3,8$  %.

### **Аналіз впливу ПКЖС на тепло технологію заводу:**

Функціонально:

- ПКЖС генерує практично стільки ж водяної пари, придатної для застосування в тепловій схемі, як і споживає - це добре і теплотехнічних проблем не викликає;
- ПКЖС генерує також суттєвий обсяг теплової енергії вторинних енергоресурсів (ВЕР) у вигляді теплоти конденсатів. Це добре, але створює проблеми для теплової схеми заводу.

Вирішення цих проблем може бути:

- або енергоефективним, і не впливати на ефективність існуючої на заводі теплової схеми, і не викликати збільшення витрати палива в ТЕЦ на заводську теплотехнологію;
- або енергозатратним, і негативно впливати на ефективність існуючої на заводі теплової схеми, і навпаки викликати збільшення витрати палива в ТЕЦ заводу.

В принципі, теплотехнологія перероблення цукрового буряку в заводі не мала «відчувати» присутність ПКЖС в системі цукрового заводу і впливу її ВЕР на теплову схему заводу.

Варіант скиду конденсатів ПКЖС в дренаж явно не прийнятний, оскільки призведе до зменшення фінансової економічності «проекту ПКЖС».

Варіант використання цієї теплоти у сторонніх споживачів – не реальний.

Така ситуація змусила фірму, що ув'язала ПКЖС в енергетичну схему заводу, направити весь обсяг ВЕР (у вигляді парів само випаровування конденсатів) у теплову схему заводу, а саме в систему паровідборів ВУ.

#### **Увага!!**

Особливістю системи паровідборів багатокорпусної ВУ цукрових заводів є те, що будь яке використання теплової енергії ВЕР (і пари само випаровування, і конденсату, і інших теплоносіїв) без грамотної перебудови самої системи паровідборів призводить до зниження її показників ефективності і обумовлює чотири негативні наслідки:

- зменшення концентрації сиропу з ВУ;
- збільшення витрати пари на перероблення буряку;
- збільшення витрати теплової енергії на перероблення буряку;
- збільшення витрати палива на перероблення буряку.

Таки чином, реалізація проекту ПКЖС породжує дві тенденції:

- з однієї сторони – сама ПКЖС гарантує економію палива для заводу (для сушіння жому) ;
- з другої сторони – у випадку неефективного використання теплової енергії ВЕР в системі паровідборів ВУ заводу призводить до збільшення витрати палива на перероблення буряку.

Проведене нами дослідження впливу ВЕР ПКЖС засвідчило, що використання їх в тепловій схемі заводу без ефективних компенсаторних змін в самій тепловій схемі заводу – **зменшує** енергетичну ефективність самої теплової схеми і призводить до збільшення витрати палива на перероблення буряку.

Проведене нами дослідження проблеми двох тенденцій засвідчило, що зменшення ефективності існуючої теплової схеми заводу, і збільшення витрати палива на переробку буряку не може перевищувати економію палива, яке гарантує застосування ПКЖС

## 1. 2. Матеріали скороченого аудиту Саливінківського цукрового заводу

### Опис існуючої туенерго-технологічної схеми Саливінківського цукрового заводу.

Аналіз існуючої на кінець 2023 р. тепло-технологічної схеми ув'язки ПКЖС в теплову схему Саливінківського цукрового заводу засвідчує наступне:

1. Тепло-технологічна схема ПКЖС в частині підведення гострої пари від парових котлів, відведення конденсату гострої пари в ТЕЦ, відведення вторинної «жомокислої» пари сформована належним чином без порушення теплотехнічних принципів розподілу енергоносіїв.
2. Витрата гострої пари з котлів в кількості **20,0** т/год на ПКЖС створює проблему недовироблення електричної енергії турбоагрегатами ТЕЦ в кількості від **2270 кВт** на початку сезону і **2060 кВт** в кінці сезону.
3. Зменшення власної генерації електроенергії, обумовлює необхідність щодобової закупівлі в РЕС від 54480 кВт.год/добу до 49440 кВт.год/добу.
4. Слід акцентувати увагу на неспівпадінні недовироблення е/е і закупівля е/е в РЕС і потребу ПКЖС в електроенергії.
  - Недовироблення – 2270-2060 кВт
  - Потреба ПКЖС –  $\approx$  900 кВт(е)
5. Але недовироблення власної електричної енергії одночасно супроводжується економією палива в ТЕЦ, оскільки втрачена для генерації електроенергії 20 т/год гострої пари «породжують» практично 20,0 т/год «жомокислої» пари яка використовується в тепловій схемі, а конкретно в системі паровідборів ВУ зцукрового заводу..
 

Таким чином, паливо, з якого отримано 20 т/год гострої пари, не втрачається, а «трансформується» у 20 т/год «жомокислої» пари, яка повністю використовується в заводі.

Тобто, програшу в витраті палива на перероблення буряку – не створюється.
6. До впровадження існувала збалансована по двом параметрам «%СР – W» система паровідборів.
7. Для отримання декларованої фірмою-виробником ПКЖС економії палива впровадження системи ПКЖС має супроводжуватись вирішенням ТРЬОХ теплоенергетичних проблем, які «породжує» ця система, а саме:
  - **Має бути використана в тепловій схемі заводу тепла енергія «жомокислої» вторинної пари. Це зроблено належним чином.** Стандартна схема з пароперетворювачем на хімоочищеній воді, що мала генерувати чисту водяну пару для системи паровідборів існуючої ВУ, замінена на технологічно доцільнішу схемою, за якою «жомокисла» пара окремим (з нержавіючої сталі) паропроводом прийнята грійною камерою 1-В корпусу ВУ паралельно з потоками відпрацьованої пари з турбін в корпусах 1-А і 1-Б.

- Має бути використана в тепловій схемі заводу теплова енергія вторинних енергоресурсів (ВЕР), які породжує система ПКЖСУ. Це зроблено належним чином по кожному з трьох енергоносіїв ВЕР.
  - Теплова енергія конденсату гострої пари, відведеного з пароперегрівника ПКЖСУ, використана в тепловій схемі заводу за двома енергоефективними технічними рішеннями:
    - теплота перегріву у вигляді пари самовипаровування додана до потоку відпрацьованої пари, а саме, в заводський колектор відпрацьованої пари;
    - сам потік конденсату гострої пари, охолоджений до 130 °С направлений в потік конденсату відпрацьованої пари і далі (після каскадного охолодження самовипаровуванням) відведено в деаератори ТЕЦ.
  - Теплова енергія конденсату «жомокислої» пари використана в тепловій схемі заводу за трьома енергоефективними технічними рішеннями:
    - «жомокислий» конденсат з грійної камері 1-В корпусу відведено в окрему систему його охолодження шляхом само випаровування в каскадній системі збірників до 85 °С;
    - завершальне, до 74 °С, охолодження «жомокислого» конденсату здійснено в теплообміннику
    - сам потік «жомокислого» конденсату направлено в дифузійні апарати в якості «підкисленої» складової живильної води.
  - Теплова енергія «жомокислої» водяної пари з ПКЖСУ використана в тепловій схемі заводу за єдино правильним і енергоефективним технічним рішенням, як складова «технологічної» відпрацьованої пари турбін в системі паровідборів ВУ.
8. Таким чином, після впровадження ПКЖС в системі енергоспоживання Саливінківського цукрового заводу не було створено жодної передумови для виникнення перевитрати теплової енергії або палива, обумовленої «марнотратними» або неврахованими втратами теплової енергії або палива.
9. Однак, слід розуміти, що в складних енерго-тепло-технологічних системах споживання енергії існує вид її втрат, який не пов'язаний з видимими втратами енергії, але призводить до перевитрати енергоносіїв на виробництво продукції. Цей вид втрат енергії отримав назву Цей вид втрат енергії є невидимим для ока людини, тому, що пов'язаний з недостатньою ефективністю використання енергії. А розгледіти ефективно чи не ефективна система використання енергії достатньо важко.
10. Саме, наявністю в існуючій (після реалізації проекту ПКЖС) системі використання теплової енергії Саливінківського цукрового заводу «специфічно-енергетичних» втрат теплової енергії, пояснюється перевитрата в сезони 2023 р.-2024 р. пари, теплової енергії в заводі та палива в ТЕЦ.
- до реалізації проекту ПКЖСУ в тепловій схемі заводу була сформована (зусиллями заводських спеціалістів та спеціалістів фірм-партнерів) достатньо ефективна тепло технологічна система паровідборів випарної установки (ВУ), в якій максимально була використана теплова енергія

ВЕР, а саме: утфельна пара, конденсат головних корпусів ВУ, конденсат останніх корпусів ВУ, жомопресова вода та інші технічні рішення.

- сформована належним чином система паровідборів ВУ була збалансована між паропродуктивністю паровідборів з усіх корпусів, та системою експлуатаційних параметрів заводу: повнотою використання існуючих ВЕР, дигестією бурякової стружки, рівнем відкачки дифузійного соку, розжиження сокового потоку, рівнем втрат температури сокового потоку від дифузії до ВУ, температурними перепадами температур в підігрівниках та інш. Система провідборів гарантувала одержання високих (до 65-70 % СР) концентрацій сиропу для вакуум-апаратів.

11. Після реалізації проекту ПКЖСУ і направлення в існуючу теплову схему заводу (а, відповідно, в існуючу систему паровідборів ВУ) двох потужних ВЕР, генерованих ПКЖСУ, існуюча система паровідборів, сприймаючи повністю їх теплову енергію у вигляді парів самовипаровування, **стуттєво погіршила свій коефіцієнт ефективності** і зменшила свою паропродуктивність, тобто, кількість випареної води на ВУ. Ця обставина призвела цілого каскаду негативних для енергоспоживання заводу наслідків, а саме:

- до зниження концентрації сиропу з ВУ;
- до збільшення витрати пари на уварювання сиропу в продуктовому відділенні (в ВАА 1-го продукту);
- до збільшення витрати «технологічної» пари на ВУ;
- до збільшення витрати гострої пари від ТЕЦ;
- до збільшення витрати палива на завод;
- до збільшення питомої витрати палива на завод.

12. Сформована після реалізації проекту ПКЖС отримала наступні теплоенергетичні показники ефективності виробництва (див. річні звіти):

**$d = 37,7$  % до маси буряку;**

**$q = 200,6$  Мкал/т буряку;**

**$b_{\text{техн}}^{\text{у.п}} = 3,87$  % у.п. до маси буряку;**

**$b_{\text{техн}}^{\text{газ}} = 34,3$  м<sup>3</sup> газу/т буряку**

13. Таким чином, очікуваний обсяг економії палива (природного газу) в ТЕЦ збільшився, зменшивши енергетичний ефект від використання ПКЖСУ.

14. Технічна сутність «специфічно-енергетичних» втрат обумовлена частковою втратою енергоефективності існуючої (до реалізації проекту ПКЖС) системи паровідборів ВУ.

Причина неотримання потенційної економії палива і коштів обумовлена тепло технологічною недосконалістю схеми ув'язки ПКЖС в існуючу (до появи) ПКЖС теплову схему заводу, а конкретно, в систему паровідборів випарної установки.

Справа в тому, що тепловий комплекс ПКЖС генерує значний обсяг високотемпературних ВЕР, у вигляді парів само-випаровування конденсату

гострої пари та конденсату вторинної «жомокислої» пари. Утворена пара само-випаровування, будучи поєднаною з існуючою системою паровідборів ВУ, суттєво зменшує паропродуктивність всієї системи випаровування ВУ, призводить до зменшення СР сиропу з ВУ, і, як наслідок, до збільшення споживання пари продуктивним відділенням, випарною установкою і заводом в цілому.

В результаті зростає витрата палива в ТЕЦ на генерацію більшої кількості технологічної пари, що споживається цукровим заводом.

Вихід з ситуації, що склалася полягає в додатковій реконструкції системи паровідборів ВУ, що має врахувати значний обсяг ВЕР, який надходить з теплового блоку ПКЖС.

### **Висновок.**

Таким чином, істиною проблемою для Саливінківського цукрового заводу є наявність значних сум, що витрачаються на закупівлю електричної  $\approx 2500$  кВт електричної потужності для компенсації невиробленої електричної потужності власної генерації – наслідком реалізації «проекту ПКЖС» енергії в РЕС за ціною **10,0 грн/кВт.год**,

Собівартість електроенергії власної генерації ТЕЦ, за умови ціни палива (природного газу) – **25000** грн/тис м<sup>3</sup> становить (за нашим розрахунком) – **5,5 грн/(кВт.год)**

Розрахунок за ф-лою:  $(184,0/1,13) \cdot 25000 \cdot 10^{-6} \cdot 1,35 = 5,50$

Таким чином, добова переплата заводу (внаслідок різниці цін покупної і власної електроенергії) становить **270,0** тис.грн/добу:

Розрахунок за ф-лою:  $2500 \cdot 24 \cdot (10,0 - 5,5) \cdot 10^{-3} = 270,0$  тис.грн/добу.

Місячна переплата становить: **8,1** млн.грн/місяць

Розрахунок за ф-лою:  $270 \cdot 30 \cdot 10^{-3} = 8,1$  млн.грн/місяць

«Паливна» вигода від застосування ПКЖС і одержання 372 т сухого жому/добу

$15,5 \cdot 24 = 372$

Фінансова добова вигода від економії витрати палива (природного газу) на сушіння жому становить: **2325** тис.грн/добу.

Тобто, в 10 разів більше, що очевидно доводить паливну ефективність «проекту ПКЖС».

Розрахунок за ф-лою:  $372 \cdot 250 \cdot 25000 \cdot 10^{-6} = 2325,0$

Фінансова вигода, отримана заводом, обумовлена різницею ринкових цін на сухий жом може бути визначена тільки за умови отримання відповідної фінансової інформації.

### **За результатами обговорення встановлено наступне:**

1. Жом, отриманий в ПЖС, має високі споживчі якості і потенційно значно вищу ринкову ціну. У зв'язку з цим виведення її з експлуатації – недоцільне!

2. Використання ПКЖС гарантує економію первинного палива для заводу, еквівалентне витраті палива на сушіння жому в «газовій» жомосушці.
3. Існуюча теплова схема заводу має бути додатково реконструйована в напрямку ефективного сприйняття ВЕР ПКЖС і не допущення зменшення втрати паропродуктивності системи паровідборів ВУ і зменшення %СР сиропу з ВУ.

### Балансовий розрахунок «Буряк- Жом».

Виробнича потужність заводу – **6500** т буряку на добу  
 Вихід сирого(6,5 %СР) жому з дифузійних апаратів – **80** % до маси буряку  
**5200** т/добу (216,0 т/год).

Кількість відпресованої жомопресової води: **166,0** т/год;

Розрахунок за ф-лою:  $216,0 \cdot (1 - 6,5/28) = 166,0$

Кількість отриманого відпресованого (28 %СР) жому: **50,0** т/год

Розрахунок за ф-лою:  $216 - 166 = 50,0$

Кількість води, яку потрібно видалити (випарити) в ПКЖС з відпресованого жому для одержання сухого (СР=90 %) жому: **34,5** т/год

Розрахунок за ф-лою:  $50 \cdot (1 - 28/90) = 34,5$

Кількість отриманого сухого жому: **15,5** т/год (370 т/добу).–

Розрахунок за ф-лою:  $50 - 34,5 = 15,5$  т/год (370 т/добу).

### 1.3. Опис існуючої системи тепло споживання Саливінківського цукрового заводу.

«Відпрацьована» в проточній частині парової турбіни перегріта (190 – 220 °С) пара після охолодження до регламентної температури (130-140 °С) , тобто, в стані, близькому до стану насичення (т.зв. «технологічна» пара) надходить в заводський паровий колектор, з якого направляється в грійну камеру 1-ї ступені випаровування, а саме, у 1А випарний апарат, виготовлений зі звичайної сталі.

Отримана з установки ПКСЖ «жомокисла» пара, яка має параметри (тиск та температуру) ідентичні параметрам «технологічної» пари надходить теж у грійну камеру 1-ї ступені випаровування, а саме у 1Б випарний апарат, але виконаний із нержавіючої сталі.

Система паро-споживання «технологічної» пари цукрового заводу базується на 5-ступеневій випарній установці.

Поверхня теплообміну встановлених випарних апаратів (корпусів) в структурі ВУ наступна:

1 ступ. випаровування (1-й корпус) – Два випарних апарата ( $2120 \text{ м}^2 + 2120 \text{ м}^2$ ).

2 ступ. випаровування (1-й корпус) – Два випарних апарата ( $2120 \text{ м}^2 + 2120 \text{ м}^2$ ).

3 ступ. випаровування (3-й корпус) – Три випарних апарата ( $2120 \text{ м}^2 + 2120 \text{ м}^2 + 1000 \text{ м}^2$ ).

4 ступ. випаровування (4-й корпус) – Один випарний апарат (3250 м<sup>2</sup>).

5 ступ. випаровування (5-й корпус) – Один випарний апарат (1800 м<sup>2</sup>).

Система використання теплової енергії конденсатів «технологічної» пари і вторинної пари від корпусів ВУ базується на системі горизонтальних збірників-випарників, що забезпечують «випарне» охолодження конденсатів до температур, передбачених теплотехнічним регламентом виробництва.

Принципова схема джерела енергопостачання Саливінківського цукрового заводу – ТЕЦ на базі парової турбіни з протитиском наведена на рис. 1.1.

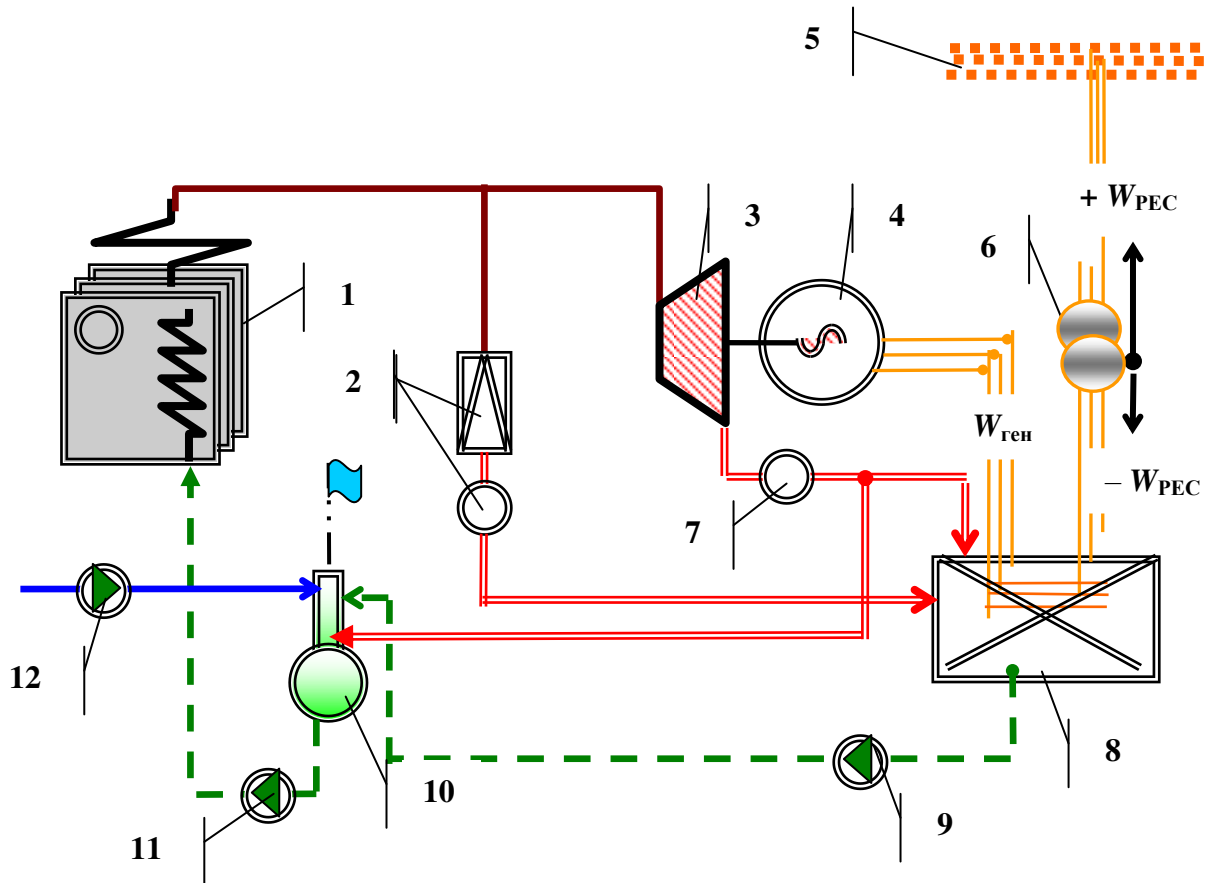


Рис. 1.1. Принципова схема ТЕЦ Саливінківського цукрового заводу в режимі експлуатації «До впровадження установки ПКСЖ: 1 – парові котли; 2 – редукційно-охолоджувальна установка (РОУ) «технологічної» пари; 3 – парова турбіна типу «Р-...»; 4 – турбогенератор; 5 – РЕС; 6 – трансформатор зв'язку ТЕЦ з РЕС 7 – охолоджувальна установка відпрацьованої пари; 8 – тепло технологічний комплекс «модельного» цукрового заводу 9 – конденсатний насос «технологічної» пари ; 10 – деаератор.

Принципова схема джерела енергопостачання Саливінківського цукрового заводу – ТЕЦ на базі парової турбіни з протитиском з впровадженням установки ПКСЖ наведена на рис. 1.2.

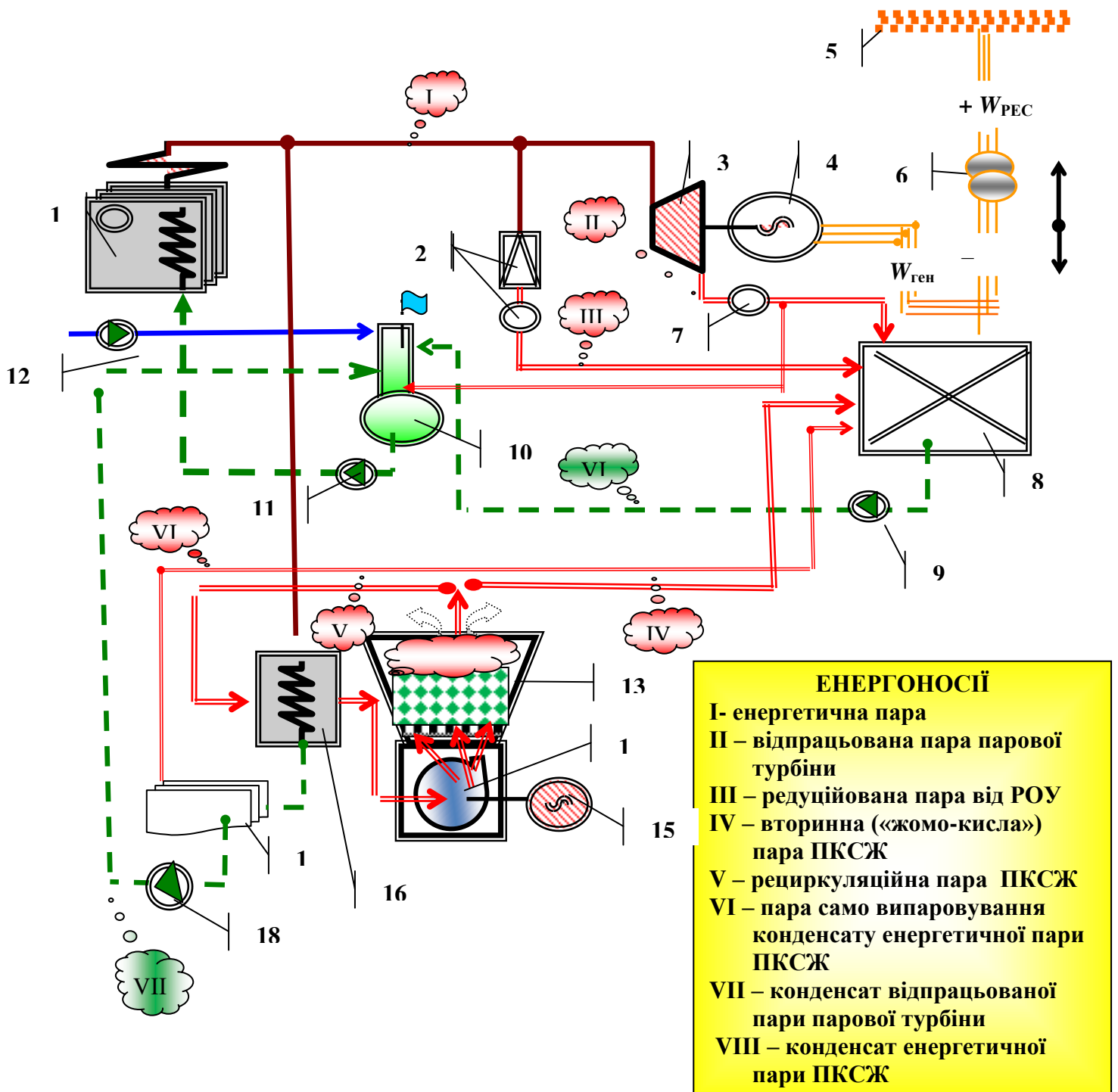


Рис. 1.2. Принципова схема ТЕЦ Саливінківського цукрового заводу з установкою ПКСЖ»

1 – парові котли; 2 – РОУ технологічної пари; 3 – парова турбіна; 4 – турбогенератор; 5 – РЕС; 6 – трансформатор зв'язку ТЕЦ з РЕС; 7 – ОУ відпрацьованої пари турбіни; 8 – цукровий завод; 9 – конденсатний насос; 10 – деаератор; 11 – живильний насос; 12 – насос ХОВ; 13 – сушильна камера

ПКСЖ; 14 – високо напірний вентилятор; 15 – електропривод ВНВ; 16 – пароперегрівник ПКСЖ; 17 – збірник-випарник конденсату енергетичної пари; 18 – конденсатний насос.

## **Частина 2.** **Науково-технічні результати дослідження.**

Науково-технічними результатами дослідження кваліфікаційної роботи є:

1. **Обґрунтування** вибору «об'єкта» та «предмета» дослідження кваліфікаційної роботи, відповідно:

- «об'єкта», тобто, установки, що створює проблеми, які потребують дослідження;
- «предмета», тобто, частини об'єкта, на яку спрямовано дослідження.

Вибір обох «категорій» дослідження дозволив застосувати метод математичного аналізу для виявлення якісного і кількісного взаємозв'язку між експлуатаційними параметрами двох енерготехнологій:

- технології перероблення цукрового буряку;
- та технології пароконтактного сушіння жому.

2. **Результати** математичного моделювання «модельного» ц/з – тепло-технологічного аналогу Саливінківського ц/з, саме, двох його складових «Теплотехніки» та «Енергетики» в режимі експлуатації «**До впровадження установки ПКСЖ**» (Додаток 1).

3. **Результати** математичного моделювання «модельного» ц/з – тепло-технологічного аналогу Саливінківського ц/з, саме, двох його складових «Теплотехніки» та «Енергетики» в режимі експлуатації «**Після впровадження установки ПКСЖ**» (Додаток 2)

4. Обґрунтування факторів доцільності використання екологічно-чистого жому у тваринництві;

5. **Формування** схеми ув'язки установки ПКСЖ в систему тепловикористання цукрового заводу;

6. **Результати** науково-технічного аналізу розрахункових експлуатаційних параметрів енерго-технологічного комплексу «ЗАВОД-ПКСЖ-ТЕЦ» і виявлення факторів (параметрів), що обумовлюють виникнення експлуатаційно встановленої перевитрати пари, теплової енергії і палива на перероблення буряка (вироблення цукру);

7. **Визначення** числових значень складових структури загального теплового балансу і структури вторинних енергоресурсів (ВЕР) установки паро-контактного сушіння жому ВМА-3 (ПКСЖ);

8. Результати математичного моделювання «модельного» цукрового заводу, саме, двох його складових «Теплотехніки» та «Теплоенергетики» в режимі експлуатації «**Після впровадження установки ПКСЖ**» з реалізацією технічного рішення «Підвищення проектної паропродуктивності системи

паровідборів існуючої випарної установки (ВУ) заводу на базі створення регульованого пере-випаровування ВУ» (Додаток 3).

## 2.1. Обґрунтування вибору «об'єкта» та «предмета» дослідження.

Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи мав бути теплоенергетичний комплекс Саливінківського цукрового заводу «ТЕЦ-Установа ПКСЖ-Цукровий завод» – підприємства, яке у 2023 р. впровадило новітню технологію сушіння жому (скидного продукту основного виробництва), яка носить назву «Пароконтактна технологія сушіння жому» надалі, установка ПКСЖ).

У зв'язку із заборонаю керівництвом цукрового заводу оприлюднювати будь які фактичні експлуатаційні параметри виробництва, крім обмеженого їх переліку, автором кваліфікаційної роботи обрано в статусі об'єкта дослідження «модельний» цукровий завод, який є тепло-технологічним аналогом реального Саливінківського цукрового заводу.

Технологічна схема «модельного» цукрового заводу – є повним аналогом технологічної схеми Саливінківського цукрового заводу і базується на подібних станціях дифузії, вапнування, фільтрування, сатурації, згущення, уварювання, центрифугування, пресування жому.

Теплотехнічна схема (система теплоспоживання) «модельного» цукрового заводу – є повним аналогом системи теплоспоживання Саливінківського цукрового заводу і базується на: системі підігрівників сокового потоку, системі 5-ти ступеневої випарної установки, системі вакуум-апаратів та інш.

Енергетична схема (система генерації теплової та електричної енергії) «модельного» цукрового заводу – є повним аналогом системи генерації енергоресурсів Саливінківського цукрового заводу і базується на: параметрах енергетичної пари «35,0 бар/435 °С», параметрах «технологічної пари» «3,5 бар/135 °С», паротурбінній установці на базі парової турбіни з протитиском типу «Р-12-5», трансформатора зв'язку з районною енергосистемою (РЕС) та інш.

Предметом дослідження кваліфікаційної роботи визначено частину об'єкта дослідження – систему тепловикористання цукрового заводу, оскільки вплив технології ПКСЖ експлуатаційно «проявився» не тільки на систему генерації енергоресурсів в ТЕЦ, а і на систему тепло споживання цукрового заводу.

Вибір обох «категорій» дослідження і об'єкта, і предмета дослідження – дозволив автору застосувати метод математичного аналізу для виявлення якісного і кількісного взаємозв'язку між експлуатаційними параметрами двох енерготехнологій.

## 2.2. Екологічно чистий буряковий жом – якісний продукт тваринництва.

### Загальні подоження.

Буряковий жом є одним із найпоширеніших побічних продуктів цукрового виробництва, який широко використовується у тваринництві завдяки своїй високій кормовій цінності та доступності.

У свіжому, силосованому або висушеному вигляді жом може використовуватись у годівлі великої рогатої худоби, коней, свиней та навіть деяких видів птиці.

З хімічного погляду, жом характеризується високим вмістом клітковини (до 20–25 % у сухій речовині), невеликим вмістом цукрів, а також наявністю пектинових речовин, що позитивно впливають на мікробіоту кишечника жуйних тварин.

Крім того, жом є джерелом кальцію, але має дефіцит білка, фосфору та деяких вітамінів, тому його використання потребує балансування раціону за допомогою інших компонентів.

У годівлі великої рогатої худоби жом часто застосовується як джерело енергії в раціонах молочних корів та відгодівельного молодняка.

Він добре перетравлюється в рубці, стимулює розвиток мікрофлори та сприяє зростанню надоїв при достатньому білковому доповненні.

Силосований жом може замінювати частину кукурудзяного або злакового силосу, а в раціоні дійних корів може складати до 25 % загальної сухої речовини.

У годівлі свиней жом менш ефективний через високий вміст клітковини, яка повільно перетравлюється моногастричними тваринами.

Однак у відгодівельних групах його можна вводити до 10 % від загального раціону як джерело баластних речовин і для нормалізації роботи кишечника.

Молодняку доцільно згодовувати попередньо запарений або сушений жом у поєднанні з концентратами та білковими кормами.

У годівлі коней. Кінь особливо добре реагує на включення в раціон бурякового жому у запареному вигляді.

Жом легко перетравлюється в товстому відділі кишечника, сприяє покращенню апетиту, допомагає відновити вагу при післяхворобовому стані. У добовому раціоні дорослого коня може бути до 2–3 кг сухого жому за умови достатнього водопою.

### Види та форми використання жому.

Існує три основні форми жому:

Свіжий (вологість 75–80 %) — використовується на підприємствах, розташованих поблизу цукрових заводів. Має короткий термін зберігання.

Силосований — зберігається в герметичних умовах, дозволяє згодовування протягом року.

Сушений гранульований — найбільш транспортабельна та зручна форма, широко використовується у комбікормах.

Обмеження та застереження

Жом не слід використовувати у великій кількості в раціонах молодняка до 6 місяців, а також тварин, чутливих до кислотності корму. Надмірне згодовування може призвести до порушення обміну речовин, особливо за умов низької забезпеченості раціону білком.

Важливо також контролювати якість жому при зберіганні — продукт швидко псується за порушення санітарних умов.

Отже, буряковий жом є ефективним і економічно вигідним кормовим засобом, здатним покращити енергетичний баланс раціону, сприяти підвищенню продуктивності тварин та зниженню собівартості виробництва.

Для досягнення максимальної ефективності необхідно дотримуватись технології заготівлі, балансувати раціон за білками, мінералами та враховувати фізіологічні потреби конкретних видів тварин.

### **2.3. Принципова схема установки пароконтактного сушіння жому.**

Сушіння бурякового жому є важливою технологічною операцією, що дозволяє суттєво знизити вологість продукту, подовжити строки його зберігання, спростити транспортування та забезпечити можливість подальшого використання як повноцінного кормового компонента.

Однією з енергоефективних та економічно виправданих технологій є пароконтактне сушіння, яке поєднує принципи теплопровідного і конвекційного теплообміну під час випаровування води з жомової стружки.

Пароконтактні сушарки працюють за принципом прямого контакту вологої сировини з нагрітою поверхнею, що обігрівається насиченою водяною парою.

Тепло високотемпературної перегрітої енергетичної пари передається до робочої поверхні апарата (його пароперегрівника), а звідти – безпосередньо до вологого жому.

У результаті волога з продукту випаровується, а сам жом висушується до оптимальної вологості (10–12 % у сухій речовині).

#### **Конструктивна схема установки.**

Типова принципова схема установки пароконтактного сушіння бурякового жому включає такі основні елементи:

Бункер-сирецеприймач – накопичувач свіжого жому з високою вологістю (до 75–80 %).

Живильник-дозатор – регулює подачу жому в сушарку, забезпечуючи рівномірне завантаження.

Барабанна або циліндрична сушарка пароконтактного типу – основний апарат, в якому відбувається передача тепла від пари до сировини через обігрівану поверхню. Часто має обертову конструкцію з лопатевим перемішуванням.

Система подачі насиченої пари (паровий колектор) – подає пару під тиском (0,4–0,6 МПа) до робочих камер сушарки.

Конденсатовідвідник – видаляє конденсат з парового простору апарата, запобігаючи зниженню теплопередачі.

Вентилятори або система відсмоктування вторинної пари – забезпечують відведення вологи, яка випаровується з жому, зони сушіння.

Циклон або фільтр очищення повітря – уловлює частинки пилу та дрібні фракції жому із відпрацьованого повітря.

Охолоджувач сушеного жому – знижує температуру продукту перед зберіганням.

Бункер накопичення сухого продукту – кінцевий етап, звідки жом подається на грануляцію або пакування.

### **Принцип дії**

Процес сушіння розпочинається з подачі вологого жому до сушарки, де він рівномірно розподіляється на внутрішній поверхні барабана або теплообмінних пластин. Через поверхні, що обігріваються паром, передається теплова енергія.

Пара не контактує безпосередньо з продуктом, що дозволяє уникнути забруднення або конденсації вологи на поверхні сировини.

Волога випаровується, а надлишковий пар разом з продуктами випаровування відводиться через систему вентиляції та очищення.

Конденсат виводиться в окрему систему збору.

### **Переваги пароконтактного сушіння**

Висока теплоефективність за рахунок використання пари як теплоносія.

Можливість рекуперації вторинного тепла.

Менші енерговитрати у порівнянні з сушінням гарячим повітрям.

Відсутність прямого контакту продукту з полум'ям або димовими газами.

Забезпечення стабільної якості готового продукту при правильному регулюванні режимів.

Технічні умови

Оптимальні параметри сушіння:

температура робочої поверхні: 120–140 °С;

тиск пари: 0,4–0,6 МПа;

тривалість сушіння: 20–40 хв залежно від вологості;

залишкова вологість: не більше 12 %.

Принципова схема установки пароконтактного сушіння бурякового жому базується на використанні енергоефективного способу теплопередачі, який дозволяє досягти якісного зневоднення продукту без втрат поживних речовин.

Використання таких установок є доцільним як з технологічної, так і з економічної точки зору, особливо в умовах підприємств з наявністю власного джерела насиченої пари.

## **2.4. Моделювання «модельного» цукрового заводу в режимі експлуатації «До впровадження установки ПКСЖ».**

До впровадження установки ПКСЖ «модельний» цукровий завод мав наступні експлуатаційні параметри і показники технологічної, енергетичної, теплотехнічної ефективності виробництва, наведені в табл. 2.1.

**Таблиця 2.1.**

**Основні параметри «модельного» цукрового заводу в режимі експлуатації  
«До впровадження установки ПКСЖ».**

№ з.п.	Найменування показника	Од.виміру	
1	Продуктивність «модельного» ц/з з переробленого буряку	тонн буряка на добу	7000 / 291,7 т/год
2	Вироблено товарного цукру-піску		
3	Вироблено товарної меляси		
4	Вироблено сирого (6,5 %СР) жому після дифузії (80,0 % до маси буряка)		5600 / 233,3
5	Отримано жомопресової води (для повергнення в дифузійний апарат)	т/год	179,0
6	Вироблено пресованого (28 %СР) жому після пресування	т/год	54,3
7	Кількість випареної води в сушарці жому для висуш. жому від 28 %СР до 90,0 % СР.	т/год	37,5
8	Кількість сухого (90 %СР) жому на виході з сушильної установки (без врахування втрат жому)	<b>т/год</b>	<b>16,8</b>
9	Витрачено природного газу для сушіння жому в установці, що реалізує «газову» технологію	тис. м <sup>3</sup> газу / год	3,4  (81,6 тис.м <sup>3</sup> / добу)
10	Інформація: Експлуатаційна питома витрата природного газу для сушіння жому продуктами згорання природного газу	м <sup>3</sup> газу/ т сухого жому	200,0
11	Сухі речовини сиропу з ВУ	%СР	68,0
12	Витрата пара на уварювання вакуум-апаратів 1-го продукту	% до м.бур / (т/год)	13,1 \\ (32,8)
13	Надлишок конденсату «технологічної» пари в	% до м.бур /	31,0 /

	систему тепловикористання цукрового заводу	(т/год)	(90,2)
14	Коефіцієнт паропродуктивності системи паровідборів ВУ	т вип.води / т технол. пари	2,39
15	Питома витрата «технологічної» пари	%	46,4
16	Годинаа\ витрата«технологічної» пари	т/год	135,2
17	Питома витрата теплової енергії	Мкал / (т буряка)	230,0
18	Витрата палива (природного газу) в ТЕЦ	тис.м <sup>3</sup> /доб	288,6
19	Сумарна витрата природного газу в ТЕЦ і в установці «газового» сушіння жому		370,2
20	Витрата гострої пари парових котлів	т/год	126,9
21	Витрата гострої пари на парові турбіни		108,9
22	Витрата гострої пари на РОУ «технологічної пари»		18,0
23	Втрати гострої пари		0,9
24	Витрата «технологічної пари» в систему тепло споживання цукрового заводу		138,0
25	Експлуатаційна потужність турбогенератора	кВт(е)	11500
26	Експлуатаційна електрична потужність системи власних потреб ТЕЦ	кВт(е)	1200
27	Експлуатаційна електрична потужність технологічних потреб цукрового заводу		10300
28	Експлуатаційна електрична потужність комплексу «газової» сушарки жому (Е/приводи: Вентилятора, димососа, елеватора, гранулятора, решта)	кВт(е)	1050,0
29	Інформація: Питома витрата електроенергії на «газову» сушарку жому	кВт(е) / т буряка	3,6-5,6
30	Питома витрата умовного палива	% до маси буряка	4,48
31	Питома витрата природного газу	м <sup>3</sup> газу / т буряка	39,3

Як засвідчує аналіз отриманих результатів дослідження «модельний» цукровий завод в режимі «До впровадження установки ПКСЖ»

**виробляв:**

- 300 тон цукру піску на добу;
- 200 тонн меляси на добу
- 16,8 тонн сухого жому на добу.
- 11500 кВт(е) електричної енергії, в т.ч. 1200 на власні потреби ТЕЦ і 10300 на перероблення буряка.

**витрачав:**

- 370,2 тис.м<sup>3</sup> газу на добу (в т.ч. 288,6 на перероблення буряка і 81,6 на сушку жому в «газовій» сушарці) .
- 135,2 т/год «технологічної» пари

**споживав:**

1050 кВт(е) на енерготехнологічний комплекс «газової» сушарки жому.

**мав наступні енергетичні показники ефективності перероблення буряку:**

- 230,0 Мкал/т буряку – питому витрату теплової енергії на перероблення буряку;
- 4,48 % до маси буряка – питому витрату умовного палива на перероблення буряку;
- 39,6 м<sup>3</sup> газу на тонну буряка - питому витрату природного газу на тонну перероблення буряку;

**Повні результати дослідження наведені в Додатку 1 і Додатку 2.**

**2.5. Моделювання «модельного» цукрового заводу в режимі експлуатації «Після впровадження установки ПКСЖ».**

**2.5.1. Загальна інформація.**

В сезон 2023 р.р перероблення бурякової сировини керівництвом заводу було здійснено закупівлю, монтаж і введення в експлуатацію установки пароконтактного сушіння пресованого бурякового жому (побічного продукту цукрового виробництва) – ВМА-3.

Установка «ВМА-3» здатна отримувати екологічно чистий жом, ринкова вартість якого в 2-3 рази дорожча (залежно від кон'юнктури ринку) за жом, отриманий в установках сушіння жому продуктами згорання палива (природного газу) в т.зв. «газовій» сушарці.

Характерними особливостями експлуатації установки паро-контактного сушіння (служба енергоменеджменту заводу має необхідну інформацію) жому є:

- ПКСЖ потребує гоструй (енергетичну) пару для здійснення перегріву (вище температури конденсації) рециркуляційної пари, що являється сушильним агентом жому в кількості 39,0 т/год;
- ПКСЖ зменшує на 39,0 т/год витрату енергетичної пари парогенераторів на парові турбіни і зменшує генерацію електроенергії власними турбоагрегатами на 2000 – 3000 кВт(е);
- ПКСЖ потребує для живлення високо-напірного парового вентилятора (ВНВ) 1800 кВт(е) електричної енергії;
- ПКСЖ, за інформацією рекламного проспекту фірми-виробника не має витрати палива на сушіння жому, оскільки теплову енергію гострої пари конструктивно застосовуючи теплообмін між гострою парою і жомом, перетворює (практично без втрат) в теплову енергію «жомокислої пари».
- ПКСЖ генерує «жомо-кислу» пару, яка являє собою випарену з жому вологу, і яка:
  - за своєю кількістю практично дорівнює кількості спожитої гострої пари;
  - за своїми параметрами (тиском і температурою) ідентична «технологічній парі» - відпрацьованій парі парових турбін, що є теплоносієм для цукрового виробництва.

За період експлуатації заводу в режимі **«Після впровадження установки ПКСЖ»** його енерготехнологічний комплекс отримав наступні результати:

- фінансовий прибуток за реалізований на ринку екологічно-чистий жом – значно виріс у порівнянні з продажем сухого жому, отриманого в «паливно-газовій» сушарці;
- генерація електроенергії власними турбоагрегатами значно зменшилася;
- обсяг електроенергії, закупленої від районної електросистеми (РЕС), передбачувано, значно зріс;
- концентрація густого сиропу з останнього корпусу ВУ, не передбачувано, зменшилася;
- витрата пари на ВУ, не передбачувано, зросла;
- витрата теплової енергії в системі тепло споживання заводу, не передбачувано, зросла;
- витрата палива (в ТЕЦ) на виробництво цукру (на перероблення буряка) не передбачувано, зросла на 6-7 %.

Отримані результати, враховуючи ціну палива (природного газу), ціну електроенергії і значні обсяги їх споживання в помітній мірі знижувала фінансову привабливість застосування паро-контактної технології сушіння жому.

Отримана інформація виявила інтерес у фахівців і стала предметом наукового дослідження магістрів-енергетиків НУХТ і темами магістерських робіт.

## 2.5.2. Формування принципової схеми ув'язки установки ПКСЖ в систему тепловикористання модельного цукрового заводу.

Схема включення установки ПКСЖ в систему тепловикористання «модельного» цукрового заводу наведена на рис. 2.1.

Схемю включення передбачено реалізацію наступних технічних рішень:

1. Здійснити підведення високотемпературної, високоентальпійної гострої (енергетичної) пари в грійну камеру пароперегрівника рециркуляційної пари всередині корпуса установки ПКСЖ.
2. Здійснити відведення високотемпературного, високотискового конденсата енергетичної пари в спеціальний високотисковий конденсатний збірник, з якого потік конденсату направляється (через автоматизований регулюючий клапан (РК) для охолодження, внаслідок само-випаровування в окремий збірник-випарник, якому сформовано значно нижчий тиск..
3. Здійснити відведення пари само-випаровування конденсата енергетичної пари в заводський колектор «технологічної» пари. Рішення обгрутоване тим, що параметри пари само-вскипання (тиск і температура) мають бути ідентичними параметрам «технологічної» пари. Параметри пари само-вскипання набудуть числових значень параметрів «технологічної» пари «автоматично», внаслідок реалізації термодинамічного процесу самовипаровування.
4. Здійснити відкачування охолодженого (в результаті випарного охолодження) конденсату енергетичної пари спеціальним конденсатним насосом в деаератор, в якості складової живильної води для парогенераторів ТЕЦ.
5. Здійснити відведення вторинної пари, отримана в ПКСЖ, в результаті осушування жому, т.зв. «жомокислої пари», яка є вологою, випарену з жому, і являє собою насичену водяну пару з певним вмістом рідкої фази, і має певний рівень кислотності ( $\text{pH} < 7,0$ ) у спеціальний окремий заводський колектор «жомо-кислої» пари для подальшого використання в системі тепловикористання цукрового заводу.
6. Здійснити, з метою уникнення кислотної корозії обладнання, конденсацію «жомо-кислої» пари в обладнанні (в паропроводах, в колекторі, в теплообмінному обладнанні) із нержавіючої сталі.
7. Здійснити монтаж додаткової 1-ї ступені випаровування – 1Б корпусу ВУ із нержавіючої сталі.
8. Здійснити підведення «жомо-кислої» пари із відповідного заводського колектора в грійну камеру ново встановленого випарного апарата із нержавіючої сталі, 1Б корпусу.

9. Вивести з експлуатації бувший в експлуатації випарний апарат, який експлуатувався в режимі 1Б корпусу ВУ і обігрівався «технологічною» парою.
10. Об'єднати існуючий 1А і ново встановлений 1Б випарні апарати :
- по потоку соку на послідовну роботу. Сирий сік надходить в 1А випарний апарат, сгущений сік з 1А апарата за рахунок геометричного перепаду висот встановлення апаратів, перетікає в 1Б апарат.;
  - по потоку вторинної пари – на паралельну роботу. Обидва вторинні пари з 1А апарата і 1Б апарата зводяться в єдиний паропровід і надходять в грійні камери випарних апаратів 2-ї ступені випаровування ВУ.
  - по відведенню конденсату із грійних камер випарні апарати 1А і 1Б включені по роздільній схемі, а саме:
    - конденсат «технологічної» пари із грійної камери 1А корпусу – направ- ляється в існуючу систему відведення і використання теплоти конденсатів існуючої випарної установки;
    - конденсат «жомо-кислої» пари із грійної камери 1Б корпусу – направ- ляється в ново створену систему конденсатних збірників-випарників із нержавіючої сталі. Утворені пари самовипаровування з який об'єднуються з парами само випаровування існуючої системи утилізації теплоти парів самовипаровування. Вторинна пара самовипаровування зі збірників конде- сату жомокислої пари має нейстральну реакцію і тому направ- ляється по принципу «рівної температури і тиску» в існуючу систему парів само-випа- ровування конденсату «технологічної» пари.
11. Здійснити направлення в існуючий збірник «аміачного» конденсату охолоджений до температури вторинної пари 5-ї ступені ВУ конденсат «жомо-кислої» пари і використати його для додаткового нагрівання преддефекованого соку в існуючому (або ново встановленого з більшою поверхнею теплообміну) підігрівнику ППД-2.
- Здійснити направлення охолодженого до температури 67-70 °С потоку конденсату «жомо-кислої» пари, як додаткової складової живильної води для дифузії бурякової стружки, в дифузійну установку для забезпечення процесу дифузії.
- Як засвідчує теорія і практика реалізації процесу дифузії соку із бурякової стружки наявність певного (невисокого) рівня кислотності живильної води не погіршує показників роботи дифузійного апарату.

Принципова схема ув'язки потоків пари і конденсату установки ПКСЖ в систему тепловикористання цукрового заводу наведено на рис. 2.1.

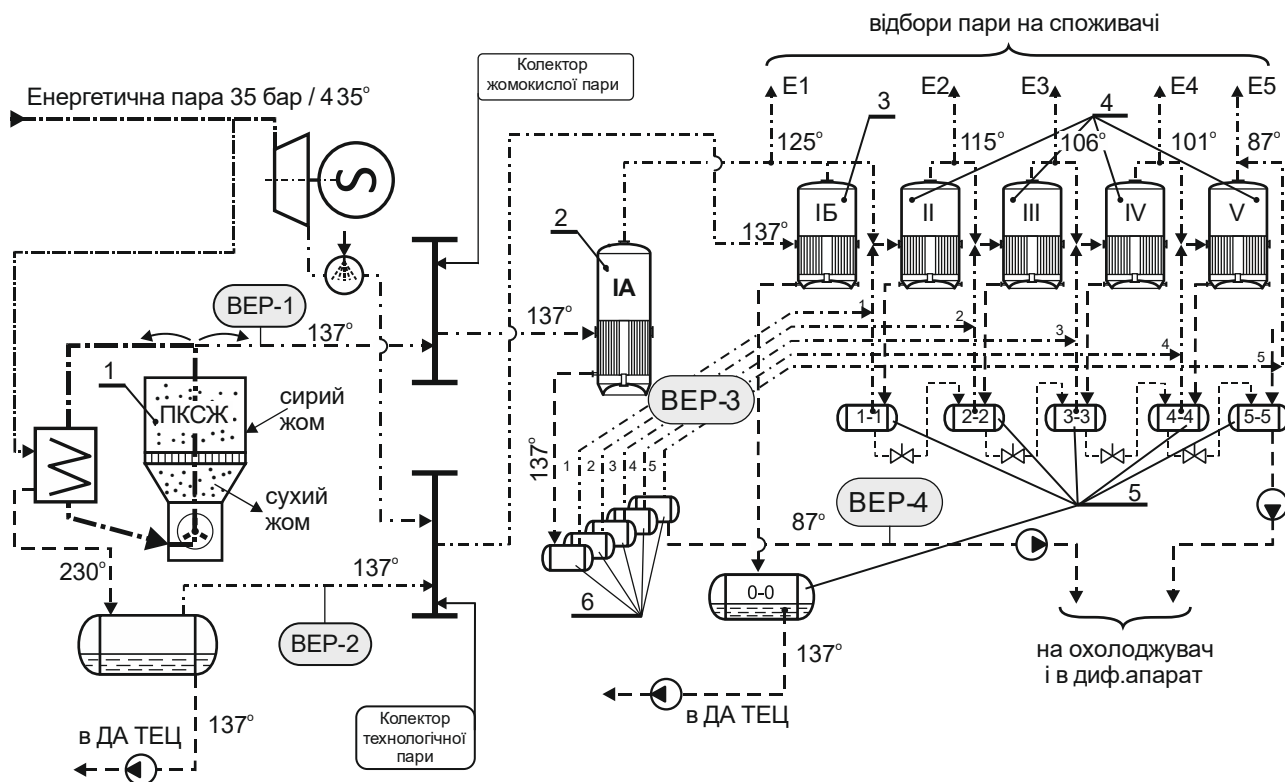


Рис. 2.1. Схема включення установки ПКСЖ в систему тепловикористання цукрового заводу.

### 2.5.3. Розрахункові параметри «модельного» цукрового заводу в режимі експлуатації «Після впровадження установки ПКСЖ».

Після впровадження установки ПКСЖ «модельний» цукровий завод має наступні експлуатаційні параметри і показники технологічної, енергетичної, теплотехнічної ефективності виробництва, табл. 2.2.

Таблиця 2.2.

#### Розрахункові параметри «модельного» цукрового заводу в режимі експлуатації «Після впровадження установки ПКСЖ».

№ з.п.	Найменування параметра	Од.виміру	
1	Продуктивність «модельного» ц/з з переробленого буряку	тонн буряка на добу	7000 / 291,7 т/год
2	Вироблено товарного цукру-піску		
3	Вироблено товарної меляси		
4	Вироблено сирого (6,5 %СР) жому після дифузії (80,0 % до маси буряка)		5600 / 233,3

5	Отримано жомопресової води (для повергнення в дифузійний апарат)	т/год	179,0
6	Вироблено пресованого (28 %СР) жому після пресування	т/год	54,3
7	Кількість випареної води в сушарці жому для висуш. жому від 28 %СР до 90,0 % СР.	т/год	37,5
8	Кількість сухого (90 %СР) жому на виході з сушильної установки (без врахування втрат жому)	<b>т/год</b>	<b>16,8</b>
9	Витрачено природного газу для сушіння жому в установці, що реалізує «газову» технологію	тис. м <sup>3</sup> газу / год	0,0
10	Сухі речовини сиропу з ВУ	%СР	62,0
11	Витрата пари на уварювання вакуум-апаратів 1-го продукту	% до м.бур / (т/год)	15,0 (43,7)
12	Надлишок конденсату «технологічної» пари в систему тепловикористання цукрового заводу	% до м.бур / (т/год)	51,5 / (150,0)
13	Коефіцієнт паропроодуктивності системи паровідборів ВУ	т вип.води / т технол. пари	2,25
14	Питома витрата «технологічної» пари	%	47,7
15	Годинаа\ витрата«технологічної» пари	т/год	135,2
16	Питома витрата теплової енергії	Мкал / (т буряка)	230,0
17	Витрата палива (природного газу) в ТЕЦ	тис.м <sup>3</sup> /доб	288,6
18	Сумарна витрата природного газу в ТЕЦ і в установці «газового» сушіння жому		370,2
19	Витрата гострої пари парових котлів	т/год	126,9
20	Витрата гострої пари на парові турбіни		108,9
21	Витрата гострої пари на РОУ «технологічної пари»		18,0
22	Втрати гострої пари		0,9
23	Витрата «технологічної пари» в систему тепло споживання цукрового заводу		139,2

24	Експлуатаційна потужність турбогенератора	кВт(е)	9100
25	Експлуатаційна електрична потужність системи власних потреб ТЕЦ	кВт(е)	1200
26	Експлуатаційна електрична потужність технологічних потреб цукрового заводу		10300
27	Експлуатаційна електрична потужність комплексу «газової» сушарки жому (Е/приводи: Вентилятора, димососа, елеватора, гранулятора, решта)	кВт(е)	0,0
28	Інформація: Питома витрата електроенергії на «газову» сушарку жому	кВт(е) / т буряка	3,6-5,6
29	Питома витрата умовного палива	% до маси буряка	5,15
30	Питома витрата природного газу	м <sup>3</sup> газу / т буряка	46,8

Як засвідчує аналіз отриманих результатів дослідження «модельний» цукровий завод в режимі «**Після** впровадження установки ПКСЖ» набуває інших експлуатаційних параметрів і показників енергетичної ефективності, а саме:

**Виробляє:**

- 300 тон цукру піску на добу (показник незмінний);
- 200 тонн меляси на добу(показник незмінний);
- 16,8 тонн сухого жому на добу. (показник незмінний);
- **9100** кВт(е) електричної енергії, в т.ч. 1200 на власні потреби ТЕЦ і 7900 на перероблення буряка. (показник зменшується);

**витрачає:**

- 310,1 тис.м<sup>3</sup> газу на добу (в т.ч. 310,1 на перероблення буряка) (показник зменшується);
- 139,2 т/год «технологічної» пари . (показник збільшується);

**споживає:**

1800 кВт(е) на енерготехнологічний комплекс «пароконтактної» сушарки жому.  
40,0 т/год енергетичної пари на установку ПКСЖ.

**Завод має наступні енергетичні показники ефективності перероблення буряку:**

263,9 Мкал/т буряку – питому витрату теплової енергії на перероблення буряку;  
(показник збільшується);

5,15 % до маси буряка – питому витрату умовного палива на перероблення буряку; (показник збільшується);

46,8 м<sup>3</sup> газу на тонну буряка - питому витрату природного газу на тонну перероблення буряку; (показник збільшується);

**Повні результати дослідження наведені в Додатку 3 і Додатку 4.**

#### **2.5.4. Науково-технічний аналіз результатів режиму експлуатації «Після впровадження установки ПКСЖ».**

Результати моделювання енерготехнологічного комплексу «ЗАВОД-ТЕЦ-ПКСЖ» у разі впровадження установки ПКСЖ (ВМА-3) продуктивністю 19,0 тонн сухого жому на добу засвідчили наступне:

Установка ПКСЖ в номінальному режимі експлуатації споживає 39,0 т/год енергетичної пари від парогенераторів ТЕЦ і генерує 41,0 т/год жомо-кислої водяної пари, ідентичної за теплотехнічними параметрами, технологічній парі, що використовується в системі паро споживання заводу та 39,0 т/год високо температурного (230 °С) конденсату енергетичної (гострої) пари;

Структура теплового балансу, тобто, всіх потоків теплової енергії енергоносів установки ПКСЖ, наведена на рис. 2.2.

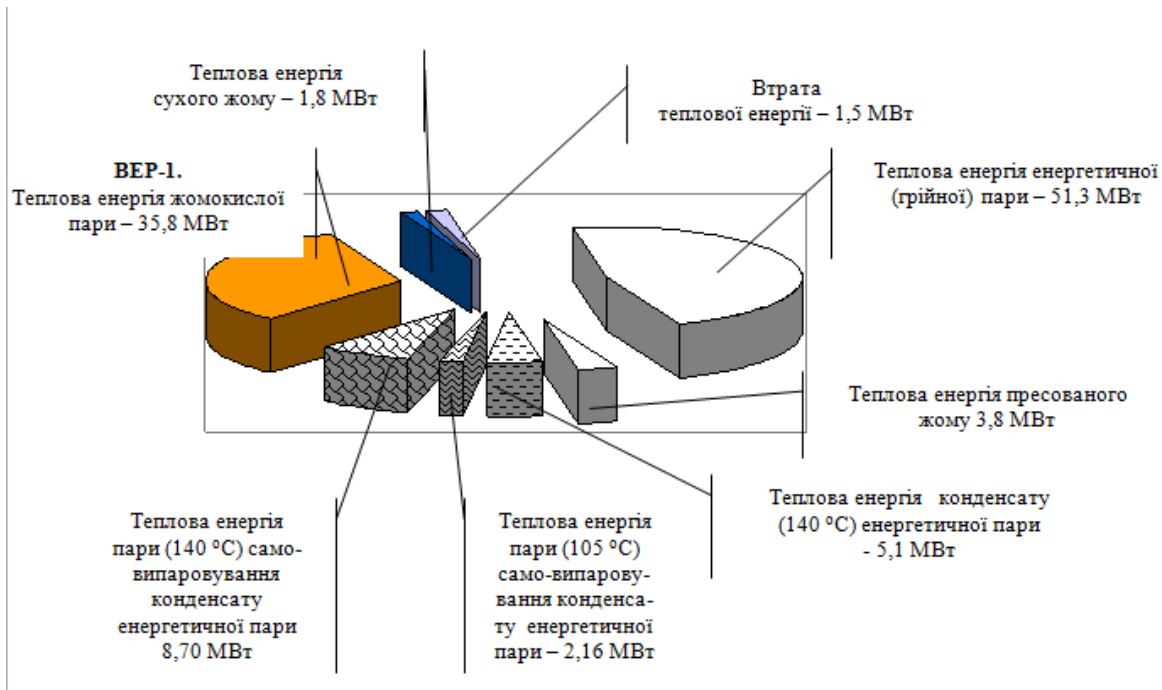


Рис. 2.2. Структура потоків теплової енергії установки ПКСЖ

Таким чином, установка ПКСЖ функціонально є не тільки сушильним агрегатом жому, а і генератором значних обсягів теплової енергії вторинних енергоресурсів.

Установка ПКСЖ, виконуючи основну функцію – сушіння жому, генерує (у вигляді ВЕР – вторинних енергоресурсів) **ЧОТИРИ** потоки теплової енергії, які мають бути утилізовані в тепловій схемі цукрового заводу:

1. **теплова енергія жомо кислотої пари** (47,2 т/год) в обсязі 35,8 МВт(т) з температурою 140 °С, що відповідає температурі технологічної пари.
2. **теплова енергія високотемпературної (140 °С) пари само випаровування конденсату енергетичної пари** в процесі його початкового випарного охолодження від 245 °С до 140 °С, що відповідає температурі технологічної пари, в обсязі 11,5 т/год (8,7 МВт(т)).
3. **теплова енергія низько температурної (105 °С) пари само випаровування конденсату енергетичної пари** в процесі його завершального випарного охолодження від 140 °С до 105 °С, що відповідає температурі деаерації живильної води, в обсязі 2,9 т/год (2,2 МВт(т)).

4. **теплова енергія охолодженого до 105 °С конденсату енергетичної пари** в процесі охолодження його до температури деаерації живильної води, в обсязі (41,5 т/год) 5,1 МВт(т).

Результати дослідження засвідчили, що:

**Не впливають** на ефективність існуючої тепло-технології цукрового заводу і не обумовлюють існуючу перевитрату теплової енергії і палива на виробництво цукру два (з чотирьох) потоків ВЕР ПКСЖ, а саме:

- потік жомо-кислої (137 °С) пари, що є випареною вологою жому, оскільки, будучи направленим в окремий колектор, функціонально ідентичний заводському колектору технологічної пари від парової турбіни. **не впливає** на систему відборів вторинної пари від корпусів ВУ і не зменшує її продуктивність;
- потік пари само випаровування (137 °С) високо-температурного конденсату енергетичної пари, теплота перегріву якої використана в процесі паро-контактного сушіння жому, **не впливає** на систему паровідборів ВУ і не зменшує її продуктивність, оскільки направлений в колектор технологічної пари заводу..

**Впливають** на ефективність існуючої тепло-технології цукрового заводу і обумовлюють існуючу перевитрату теплової енергії і палива на виробництво цукру наступні потоки ВЕР ПКСЖ, а саме:

- п'ять потоків низько-температурної (125 - 87) °С, пари само-випаровування конденсату жомо-кислої пари, оскільки направлені для використання своєї теплової енергії в існуючу систему паровідборів ВУ та систему парів само випаровування конденсатів технологічної пари ВУ, що зменшує її продуктивність;
- потік охолодженого (65 °С) конденсату жомо-кислої пари, оскільки двох-ступенево використовується, як теплоносій, для нагрівання сокового потоку, заміщуючи існуючий відбір вторинної пари відповідного корпусу ВУ, і як складова в структурі живильної води для дифузійної установки, зменшуючи існуючий відбір пари з ВУ на нагрівання барометричної води, що зменшує ефективність системи паровідборів ВУ та зменшує її паропроductивність.

Моделювання об'єкту дало можливість встановити «внесок» кожної складової ВЕР ПКСЖ на показники ефективності системи тепловикористання цукрового заводу.

За результатами моделювання енерготехнологічного комплексу «ЗАВОД – ТЕЦ – ПКСЖ», що підтверджені результатами експлуатації ПКСЖ з продуктивністю 50 % від номінальної в структурі Саливінківського цукрового заводу, встановлено структуру, обсяг і кількісний вплив прийнятої системою тепло споживання цукрового заводу теплової енергії вторинних енергоресурсів технології ПКСЖ.

В паро-конденсатний баланс ТЕЦ цукрового заводу надходить потік (39,0 т/год) високо-температурного конденсату енергетичної пари, що призводить до утворення **ТРЬОХ** надлишкових (для існуючої системи тепло споживання заводу) потоків теплової енергії, а саме:

- надлишкового потоку конденсату «технологічної» пари, який утворює в існуючій системі збірників-випарників 5-ть надлишкових потоків пари його само випаровування (на додаток до існуючих парів самовипаровування);
- надлишкового потоку охолодженого до температури вторинної пари 5-ї ступені випаровування ВУ конденсату, який додається до основного конденсату і використовується для нагрівання соку в підігрівнику ППД-2;
- надлишкового потоку охолодженого до температури, придатної для використання в дифузійному апараті, який додається до основного конденсату і використовується в структурі живильної води для дифузійного апарату, витісняючи (зменшуючи) подачу барометричної води і зменшуючи парове навантаження пароконтактного підігрівника барометричної води (ПКБВ)

Наслідком надходження вказаних потоків енергоносіїв в систему тепло споживання цукрового заводу є:

- **зменшення паропроductивності** системи відборів вторинної пари з корпусів випарної установки (ВУ), зниження кратності випаровування ВУ становить 5,5 % (від 2,36 до 2,23 т грійної пари/т випареної води);
- **зниження концентрації сиропу** з ВУ становить 7,6 %СР (від 66,0 до 58,4 % СР);
- **збільшення витрати пари** на виробництво становить 2,6 т/год (від 130,5 до 133,1 т/год);
- **збільшення питомої витрати палива** на перероблення буряку становить 7,8 % (від 1,02 до 1,1 ГДж/тону буряку);
- **перевитрата палива** (природ. газу) в ТЕЦ цукрового заводу становить 7,8 %.

Відповідно теорії і практиці експлуатації систем тепловикористання цукрових заводів, будь яка кількість теплової енергії, що надходить від стороннього джерела в систему, призводить до зменшення ефективності системи паровідборів ВУ і збільшення енергоємності цукрового виробництва, (Штангесв, 2015).

Впровадження технології ПКСЖ вносить в систему тепловикористання цукрового заводу значний обсяг теплової енергії свої вторинних енергоресурсів, що призводить в ній до наступних змін:

- **зменшується** на 55,9 т/год витрата енергетичної пари на парову турбіну, оскільки еквівалентна кількість енергетичної пари використовується, як теплоносій для ПКСЖ;
- **зменшується** на 47,2 т/год витрата відпрацьованої пари парової турбіни технологічних параметрів в заводський колектор технологічної пари, оскільки еквівалентна кількість жомокислої пари технологічних параметрів від ПКСЖ надходить в систему тепловикористання заводу.
- **направляється** в окремий (кислотостійкий) колектор технологічної пари, 47,2 т/год жомокислої пари технологічних параметрів.
- **зменшується** на 11,5 т/год витрата відпрацьованої пари парової турбіни технологічних параметрів в заводський колектор технологічної пари, оскільки еквівалентна кількість пари само випаровування енергетичного конденсату направляється в колектор технологічної пари заводу;
- **повертається** на 41,5 т/год менше зворотного конденсату технологічної пари від заводу в ТЕЦ, оскільки деаератори ТЕЦ отримують від ПКСЖ еквівалентну кількість охолодженого конденсату енергетичної пари.
- **створюється** надлишок теплової енергії конденсату технологічної пари, який направляється в систему тепловикористання заводу;
- **направляється** в систему тепловикористання заводу пара само випаровування з параметрами технологічної пари, утворена в результаті випарного охолодження високотемпературного (245 °С) конденсату енергетичної пари до 105 °С – температури деаерації живильної води парових котлів.

Зрештою, наведені вище фактори зменшують продуктивність ВУ заводу, зменшуючи кількість випареної води із сокового потоку, зменшують концентрацію сиропу з ВУ, збільшують витрату пари на вакуум-апарати 1-го продукту, збільшують витрату пари на ВУ і, зрештою, збільшують витрату теплової енергії і палива на перероблення буряку.

Технологія ПКСЖ генерує в систему паро споживання цукрового заводу потік високотемпературного (245 °С) конденсату енергетичної пари з грійної

камери пароперегрівника циркуляційної пари (поз.16), витратою 41,5 т/год, який після випарного охолодження (поз. 17) до температури 105 °С використовується, як складова частина живильної води для парових котлів, в деаераторах ТЕЦ (поз.10).

Наявність цього конденсату створює надлишок для ТЕЦ зворотного конденсату технологічної пари від заводу, що, в свою чергу, створює додаткове надходження конденсату технологічної пари з температурою 105 °С в систему тепловикористання заводу.

З метою уникнення перевитрат теплової енергії і палива служба енергоменеджменту цукрового заводу має збільшити паропродуктивність системи відборів пари зі ступенів ВУ реалізуючи те або інше технічне рішення, що існує в промисловості.

У разі реалізації такого рішення, паропродуктивність ВУ зросте до існуючого рівня, а показники ефективності системи споживання теплової енергії і витрата палива в ТЕЦ стануть відповідати рівню до впровадження ПКЖС.

## **2.6. Дослідження ефективності технічних рішень, що підвищують паропродуктивність системи паровідборів випарної установки цукрового заводу.**

Проведеним дослідженням доведено, що «ключовим» впливовим фактором, що спричиняє збільшення енергоємності виробництва цукру – є надходження в систему тепло-споживання цукрового заводу надлишкового конденсату «технологічної» пари, яка «витіснена» з балансу живильної води ТЕЦ потоком конденсату енергетичної пари від установки ПКЖС.

Вплив інших складових ВЕР, теплоти жомо-кислої пари, теплоти само випаровування «сприймається» існуючою системою автоматизованого регулювання заводу і не створює експлуатаційних проблем і не впливає на параметри заводу.

Оскільки виробництво сухого жому є для цукрового заводу супутнім виробництвом, то воно не має впливати на виробництво цукру, то цукровий завод має реалізувати таке технічне рішення за умови реалізації якого будь яке зменшення надходження «ключового» ВЕР ПКЖС не мало би впливати на паропродуктивності ВУ (теплової схеми) заводу.

Як засвідчив досвід експлуатації установки ПКЖС в умовах реального (Саливінківського) цукрового заводу установка ПКЖС може змінювати в часі свою продуктивність, а, відповідно, обсяги надходження надлишкового конденсату в систему тепловикористання заводу.

Причинами експлуатаційної нестабільності є:

- зменшення СР відпресованого жому;
- зменшення кількості відпресованого жому;

- нестачі електричної енергії;
- аварійні зупинки структурних елементів ПКСЖ.

Проведеним дослідженням виявлено, що проблема збільшення енергоємності перероблення буряку (вироблення цукру) в цукровому заводі внаслідок спільної експлуатації установки ПКСЖ і заводської системи тепло споживання ПОЛЯГАЄ у зменшенні паропроодуктивності системи паровідборів існуючої ВУ, яка проявляється у ефекті «НЕДО-випаровуванні» сокового потоку, що надходить у ВУ.

Для системи тепло споживання цукрового заводу існує кілька технічних рішень, реалізація яких гарантує уникнення «недовипаровування», а саме:

- «Здійснення виходу вторинної пари з останньої ступені випаровування випарної установки в конденсатор».
- «Застосування пароструминного компресора для стиснення вторинної пари 1-ї ступені випаровування до параметрів «технологічної» пари» .
- «Застосування механічного (з електроприводом) компресора для стиснення вторинної пари 1-ї ступені випаровування до вищих параметрів (тиску і температури) «технологічної» пари;
- «Перенесення споживачів вторинної пари в системі існуючої ВУ за принципом « $n$ » → « $n+1$ », тобто, ступінь випаровування з нижчим потенціалом вторинної пари;
- «Застосування автоматизованого регулювання перепуску «технологічної» пари у вторинну пару 1-ї ступеня ВУ за умови проектування системи паровідборів ВУ, яке передбачає експлуатаційне «перевипаровування» сокового потоку, який надходить у ВУ.

**Кожне з наведених технічних рішень вирішує проблему НЕДО-випаровування випарної установки, але має певні обмеження і умови для свого використання.**

Нижче, наведено технічну сутність наведених вище технічних рішень.

**Технічне рішення 1.** «Здійснення виходу вторинної пари з останньої ступені випаровування випарної установки в конденсатор».

Технічна сутність означеного технічного рішення достатньо проста і не потребує застосування складного теплотехнічного обладнання.

Прокладається транспортучий паропровід з регульовальним клапаном (засувкою) від останньої ступені випаровування в існуючий конденсатор заводу.

Реалізація цього рішення, вирішуючи проблему «недовипаровування», має негативні наслідки для системи тепло споживання заводу:

- уворюється втрата пари, що надходить в конденсатор, а, відповідно, втрата теплової енергії і перевитрата палива в ТЕЦ;
- знижується температура останньої ступені випаровування ВУ, наслідком чого є зниження наявного температурного напору теплопередачі на підігрівник переддефекованого соку (ППД-1);

- зменшується теплове навантаження підігрівника (ППД-1), що знижує паропродуктивність існуючої системи паровідборів ВУ і, за підсумком, збільшує перевитрату палива в ТЕЦ;

Наведене технічне рішення може бути застосовано для заводу, але за умови погодження зі службами енергоменеджменту заводу.

**Технічне рішення – 2.** «Застосування пароструминного компресора для стиснення вторинної пари 1-ї ступені випаровування до параметрів «технологічної» пари» .

Технічна сутність вказаного технічного рішення передбачає встановлення пароструминного компресора, що стискає вторинну пару 1-ї ступені випаровування до параметрів «технологічної» пари, і надходження її в грійну камеру 1-ї ступені випаровування.

Реалізація рішення передбачає наявність в системі ТЕЦ потоку «енергетичної» пари на редуційно-охолоджувальну установку, що генерує «технологічну» пару для заводу.

Наведене технічне рішення може бути застосовано для конкретного заводу, за умови погодження служб енергоменеджменту.

**Технічне рішення 3.** «Застосування механічного (з електроприводом) компресора для стиснення вторинної пари вакуум-апаратів продуктового відділення цукрового заводу до параметрів «технологічної» пари.

Технічна сутність вказаного технічного рішення передбачає встановлення механічного компресора, що стискає вторинну пару вакуум-апаратів продуктового відділення цукрового заводу до параметрів «технологічної» пари.

Вищенаведене технічне рішення потребує закупівлі значних обсягів електроенергії для електроприводу компресора.

Технічної можливості використання електроенергії власної генерації завод, що використовує установку ПКСЖ, не має. Оскільки експлуатація установки ПКСЖ зменшує і генерацію власної електроенергії на 2000 кВт(е), і додатково потребує 1800 кВт(е) електричної потужності від РЕС.

Наведене технічне рішення не може бути застосовано для конкретного заводу у зв'язку з відсутністю фінансової можливості закупівлі значних обсягів електроенергії від РЕС.

**Технічне рішення -4.** «Перенесення споживачів вторинної пари в системі існуючої ВУ за принципом «n» → «n+1», тобто, ступінь випаровування з нижчим потенціалом вторинної пари;

Технічна сутність цього рішення полягає у перенесення паровідборів на споживачі, що обігріваються паром високого потенціалу на паровідбір, що має нижчий потенціал (нижчий тиск і нижчу температуру).

Реалізація цього рішення має передбачати збільшення поверхні теплообміну споживача або певного збільшення коефіцієнту теплопередачі в конструкції

спживача, що скомпенсує зменшення наявного температурного напору теплопередачі для нього.

Наведене технічне рішення може бути застосовано для конкретного заводу, за умови погодження служби енергоменеджменту.

**Технічне рішення - 5.** «Застосування автоматизованого регулювання перепуску «технологічної» пари у вторинну пару 1-ї ступеня ВУ за умови проектування системи паровідборів ВУ, яке передбачає експлуатаційне «перевипаровування» сокового потоку, який надходить у ВУ.

Технічна сутність цього рішення АНАЛОГІЧНА попередньому технічному рішенню, але доповнена лінією автоматизованого регулювання перепуску «технологічної» пари у вторинну пару 1-ї ступені випаровування ВУ.

Реалізація автоматизованого перепуску дозволяє оперативно змінювати паропродуктивність системи паровідборів ВУ у випадку зменшення продуктивності установки ПКСЖ і зменшення надходження теплової енергії ВЕР в систему тепло споживання цукрового заводу.

Наведене технічне рішення може бути застосовано для конкретного заводу, за умови погодження служби енергоменеджменту.

Для науково-обґрунтованого вибору того або іншого варіанта реконструкції системи паровідборів для цукрового заводу, що реалізує пароконтактну технологію сушіння жому (ПКСЖ), автором роботи проведено дослідження ефективності двох (з чотирьох) вищезначених технічних рішень.

Дослідження ефективності кожного технічного рішення виконано із застосуванням математичного моделювання об'єкту – «модельного». цукрового заводу.

Результати дослідження наведені в таблиці 2.6.

**Таблиця 2.6.**

**Результати дослідження технічних рішень.**

№ з.п.	Назва параметра	Ум. Позн.	Початков. стан системи тепло-споживання	Система тепло спожив. з виходом пари на конденсатор	Система теплоспож з «перенесенням» паровідборів
	Недовипаровування ВУ	% до м.бур	8,2	Відсутнє	Відсутнє
1	Фактична концентрація сиропу з ВУ.	% СР	62,7	68,0	68,0
	Енергоощадна концентрація сиропу з ВУ		68,0		

	Витрата пари на вакуум-апарати 1-го продукта	% до м.бур	15,3	10,7	10,7
	Питома витрата теплової енергії	Мкал/т бур	252,0	240,3	230,5
	Питома (абсолютна) витрата пари	% до м.бур.	50,7	48,3	46,4
	Коефіцієнт паропроодуктивності ВУ		2,0	2,06	2,26

На рис. 2.5. наведено графічні залежності основних параметрів теплової схеми від технічного рішення з підвищення паропроодуктивності системи паровідборів ВУ.

Для всіх (2.5а; 2.5б; 2.5в) рисунків умовні позначення варіантів технічних рішень єдині:

- 1- В системі паровідборів відсутнє технічне рішення, що ліквідує проблему «недовипаровування»;
- 2- В системі паровідборів застосовано технічне рішення, технічна сутність якого полягає у виході вторинної пари з останньої ступені випаровування в конденсатор.
- 3- В системі паровідборів застосовано технічне рішення, технічна сутність якого полягає у перенесенні паровідборів ВУ за принципом «n» → «n+1».

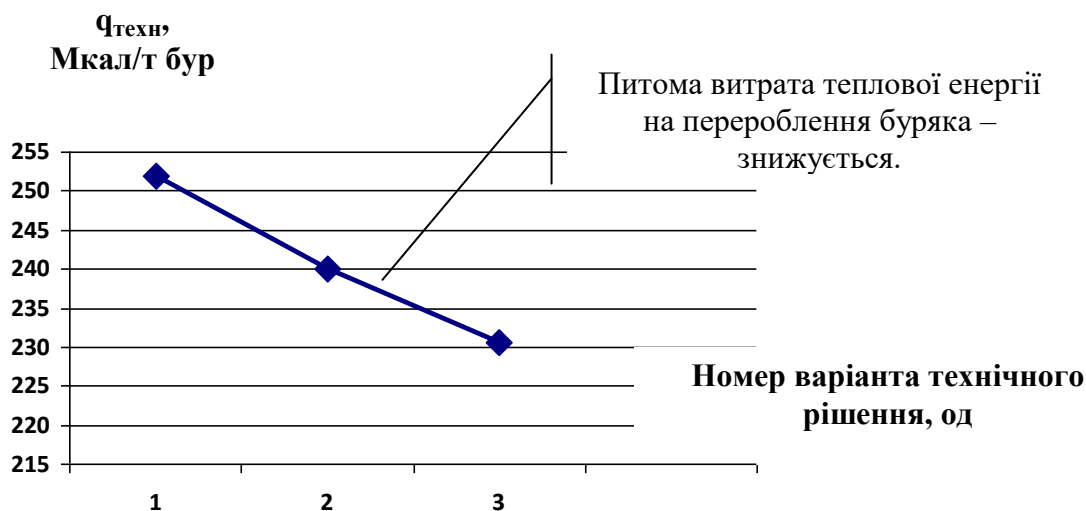


Рис. 2.5 а. Залежність питомої витрати теплової енергії на перероблення буряка (вироблення цукру) залежно від технічного рішення.

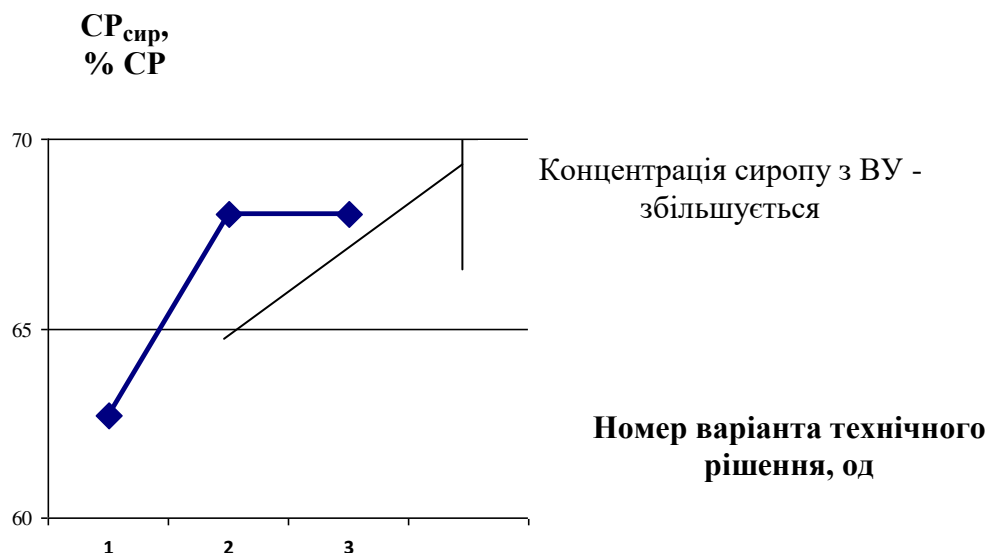


Рис. 2.5 б. Залежність концентрації сиропу з ВУ від технічного рішення з підвищення паропродуктивності за рахунок виходу пари на конденсатор..

$D_{\text{ВАА-1}},$   
% до м бур.

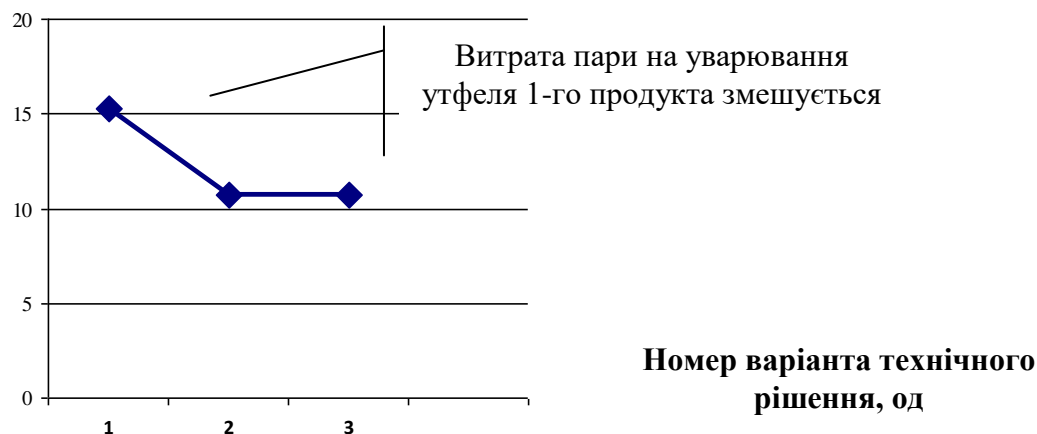


Рис. 2.5 в. Залежність витрати грійної пари на уварювання утфеля 1-го продукту залежно від технічного рішення.

Наведене технічне рішення може бути застосовано для конкретного заводу, за умови погодження служб енергоменеджменту та власників заводу.

Програмою кваліфікаційної роботи передбачено дослідження наслідків реалізації двох (з п'яти) технічних рішень, що вирішують проблему НЕДО-випаровування випарної установки цукрового заводу:

- Технічного рішення-1 «Виходом вторинної пари останньої ступені випаровування в конденсатор заводу» ;

- Технічного рішення-5 «Перенесенням відбору пари на вакуум-апарати 1-го продукту «на ступінь нижче» і реалізацією перпуску частини «технологічної» пари у вторинну пару 1-ї ступені випаровування випарної установки».

Результати дослідження наведені у Додатку 5.

Результати дослідження засвідчили – **Найефективнішим технічним рішенням для цукрового заводу, що реалізує пароконтактну технологію сушіння жому (установку ПКСЖ) є реконструкція випарної установки і її системи паровідборів, шляхом перенесення паровідбору на вакуум-апарати 1-го продукту по системі «на ступінь нижче», тобто по системі «n» → «n+1» із застосуванням автоматизованого перепуску «технологічної» пари у вторинну пару 1-ї ступені випаровування ВУ.**

«Механізм» роботи такої системи наступний:

- У разі **збільшення** продуктивності установки ПКСЖ і надходження в систему тепло споживання заводу більшої кількості «надлишкового» конденсату «технологічної» пари існуюча система паровідборів ВУ функціонально **зменшує** свою паропроодуктивність фактор НЕДОВипровування – зростає. У цьому разі автоматизований РК (регулюючий клапан) перепуску **має прикриватися, зменшуючи** величину перепуску пари і **збільшуючи** паропроодуктивність системи паровідборів випарної установки.
- У разі **зменшення** продуктивності установки ПКСЖ і надходження в систему тепло споживання заводу меншої кількості «надлишкового» конденсату «технологічної» пари, існуюча система паровідборів ВУ функціонально **збільшує** свою паропроодуктивність фактор НЕДОВипровування – зменшується. У цьому разі автоматизований РК (регулюючий клапан) перепуску **має відкриватися, збільшуючи** величину перепуску пари і **зменшуючи** паропроодуктивність системи паровідборів випарної установки.

Діаметр «перепускного» паропровода визначається за гідравлічним розрахунком, що передбачає врахування фактичного перепаду тисків між тиском «технологічної» пари і тиском вторинної пари 1-ї ступені випаровування і мінімізацію втрати тиску у паропроводі при повністю відкритому регулюючому клапані.

Принципова схема випарної установки заводу, спроектованої за теплотехнічним принципом пере випаровування і автоматизованого регулювання паропроодуктивності системи паровідборів, наведена на рис. 2.7.

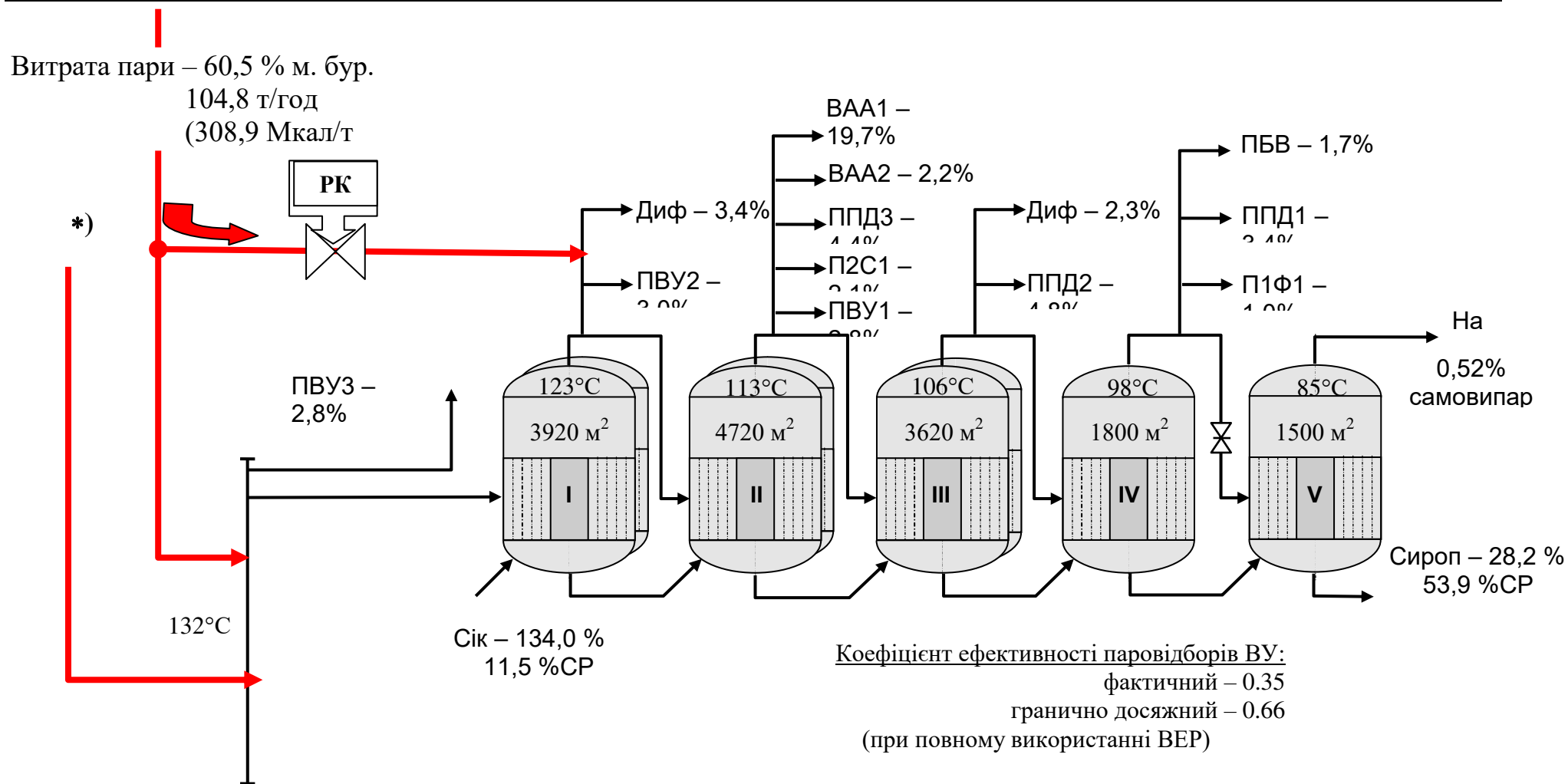


Рис. 2.7. Принципова схема системи паровідборів випарної установки (ВУ) цукрового заводу, створеної за принципом «перевипаровування» і регульованої паропродуктивності системи паровідборів ВУ.

## **2.7. Перспектива подальших досліджень проблеми впровадження установок ПКСЖ в систему тепло споживання цукрового заводу.**

Перспективою подальших досліджень проблеми впливу потоків енергоносіїв установки ПКСЖ на систему параметрів цукрового заводу є:

- техніко-економічне обґрунтування реалізації інших технічних рішень, що вирішують проблему НЕДО-випаровування випарної установки цукрового заводу;
- техніко-економічне обґрунтування доцільності використання в системі тепло споживання цукрового заводу використання теплової енергії ВЕР ПКСЖ – потоку охолодженого конденсату для нагрівання сокового потоку та для живлення дифузійного апарата;
- техніко-економічне обґрунтування інших систем конденсатного господарства цукрового заводу.

## ВИСНОВКИ

На базі:

- фактичних результатів експлуатації Саливінківського цукрового заводу, що впровадив в енерготехнологічну схему перероблення буряку на цукор установку пароконтактного сушіння жому (ПКСЖ), потужністю 19,5 т/ год сухого (89 %СР) жому;
- та математичного моделювання «модельного» комплексу «ЗАВОД-ТЕЦ-ПКСЖ»

встановлено негативний вплив на показники ефективності цукрового заводу надходження в завод теплової енергії вторинних енергоресурсів (ВЕР) ПКСЖ.

Впровадження ПКСЖ вносить в систему паро-споживання цукрового заводу ЧОТИРИ потоки ВЕР, серед яких визначальним є надлишкова кількість конденсату «технологічної» пари, яка утворена «витісненням» його з балансу живильної вроди ТЕЦ потоком конденсату енергетичної пари від ПКСЖ.

Надлишкова кількість ВЕР обумовлює зменшення паропродуктивності існуючої системи паровідборів ВУ, що призводить до збільшення енергоємності цукрового виробництва.

Запропоновано технічне рішення з реконструкції існуючої системи відборів пари з корпусів випарної установки заводу для уникнення негативного впливу впровадження ПКСЖ.

Рішення базується на принципі формування «ПЕРЕ-випаровування» ВУ, за рахунок «перенесення» відбору пари на вакуум-апарати 1-го продукту на обігрівання вторинною парою наступної ступені випаровування ВУ і застосуванням автоматизованого перепуску частини технологічної пари у вторинну пару першої ступені випаровування ВУ.

Виконані розрахунки цукрового заводу, що реалізує вказане технічне рішення, засвідчили, що очікувані показники енергоємності виробництва цукру зменшуються і відповідають рівню показників заводу, що не використовує установку ПКСЖ.

### Список використаної літератури.

1. Штангеев К.О. Сушка цукру та жому в бурякоцукровій галузі
2. Філаретова Т. Науково-технічне обґрунтування ефективного впровадження технології паро-контактного сушіння жому в систему енергопостачання цукрового заводу» .- Магістерська робота.- НУХТ.- 2024.-92 с.
3. Філоненко В.М. Ефективність пароконтактної сушарки жому в енергетичному комплексі «Цукровий завод – ТЕЦ» // Наукові праці НУХТ, 2024.- т.30, № 2.- С. 106 - 122 .-DOI 10.24263 / 2225 – 2924- 2024-30-2-10.
4. Філоненко В.М., Прядко М.О. Підвищення енергетичної ефективності пароконтактної технології сушіння жому в цукровому виробництві. В зб. Наукові праці «Теплова енергетика: Шляхи реновації та розвитку» ІТЕТ НАНУ, 2025.- С. 215-220. DOI 10/48126/conf20242024.
5. Філоненко В.М., Прядко М.О, Сторожук О.Т. . Аналіз впливу теплової енергії вторинних енергоресурсів пароконтактної технології сушіння жому на енергоефективність цукрового заводу Наукові праці НУХТ, **2025**,- т. 31.- № 3.- С.180-197. DOI: 10.24263/2225-2924-. 2025-3-13.
6. Jensen A. S. (1995). Industrial Experience in Pressurized Steam Drying of Beet Pulp, Sewage Sludge and Wood Chips.- *Drying Technology* Volume 13, - [Issue 5-7](#) P. 1377-1393.- <https://doi.org/10.1080/07373939508917028>

# ДОДАТКИ

## Додаток 1.

**Розрахункові параметри системи тепло-споживання  
«модельного» цукрового заводу – прототипу Саливінківського  
цукрового заводу.**

**Розрахунковий режим --> «До впровадження установки ПКСЖ»**

Таблиця вихідних параметрів:

7000	3	3	52	75	22	3.0	1.19	88	88	92	118
7000	118.0	30	28.0	58	68	40.0	55	70	30.0	65	
80.0	28.2	3.5	8.6	63.3	15.3	68.0	0	0	.0	.0	
4	2	23	6	5	6	4	3	7	3	3	2
7	1	0	18	8	6	11	13	0	6	3	5
0	3	22	3	3	13.1	2.6	1.3		1.0	.0	6.6
	0	22	3	3	0					.0	2700
	0	33	4	4						.0	2930
138.0		.0			131.4	122.0	111.8	102.2	91.0		
5	0		0		6000	6000	6000	3600	2120		
2		0	0		2	0	2	0	2	0	2
0		.00			4.36	4.36	4.36	3.50	3.50		
4	0		0		17	17	17	17	17		
			0		30	40	50	60	70		
0			0		0	3	4	0	0		
1.10	138	132	2		3			15	0	.0	

**Експлуатація ПКСЖ не здійснюється  
Фактичні СР сиропу із ВУ -> 68.3 %СР**

**ТАБЛИЦЯ ПАРОВІДБОРІВ ВИПАРНОЇ УСТАНОВКИ**

Витрата «технолог» пари – (ЕО) . Витрати вторинної пари 1-5 корпусів ВУ – (Е1-Е5).  
Одиниця виміру («%мсв»)

Найменш. спож.	ЕО	Е1	Е2	Е3	Е4	Е5
ПБВ	.0	.0	.0	.0	1.1	.0
ПЖПВ	.0	.0	1.1	.0	.0	.0
ДИФ1	.0	.0	1.8	.0	.0	.0
ДИФ2	.0	.0	.0	2.3	.0	.0
ПДС	.0	.0	.0	.0	.0	.0
ППД1	.0	.0	.0	.0	.0	2.0
ППД2	.0	.0	.0	.0	.0	.0
ППД3	.0	.0	.0	.0	2.8	.0
ППД4	.0	.0	.0	3.3	.0	.0
ППД5	.0	.0	.0	.0	.0	.0
ПП1Ф	.0	.0	.0	1.5	.0	.0
П2С1	.0	.0	.0	.7	.0	.0
П2С2	.0	.0	1.2	.0	.0	.0
ПВУ1	.0	.0	.0	2.0	.0	.0
ПВУ2	.0	.0	2.1	.0	.0	.0
ПВУ3	.0	2.1	.0	.0	.0	.0
ПВУ4	1.9	.0	.0	.0	.0	.0
НЕДО	3.5	.0	.0	.0	.0	.0
ПОДВ	.0	.0	.0	.0	.0	.0
ПГС	.0	.0	.0	1.2	.0	.0
СВСИ	.5	.0	.0	.0	.0	.0

СБПА	.8	.0	.0	.0	.0	.0
КЛЕР	.3	.0	.0	.0	.0	.0
СУШК	1.2	.0	.0	.0	.0	.0
ПРОП	1.0	.0	.0	.0	.0	.0
ВАА1	.0	.0	11.9	.0	.0	.0
ВАА2	.0	.0	.0	3.6	.0	.0
ВАА3	.0	.0	.0	2.2	.0	.0
<b>СУММА</b>	<b>9.15</b>	<b>2.08</b>	<b>18.09</b>	<b>16.80</b>	<b>3.86</b>	<b>2.00</b>

**Пари самовипаровування із збірників-випарників у систему паровідборів ВУ:**

«Техн» 0 1 2 3 4 5 Зв.конд.

.00	.00	.00	1.26	1.48	.00	.00	.58
-----	-----	-----	------	------	-----	-----	-----

**ПАРАМЕТРИ КОРПУСІВ "ВУ"**

КОРПУС N	ТИП (Код)	F (м2)	T гр/п (^C)	T вт/п (^C)	DT (o) (^C)	КО Вт/м2К	КО*fi Вт/м2К	Alf (кип) Вт/м2К
1	2	6000	138.0	131.4	6.8	1974	1895	3592
2	2	6000	130.9	122.0	9.2	1687	1477	2757
3	2	6000	121.5	111.8	9.8	952	835	1190
4	2	3600	111.3	102.2	8.9	428	374	463
5	2	2120	101.7	91.0	10.9	326	286	346

**Фактичні поверхні корпусів ВУ (м2)**

"0"	1	2	3	4	5	Питома
0	6000	6000	6000	3600	2120	3.39

**Факт. паровідбори з корпусів ВУ (% м.бур)**

Рет	1	2	3	4	5	Всього
9.1	2.1	17.5	15.5	2.4	2.0	48.7

**"СР" СОКУ/СИРОПУ ПО КОРПУСАМ ВУ (%СР)**

Сок	0	1	2	3	4	5	Сироп (ВД)
15.3	.0	21.7	36.5	56.9	64.1	68.6	68.3

**Надлишок конденсату «технологічної» пари в систему пароспоживання заводу:**

31.0	31.0
------	------

**Факт витрата «технолог» пари на 1 корп ВУ: (%м.бур)**

40.7	40.7
------	------

**Ефективність системи паровідборів ВУ (т исп води/т греюч пара)**

2.39
------

**Всього НА ЗАВОД: ПАРА (%м.бур)/ТЕПЛОВА ЕНЕРГІЯ, (Мкал/т бур)**

46.4	230.5
------	-------

|| D (відпр пара) = 135.2 тонн/час ||  
|| Q (тепл енерг) = 230.5 Мкал/тсв ||

**ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПАРАМЕТРИ  
ТЕЦ «МОДЕЛЬНОГО» ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ.  
Розрахунковий режим --> «До впровадження установки ПКСЖ»**

Таблиця вихідних параметрів:

7000	138.0	.0	.0	.0	.0	.0	230.2	103
11500	0	.760	.975	.980	1200	0	0	0
0	0	0 0 0	0	0 0 0	0	0	.00	0 1
5	-20	0	0	1	111	0	0	3.0
0 0	0 0	5 5	0	1	1115	1115	2697	1.5 1.5
0 0	0 0	5	0	1	0	1.00	2700	3304
0	0 0 0	20	20	0	1	0	1.00	2694
0	0 0	111	0	1	0	1.00	2760	0 0
-----								
0	0	0	100	1.370	.800	1.140	.0	.0
0	0	100	60	0	8.0	.20	25	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1.15	.920	.000	1.050	.978	
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0		35.3	248.7					

РЕЖИМ "ТГ" ТЭЦ --&gt; ІЗОЛЬОВАНО ВІД РЕС

Відпрацьований пар турбіни охолоджується в ОУ

ЗВОРОТНІЙ КОНД: ПРИХІД- 230.2 т/ч, НЕОБХ- 136.7 т/ч, надлишок- 93.5 т/ч

Топливо ГАЗ

(ВИТРАТИ --&gt; "т/ч", Електр(Тепл) Енергія --&gt; "кВт")

## ПО ТУРБОУСТАНОВЦІ

W(ген)	=	11500	- Сумарна факт навантаженість турбогенераторів
W(сист)	=	0	- Баланс ТЭЦ-ЛЭП: (-) -прийом, (+) -відпуск
D(от)	=	108.9	- Загальні витрати гострого пара на турбіні
d(уд)	=	9.47	- Удельн расход пара на турб (кг/кВтч)
D(атм)	=	.00	- Вихлоп відпрацьованого пара в атмосферу
D(оу)	=	118.2	- Розхід відпрацьованого пара після ОУ
G(оу)	=	9.31	- Розхід охолодженої води на ОУ
G(оуд)	=	.00	- Дренаж охолодженої води из ОУ
J(оу)	=	1.09	- Коенф збільшення витрат пару в ОУ

## ПО РОУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОТРЕБ

D(роу)	=	22.8	- Розхід пара из РОУ технологічної
D(роуо)	=	18.0	- Розхід гострого пара на РОУ
G(роу)	=	4.79	- Розхід охолодж води на РОУ
G(роуд)	=	.00	- Дренаж из РОУ
J(роу)	=	1.27	- Коенф збільшення розходу пара в РОУ

## ПО БЕЗПЕРЕРВНІЙ ПРОДУВЦІ

G(прод)	=	1.90	- Розхід продувочної води із котлов
D(рнп)	=	.54	- Пар самовскипаня із РНП
G(продд)	=	1.36	- Остаточна продувочна вода із РНП
Q(прод)	=	589.5	- Теплота продувочної води із котлів

## ПО ДЕАЕРАЦ-ПИТАЛЬНОМУ ВІДДІЛЕННІ

G(хв) = 3.0  
 G(ок\_з) = 230.2  
 G(ок\_п) = 136.7  
 T(ок) = 103  
 B(ок) = .99  
 G(пв) = 142.9  
 D(вып) = .36  
 Q(овып) = .0  
 D(да) = 3.10

## ПО КОТЛОАГРЕГАТАМ

D(пг) = 126.9  
 D(пот) = .0  
 D(пп) = 126.9  
 G(пг) = 128.8  
 D(нп) = .0  
 D(кф) = .0

d(испар) = 10.55 - Испарит топлива, т остр пара/тыс м3 газа

## ПОКАЗНИКИ ЭФЕКТИВНОСТІ КОМПЛЕКСА "ТЕЦ-ЗАВОД"

РОЗХІД ПАРА: НА ЗАВОД/ ТЕХНОЛОГІЧ/ ИЗ КОТЛІВ  
 (т/час)

138.0	141.0	126.9
-------	-------	-------

РОЗХІД ГОСТРОГО ПАРА НА: ТУРБІН, РОУ Т/П, РОУ С/Н  
 (т/час)

108.9	18.0	.0
-------	------	----

ЕЛЕКТР НАВАНТАЖЕННЯ:

11500	1200	0
-------	------	---

Установленная мощн "ГЕН" / Коэф "Мах/Srd

6000	1.08
------	------

Доля власних потреб ТЕЦ и приому/відпуску РЕС

10.4 %	.0 %
--------	------

ЕЛЕКТР НАВАНТАЖ: ЗАВОД, ОТОП, ПРОЧ, ПОСТ  
 (кВт)

10295	0	0	0
-------	---	---	---

ВІДПУСК ТЕПЛОТИ ОТ ТЕЦ: ВСЕГО / втч. ВЭР  
 (кВт)

87167.	0
--------	---

ВТРАТИ ТЕПЛА В СИСТЕМІ ТЕЦ, (кВт):  
 Всього/ Вина ТЕЦ/ Вина завода

2762	2655	107
------	------	-----

РОЗХІД ПАЛИВА НА ПЕРЕРОБКУ БУРЯКУ

(тм3/сут)

288.6	4.70 %
-------	--------

РОЗХІД ПАЛИВА ТЕЦ

288.6	12.02	.00	.00	13.7
тысм3 газ/сут	тыс м3/ч	т маз/ч	т уг/ч	т уг/ч

КПД ТЕЦ по відуску:

Тепла (%) / Ел.енергії (%)

88.2	79.3
------	------

Удельн витрати на переробку буряка

Тепла (Мкал/тсв) / Ел.енергії (кВт.ч/тсв)

248.7	35.3
-------	------

Удельн витрати палива на відпуск:

Тепла (кгут/Гкал) / Ел.енергії (гут/кВтч)

162.1	155.0
-------	-------

-----  
ОБЪЕД УД РАСХОД ТОПЛИВА НА ПЕРЕРОБ БУРЯКА

(без палива на изв/газ печ)

% св

4.58
------

## Додаток 3.

**Розрахункові параметри системи тепло-споживання  
«модельного» цукрового заводу – прототипу Саливінківського  
цукрового заводу.**

**Розрахунковий режим --> «Після впровадження установки ПКСЖ»**

Таблиця вихідних даних:

7000	3	3	52	75	22	3.0	1.19	88	88	92	118													
7000	118.0	30	28.0	58	68	40.0	55	70	30.0	65														
80.0	31.0	3.5	8.6	63.3	15.3	62.0	0	0	.0	.0														
4	2	23	6	5	6	3	3	7	2	3	2	3	2	1	0	7	3	0	0	0	0	0	0	7
7	1	0	18	8	6	11	13	0	6	3	5	9	9	9	8	15	20							
0	3	22	3	3	15.0	2.6	1.3					1.0	.0	6.6										
	1	22	3	3	0									.0	2700									
	0	33	4	4										.0	2930									
138.0		.0			131.6	122.0	113.2	106.8	97.0															
5	0		0		6000	6000	6000	3600	2120															
2		0	0		2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0								
0		.00			4.36	4.36	4.36	3.50	3.50															
1	1		0		17	17	17	17	17															
			0		30	40	50	60	70															
0			0		0	3	4	0	0															
.70	138	132	2		3			15	0	.0														

**Експлуатація ПКСЖ здійснюється**

Фактичні СР сиропу із ВУ -> 62.0 %СР (нижчі за регламентні 68 %СР)

**ТАБЛИЦЯ ПАРОВІДБОРІВ ВИПАРНОЇ УСТАНОВКИ**

Наименов	Е0	Е1	Е2	Е3	Е4	Е5
ПЕВ	.0	.0	.0	.0	1.1	.0
ПЖПВ	.0	.0	1.1	.0	.0	.0
ДИФ1	.0	.0	1.8	.0	.0	.0
ДИФ2	.0	.0	.0	2.3	.0	.0
ПДС	.0	.0	.0	.0	.0	.0
ППД1	.0	.0	.0	.0	.0	2.0
ППД2	.0	.0	.0	.0	.0	.0
ППД3	.0	.0	.0	2.8	.0	.0
ППД4	.0	.0	.0	3.3	.0	.0
ППД5	.0	.0	.0	.0	.0	.0
ПП1Ф	.0	.0	1.5	.0	.0	.0
П2С1	.0	.0	.0	.7	.0	.0
П2С2	.0	.0	1.2	.0	.0	.0
ПВУ1	.0	.0	.0	2.0	.0	.0
ПВУ2	.0	.0	2.1	.0	.0	.0
ПВУ3	.0	2.1	.0	.0	.0	.0
ПВУ4	1.9	.0	.0	.0	.0	.0
НЕДО	3.5	.0	.0	.0	.0	.0
ПОДВ	.0	.0	.0	.0	.0	.0
ПГС	.0	.0	.0	1.3	.0	.0
СВСИ	.5	.0	.0	.0	.0	.0
СВПА	.8	.0	.0	.0	.0	.0
КЛЕР	.3	.0	.0	.0	.0	.0
СУШК	1.2	.0	.0	.0	.0	.0

ПРОП	1.0	.0	.0	.0	.0	.0
ВАА1	.0	.0	15.0	.0	.0	.0
ВАА2	.0	.0	.0	2.6	.0	.0
ВАА3	.0	.0	.0	1.3	.0	.0
СУММА	9.15	2.08	22.65	16.31	1.07	2.00

Пари само-випаровування із збірників-випарників у систему паровідборів ВУ:

Рет	0	1	2	3	4	5	Звор. Конд.	
	.00	.00	.00	1.44	1.20	.00	.00	.97

ПАРАМЕТРИ КОРПУСІВ "ВУ"								
КОРПУС N	ТИП (Код)	F (м2)	T гр/п (^C)	T вт/п (^C)	DT(о) (^C)	КО Вт/м2К	КО*fi Вт/м2К	Alf(кип) Вт/м2К
1	2	6000	138.0	131.6	7.2	1947	1870	3480
2	2	6000	131.1	122.0	9.0	1685	1441	2762
3	2	6000	121.5	113.2	9.5	859	785	1039
4	2	3600	112.7	106.8	6.1	294	262	308
5	2	2120	106.3	97.0	8.2	411	360	443

Фактичні поверхні корпусів ВУ (м2)

"0"	1	2	3	4	5	Удельн
0	6000	6000	6000	3600	2120	3.39

Факт. паровідбори із корпусів ВУ (% м.бур)

Рет	1	2	3	4	5	Всього
9.1	2.1	21.7	14.9	.0	2.0	49.8

"СР" СОКУ/СИРОПУ ПО КОРПУСАМ ВУ (%СР)

Сок	0	1	2	3	4	5	Сироп (ИД)
15.3	.0	22.0	38.5	56.5	59.0	62.8	62.0

Надлишок конд «технологі» пари в систему тепло споживання заводу

51.5	51.5
------	------

Факт расх пара на 1 корп ВУ: Всего/втч Технол (%мсв)

42.1	42.1
------	------

Ефективність системи паровідборів ВУ (т исп води/т греюч пара)

2.25
------

ВСЬОГО НА ЗАВОД: ПАРА (% м.бур)/ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ (Мкал/т буряка)

47.7	263.9
------	-------

D (відпр пара) = 139.2 тонн/час
Q (тепл енерг) = 263.9 Мкал/тсв

**ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПАРАМЕТРИ  
ТЕЦ «МОДЕЛЬНОГО» ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ**

**Розрахунковий режим --> «Після впровадження установки ПКСЖ»**

Таблиця вхідних даних:

7000	103.4	.0	.0	.0	40.0	.0	242.1	103
9100	0	.760	.975	.980	1200	0	0	1800
0	0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0	0	.00	0 1
5	-20	0	0	1	111	0	0	3.0
0 0	0 0	5 5	0	1 1115	1115	2697	1.5 1.5	135
0 0	0 0	5	0	1 0	1.00	2700		3304
0	0 0 0	20 20	0	1 0	1.00	2694	0 0	0 2800
0	0 0	111	0	1 0	1.00	2760	0 0	0 2765
-----								
0	0	0 100	1.370	.800	1.140	.0	.0	
	0 100	60	0	8.0	.20 25	0	100	
0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0	
0	0 0 0	0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0	
0	0 0 0	0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	.000	
0	0	0	1.15	.920	.000	1.050	.978	
0	0	0	0	0	0	0	0	
0		35.3	284.0					

РЕЖИМ "ТГ" ТЭЦ ----> В ПАРАЛЕЛЬ З РЕС

**ПАРАМЕТРИ ВНУТРІШНЬОСТАНЦІЙНИХ СИСТЕМ**

(ВИТРАТИ --> "т/ч", Електр(Тепл) Енергія --> "кВт")

-----  
ПО ТУРБОУСТАНОВЦІ

W(ген) = 9100  
W(сист) = -4195  
D(от) = 86.1  
d(уд) = 9.47

D(атм) = .00  
D(оу) = 93.5  
G(оу) = 7.37  
G(оуд) = .00  
J(оу) = 1.09

-----  
ПО РОУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОТРЕБ

D(роу) = 13.0 - Витрати пара из РОУ технологічної  
D(роуо) = 10.2 - Витрати гострого пара на РОУ  
G(роу) = 2.72 - Витрати охолодж води на РОУ  
G(роуд) = .00 - Дренаж из РОУ  
J(роу) = 1.27 - Коенф збільшення витрат пара в РОУ

-----  
ПО РУ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ ТЕЦ

D(руск) = .0 - Витрати пара из РУ власних потреб

-----  
ПО БЕЗПЕРЕРВНІЙ ПРОДУВЦІ

G(прод) = 2.05 - Витрати продувочної води із котлів  
D(рнп) = .58 - Пар самозакіпання із РНП  
G(продд) = 1.46 - продувочна вода із РНП  
Q(прод) = 633.6 - Тепло продувочної води із котлів

-----  
 ПО ДЕАЕРАЦ-СПОЖИВАЮЧОМУ ВІДДЛЕННЮ

G(хв) = 3.0  
 G(ок\_з) = 242.1  
 G(ок\_п) = 142.  
 T(ок) = 103  
 B(ок) = 1.38  
 G(пв) = 148.5  
 D(вып) = .37  
 D(да) = 3.17

-----  
 П О К О Т Л О А Г Р Е Г А Т А М

D(пг) = 136.4  
 D(пот) = .0  
 D(пп) = 136.4  
 G(пг) = 138.4  
 D(нп) = .0  
 D(кф) = .0

-----  
 d(испар) = 10.55

**ПОКАЗНИКИ ЭФЕКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСА "ТЭЦ-ЗАВОД"**

ВИТРАТИ ПАРУ: НА ЗАВОД/ ТЕХНОЛОГІЧ/ ІЗ КОТЛОВ  
 (т/час)

103.4	106.5	136.4
-------	-------	-------

ВИТРАТИ ПАРУ

(т/час)

40.0	.0
------	----

-----  
 ВИТРАТИ ГОСТРОГО ПАРА НА: ТУРБИН, РОУ Т/П, РОУ С/Н  
 (т/час)

86.1	10.2	.0
------	------	----

ЕЛЕКТР НАГРУЗКА: "ГЕН", С/НУЖД, ТР-Р/РЭС  
 (+) Отпуск; (-) Прием (кВт)

9100	1200	-4195
------	------	-------

Установленная мощн "ГЕН" / Коэф "Max/Srd

6000	1.08
------	------

**TG ТЕС "ПРИЙМАЄ" -4195 kWt ВІД РЕС**

Доля власних потреб ТЕЦ прийома/відпуску РЕС

13.2 %	46.1 %
--------	--------

ЕЛЕКТР НАГРУЗКА: ЗАВОД, ОТОП, ПРОЧ, ПОСТ  
 (кВт)

10295	0	0	1800
-------	---	---	------

ВІДПУСК ТЕПЛА ВІД ТЕЦ: ВСЬОГО /

(кВт)

97290.	0
--------	---

ВТРАТИ ТЕПЛА В СИСТЕМІ ТЕЦ, (кВт):  
 ВсЬОго/ Вина ТЭЦ/ Вина заводу

2961	2846	115
------	------	-----

## ПОСТОРОН. ВИТРАТИ ПАЛИВА В ТЕЦ

(тм3/сут	.00	5.89	.00
----------	-----	------	-----

## ПОСТОРОН.СОСТАВЛ РОЗХІД ПАЛИВА В ТЕЦ

на Отопл/ на ГВС/ на Стор Потр

(тм3/сут	.00	.00	92.94
----------	-----	-----	-------

Із Технол/ Із РОУ СН/ Із насич пара

(тм3/сут	.00	.00	.00
----------	-----	-----	-----

## ВСЬОГО РОЗХІД ПАЛИВА НА СПОЖИВАННЯ

(тм3/сут)	98.83
-----------	-------

## ВИТРАТИ ПАЛИВА НА ПЕРЕРОВКУ БУРЯКУ

(тм3/сут)	211.3	3.44 %
-----------	-------	--------

## ВИТРАТИ ПАЛИВА ТЕЦ

310.1 тысм3 газ/сут	12.92 тыс м3/ч	.00 т маз/ч	.00 т уг/ч	14.7 т уг/ч
------------------------	-------------------	----------------	---------------	----------------

## Факт витрати ГАЗУ на виробництво і відпуск:

Тепло (т.м3/сут) / Ел.енерг (т.м3/сут)	284.30	25.83
--	--------	-------

## КПД ТЕЦ по відпуску:

Тепло (%) / Ел.енергії (%)	88.3	79.2
----------------------------	------	------

## Переробка буряку :

Тепло (Мкал/тсв) / Ел.енергії (кВт.ч/тсв)	284.0	35.3
---	-------	------

## Удельн расход усл. топлива на отпуск:

Тепло (кгут/Гкал) / Ел.енергії (гут/кВтч)	161.9	155.3
---	-------	-------

## ОБЪЕД УД РАСХОД ТОПЛИВА НА ПЕРЕРАБ СВЕКЛЫ

(без палива на изв/газ печ) % св

5.15

**СПІВСТАВЛЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ,  
ЩО ЛІКВІДУЮТЬ «НЕДО-ВИПАРОВУВАННЯ» ВУ.**

Об'єкт – «модельний» цукровий завод без впровадження установки ПКСЖ.

Розрахункові параметри систем тепло-споживання цукрового заводу з  
реалізацією різних технічних рішень підвищення паропродуктивності  
системи паровідборів ВУ.

**а. Режим --> «з не ефективною системою  
паровідборів випарної установки»**

Таблиця вихідних параметрів:

7000	3	3	52	75	22	3.0	1.19	88	88	92	118															
7000	118.0	30	28.0	58	68	40.0	55	70	30.0	65																
80.0	31.0	3.5	8.6	63.3	15.3	62.0	0	0	.0	.0																
4	2	23	6	5	6	4	3	7	3	3	2	3	2	1	0	7	3	2	2	0	0	1	0	7		
7	1	0	18	8	6	11	13	0	6	3	5	9	9	9	8	15	20									
0	3	11	3	3	15.5	2.8	1.3					1.0	.0	6.6												
0	11	3	3	0										.0	2700											
0	22	4	4											.0	2930											
138.0	.0				130.4	123.0	114.2	106.0	96.4																	
5	0				6000	6000	6000	3600	2120																	
2		0	0		2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0										
0		.00			4.36	4.36	4.36	3.50	3.50																	
1	1				17	17	17	17	17																	
					30	40	50	60	70																	
0					0	3	4	0	0																	
1.10	138	132	2		3			15	0	.0																

**ТАБЛИЦЯ ПАРОВІДБОРІВ ВИПАРНОЇ УСТАНОВКИ**

Назва	Е0	Е1	Е2	Е3	Е4	Е5
ПБВ	.0	.0	.0	.0	1.1	.0
ПЖПВ	.0	.0	1.1	.0	.0	.0
ДИФ1	.0	.0	1.8	.0	.0	.0
ДИФ2	.0	.0	.0	2.3	.0	.0
ПДС	.0	.0	.0	.0	.0	.0
ППД1	.0	.0	.0	.0	.0	2.0
ППД2	.0	.0	.0	.0	.0	.0
ППД3	.0	.0	.0	.0	2.8	.0
ППД4	.0	.0	.0	3.3	.0	.0
ППД5	.0	.0	.0	.0	.0	.0
ПП1Ф	.0	.0	.0	1.5	.0	.0
П2С1	.0	.0	.0	.7	.0	.0
П2С2	.0	.0	1.2	.0	.0	.0
ПВУ1	.0	.0	.0	2.0	.0	.0
ПВУ2	.0	.0	2.1	.0	.0	.0
ПВУ3	.0	2.1	.0	.0	.0	.0

ПВУ4	1.9	.0	.0	.0	.0	.0
НЕДО	3.5	.0	.0	.0	.0	.0
ПОДВ	.0	.0	.0	.0	.0	.0
ПГС	.0	.0	.0	1.3	.0	.0
СВСИ	.0	.0	.5	.0	.0	.0
СВПА	.0	.0	.8	.0	.0	.0
КЛЕР	.3	.0	.0	.0	.0	.0
СУШК	1.2	.0	.0	.0	.0	.0
ПРОП	.0	1.0	.0	.0	.0	.0
ВАА1	.0	15.3	.0	.0	.0	.0
ВАА2	.0	.0	.0	3.6	.0	.0
ВАА3	.0	.0	.0	2.2	.0	.0
СУММА	6.85	18.42	7.48	16.90	3.86	2.00

Фактичні СР сиропу із ВУ -> 62.0 %СР (Нижчі за регламентні 68 %СР)

ПАРАМЕТРИ КОРПУСІВ "ВУ"								
КОРПУС N	ТИП (Код)	F (м2)	T гр/п (^C)	T вт/п (^C)	DT(о) (^C)	КО Вт/м2К	КО*fi Вт/м2К	Alf(кип) Вт/м2К
1	2	6000	138.0	130.4	7.9	2017	1899	3831
2	2	6000	129.9	123.0	7.2	1547	1434	2333
3	2	6000	122.5	114.2	8.7	1092	965	1418
4	2	3600	113.7	106.0	7.7	521	455	574
5	2	2120	105.5	96.4	8.7	395	347	425

Факт. Паровідбори із корпусів ВУ (% мсв)

Рет	1	2	3	4	5	Всього
6.8	18.4	6.8	15.8	2.6	2.0	52.5

Випарена вода по корпусам ВУ (% мсв)

"0"	1	2	3	4	5	Всього
.0	43.5	25.9	19.4	4.0	2.0	94.9

"СВ" СОКУ/СИРОПУ ПО КОРПУСАМ ВУ (%СВ)

Сок	0	1	2	3	4	5	Сироп (ИД)
15.3	.0	23.4	34.3	52.4	58.9	62.7	62.0

Факт розх пара на 1 корп ВУ: Всього/втч Технол (%мсв)

47.3	47.3
------	------

Ефективність системи поровідборів ВУ (т исп води/т греюч пара)

2.00
------

ВСЕГО НА ЗАВОД: ПАРА (%мсв)/ТЕПЛО (Мкал/тсв)

50.7	252.0
------	-------

"ІД" ДЛЯ ПРОГРАМИ "ТЕС\_ "

D	=	.0 тонн/час
D	=	147.8 тонн/час
Q	=	252.0 Мкал/тсв

A	-->	7000 тсв/сут
G	=	278.9 т/час
T	=	138 ^С
P	=	3.43 ата

**в. Розрахунковий режим --> «З відбором вторинної пари останньої ступені випаровання в конденсатор заводу».**

Таблиця ВИХІДНИХ ПАРАМЕТРІВ:

7000	3	3	52	75	22	3.0	1.19	88	88	92	118
7000	118.0	30	28.0	58	68	40.0	55	70	30.0	65	
80.0	28.2	3.5	8.6	63.3	15.3	68.0	0	0	.0	.0	
4	2	23	6	5	6	4	3	7	3	3	2
3	2	1	0	7	3	2	2	1	0	7	3
7	1	0	18	8	6	11	13	0	6	3	5
9	9	9	8	15	20						
0	3	11	3	3	10.7	2.8	1.3	1.0	.0	6.6	
0	0	11	3	3	0				.0	2700	
0	0	22	4	4					.0	2930	
138.0	.0			130.8	123.0	114.0	104.6	91.6			
5	0	0		6000	6000	6000	3600	2120			
2	0	0		2	0	2	0	2	0	2	0
0	.00			4.36	4.36	4.36	3.50	3.50			
0	1	0		17	17	17	17	17			
		0		30	40	50	60	70			
0	0			0	3	4	0	0			
1.10	138	132	2		3		15	0	.0		

ТАБЛИЦЯ ПАРОВІДБОРІВ ВИПАРНОЇ УСТАНОВКИ

Назва	Е0	Е1	Е2	Е3	Е4	Е5
ПВВ	.0	.0	.0	.0	1.1	.0
ПЖПВ	.0	.0	1.1	.0	.0	.0
ДИФ1	.0	.0	1.8	.0	.0	.0
ДИФ2	.0	.0	.0	2.3	.0	.0
ПДС	.0	.0	.0	.0	.0	.0
ППД1	.0	.0	.0	.0	.0	2.0
ППД2	.0	.0	.0	.0	.0	.0
ППД3	.0	.0	.0	.0	2.8	.0
ППД4	.0	.0	.0	3.3	.0	.0
ППД5	.0	.0	.0	.0	.0	.0
ПП1Ф	.0	.0	.0	1.5	.0	.0
П2С1	.0	.0	.0	.7	.0	.0
П2С2	.0	.0	1.2	.0	.0	.0
ПВУ1	.0	.0	.0	2.0	.0	.0
ПВУ2	.0	.0	2.1	.0	.0	.0
ПВУ3	.0	2.1	.0	.0	.0	.0
ПВУ4	1.9	.0	.0	.0	.0	.0
НЕДО	3.5	.0	.0	.0	.0	.0
ПГС	.0	.0	.0	1.2	.0	.0
СВСИ	.0	.0	.5	.0	.0	.0
СВПА	.0	.0	.8	.0	.0	.0
КЛЕР	.3	.0	.0	.0	.0	.0
СУШК	1.2	.0	.0	.0	.0	.0

ПРОП	.0	1.0	.0	.0	.0	.0
ПРОЧ	.0	.0	.0	.0	.0	.0
БАА1	.0	12.1	.0	.0	.0	.0
БАА2	.0	.0	.0	3.6	.0	.0
БАА3	.0	.0	.0	2.2	.0	.0
СУММА	6.85	15.14	7.48	16.81	3.86	2.00

Фактичні СР сиропу із ВУ->68.0 %СР (Відповідають регламенту 68 %СР)

ПАРАМЕТРИ КОРПУСІВ "ВУ"								
КОРПУС N	ТИП (Код)	F (м2)	T гр/п (^C)	T вт/п (^C)	DT(о) (^C)	КО Вт/м2К	КО*fi Вт/м2К	Alf(кип) Вт/м2К
1	2	6000	138.0	130.8	7.5	2004	1902	3753
2	2	6000	130.3	123.0	7.2	1576	1460	2408
3	2	6000	122.5	114.0	8.7	1125	988	1479
4	2	3600	113.5	104.6	8.7	565	486	631
5	2	2120	104.1	91.6	12.3	450	384	493

Факт. паровідбори із корпусів ВУ (% мсв)

Рет	1	2	3	4	5	Всього
6.8	15.1	6.9	15.8	2.4	3.5	50.5

"СВ" СОКУ/СИРОПУ ПО КОРПУСАХ ВУ (%СВ)

Сік	0	1	2	3	4	5	Сироп(ИД)
15.3	.0	22.8	33.5	52.0	60.5	67.8	68.0

Ефективність системи паровідборів ВУ

2.06 або 72.%

ВСЕГО НА ЗАВОД: ПАРА (%мсв)/ТЕПЛОТЫ (Мкал/тсв)

48.3	240.3
------	-------

"ІД" ДЛЯ ПРОГРАМИ "ТЕС\_ "

D	=	.0	тонн/час
D	=	141.0	тонн/час
Q	=	240.3	Мкал/тсв

A	-->	7000	тсв/сут
G	=	261.2	т/час
T	=	138	^C
P	=	3.43	ата

в). Режим ВУ --> Система відборів вторинної пари з перенесенням певних споживачів пари за принципом «n» → «n+1»

Таблиця вихідних параметрів:

7000	3	3	52	75	22	3.0	1.19	88	88	92	118
7000	118.0	30	28.0	58	68	40.0	55	70	30.0	65	
80.0	28.2	3.5	8.6	63.3	15.3	68.0	0	0	.0	.0	
4	2	23	6	5	6	4	3	7	3	3	2
7	1	0	18	8	6	11	13	0	6	3	5
0	3	12	3	3	10.7	2.8	1.3		1.0	.0	6.6
	0	12	3	3	30					.0	2700
	0	23	4	4						.0	2930
138.0		.0			131.2	122.0	111.6	102.0	91.0		
5	0		0		6000	6000	6000	3600	2120		
2		0	0		2	0	2	0	2	0	2
0		.00			4.36	4.36	4.36	3.50	3.50		
1	1		0		17	17	17	17	17		
			0		30	40	50	60	70		
0			0		0	3	4	0	0		
1.10	138	132	2		3			15	0	.0	

ТАБЛИЦЯ ПАРОВІДБОРІВ ВИПАРНОЇ УСТАНОВКИ

Назва	Е0	Е1	Е2	Е3	Е4	Е5
ПБВ	.0	.0	.0	.0	1.1	.0
ПЖПВ	.0	.0	1.1	.0	.0	.0
ДИФ1	.0	.0	1.8	.0	.0	.0
ДИФ2	.0	.0	.0	2.3	.0	.0
ППД1	.0	.0	.0	.0	.0	2.0
ППД2	.0	.0	.0	.0	.0	.0
ППД3	.0	.0	.0	.0	2.8	.0
ППД4	.0	.0	.0	3.3	.0	.0
ПП1Ф	.0	.0	.0	1.5	.0	.0
П2С1	.0	.0	.0	.7	.0	.0
П2С2	.0	.0	1.2	.0	.0	.0
ПВУ1	.0	.0	.0	2.0	.0	.0
ПВУ2	.0	.0	2.1	.0	.0	.0
ПВУ3	.0	2.1	.0	.0	.0	.0
ПВУ4	1.9	.0	.0	.0	.0	.0
НЕДО	3.5	.0	.0	.0	.0	.0
ПОДВ	.0	.0	.0	.0	.0	.0
ПГС	.0	.0	.0	1.2	.0	.0
СВСИ	.0	.0	.5	.0	.0	.0
СВПА	.0	.0	.8	.0	.0	.0
КЛЕР	.3	.0	.0	.0	.0	.0
СУШК	1.2	.0	.0	.0	.0	.0
ПРОП	.0	1.0	.0	.0	.0	.0
ВА11	.0	3.6	.0	.0	.0	.0
ВАА1	.0	.0	8.4	.0	.0	.0
ВАА2	.0	.0	.0	3.6	.0	.0
ВАА3	.0	.0	.0	2.2	.0	.0
СУМА	6.85	6.70	15.93	16.81	3.86	2.00

Фактичні СР сиропу із ВУ -> 62.0 %СР  
(Відповідають регламенту 68 %СР)

ПАРАМЕТРИ КОРПУСІВ "ВУ"								
КОРПУС N	ТИП (Код)	F (м2)	T гр/п (^C)	T вт/п (^C)	DT(о) (^C)	КО Вт/м2К	КО*fi Вт/м2К	Alf (кип) Вт/м2К
1	2	6000	138.0	131.2	7.2	1993	1902	3685
2	2	6000	130.7	122.0	8.7	1653	1464	2648
3	2	6000	121.5	111.6	9.5	955	841	1195
4	2	3600	111.1	102.0	8.7	430	377	466
5	2	2120	101.5	91.0	10.8	329	289	350

"СВ" СОКУ/СИРОПУ ПО КОРПУСАМ ВУ (%СВ)

Сік	0	1	2	3	4	5	Сироп (ІД)
15.3	.0	22.3	36.5	56.5	63.6	68.1	68.0

2.26 або 79.%

ВСЬОГО НА ЗАВОД: ПАРА (%мсв)/ТЕПЛО (Мкал/тсв)

46.4	230.5
------	-------

"ИД" ДЛЯ ПРОГРАММИ "ТЕС\_ "

D = .0 тонн/час	
D = 135.2 тонн/час	
Q = 230.5 Мкал/тсв	

A (макс) --> 7000 тсв/сут
G (конд) = 253.0 т/час
T (конд) = 138 ^C
P (пара) = 3.43 ата

**Розрахункові параметри системи тепло-споживання  
«модельного» цукрового заводу – прототипу Саливінківського  
цукрового заводу.**

**Розрахунковий режим --> «Після впровадження установки ПКСЖ»  
з реалізацію технічних рішень:**

- 1. Перенесення паровідбору на вакуум-апарати 1-го продукту (ВАА-1)  
з 2-ї на 3-тю ступінь випаровування ВУ;**
- 2. Перепуск технологічної пари у вторинну пару 1-ї ступені випаровування ВУ»**

**Таблиця вихідних параметрів:**

7000	3	3	52	75	22	3.0	1.19	88	88	92	118
7000	118.0	30	28.0	58	68	40.0	55	70	30.0	65	
80.0	28.2	3.5	8.6	63.3	15.3	68.0	0	0	.0	.0	
4	2	23	6	5	6	4	3	7	3	3	2
3	2	1	0	7	3	3	2	3	2	1	0
7	1	0	18	8	6	11	13	0	6	3	5
9	9	9	8	15	20						
0	3	33	3	3	13.1	3.2	2.2	1.0	.0	6.6	
1	33	3	3	0					.0	2700	
0	44	4	4						.0	2930	
138.0	.0			132.4	124.4	111.4	102.4	90.4			
5	0	0		6000	6000	6000	3600	2120			
2	0	0		2	0	2	0	2	0	2	0
0	.00			4.36	4.36	4.36	3.50	3.50			
0	2	0		17	17	17	17	17			
	0			30	40	50	60	70			
0	0			0	3	4	0	0			
.70	138	132	2	3			15	0	.0		

**Експлуатація ПКСЖ здійснюється  
Перенесення ВАА-1 реалізовано  
Перепуск пари здійснено  
фактичні СР сиропу із ВУ -> 68.0 %СР**

**РЕЖИМ "ВУ" --> ІЗ ЗАПАСОМ ПРОДУКТИВНОСТІ  
І ПЕРЕПУСКОМ 10,5 % до м.буряка «технолог»  
пари у вторинну пару 1-ї ступені випаровування**

**ТАБЛИЦЯ ПАРОВІДБОРІВ ВИПАРНОЇ УСТАНОВКИ**  
Витрата «технолог» пари – (Е0) . Витрати вторинної пари 1-5 корпусів ВУ – (Е1-Е5).  
Одиниця виміру («%мсв»)

Наименов	Е0	Е1	Е2	Е3	Е4	Е5
ПБВ	.0	.0	.0	.0	1.1	.0
ПЖПВ	.0	.0	1.1	.0	.0	.0
ДИФ1	.0	.0	1.8	.0	.0	.0
ДИФ2	.0	.0	.0	2.3	.0	.0

ПДС	.0	.0	.0	.0	.0	.0
ППД1	.0	.0	.0	.0	.0	2.0
ППД2	.0	.0	.0	.0	.0	.0
ППД3	.0	.0	.0	.0	2.8	.0
ППД4	.0	.0	.0	3.3	.0	.0
ППД5	.0	.0	.0	.0	.0	.0
ПП1Ф	.0	.0	.0	1.5	.0	.0
П2С1	.0	.0	.0	.7	.0	.0
П2С2	.0	.0	1.2	.0	.0	.0
ПВУ1	.0	.0	.0	2.0	.0	.0
ПВУ2	.0	.0	2.1	.0	.0	.0
ПВУ3	.0	2.1	.0	.0	.0	.0
ПВУ4	1.9	.0	.0	.0	.0	.0
НЕДО	3.5	.0	.0	.0	.0	.0
ПОДВ	.0	.0	.0	.0	.0	.0
ПГС	.0	.0	.0	1.2	.0	.0
СВСИ	.5	.0	.0	.0	.0	.0
СВПА	.8	.0	.0	.0	.0	.0
КЛЕР	.3	.0	.0	.0	.0	.0
СУШК	1.2	.0	.0	.0	.0	.0
ПРОП	1.0	.0	.0	.0	.0	.0
ВАА1	.0	.0	.0	13.1	.0	.0
ВАА2	.0	.0	.0	3.2	.0	.0
ВАА3	.0	.0	.0	2.2	.0	.0
<b>СУММА</b>	<b>9.15</b>	<b>2.08</b>	<b>6.20</b>	<b>29.50</b>	<b>3.85</b>	<b>1.97</b>

Пари самовипаровування конденсатів (% мсв)

Рет	0	1	2	3	4	5	Поверх
.00	.00	.00	2.01	1.82	.00	.00	.68

## ПАРАМЕТРИ КОРПУСІВ "ВУ"

КОРПУС N	ТИП (Код)	F (м2)	T гр/п (^C)	T вт/п (^C)	DT(о) (^C)	КО Вт/м2К	КО*fi Вт/м2К	Alf(кип) Вт/м2К
1	2	6000	138.0	132.4	4.9	1909	1865	3285
2	2	6000	131.9	124.4	8.3	1735	1606	2857
3	2	6000	123.9	111.4	13.8	1105	884	1467
4	2	3600	110.9	102.4	9.2	388	341	416
5	2	2120	101.9	90.4	10.0	334	292	355

Фактичні поверхні корпусів ВУ (м2)

"0"	1	2	3	4	5	
0	6000	6000	6000	3600	2120	3.39

Факт. паровідбори із корпусів ВУ (% мсв)

Рет	1	2	3	4	5	Всього
9.1	2.1	5.5	27.5	2.0	2.0	48.2

"СР" СОКУ/СИРОПУ ПО КОРПУСАМ ВУ (%СВ)

Сік	0	1	2	3	4	5	Сироп(ід)
15.3	.0	19.3	30.1	57.7	64.3	68.8	68.0

Розхід конденсат із ВУ (%мсв)

Рет	"0"	1	2	3	4	5
46.0	.0	26.1	80.9	109.6	111.9	2.0

конд із ТЕЦ --&gt; Всього / Поверн (% мсв)

47.6	47.6
------	------

ЗАПАС ВУ / ВИХОД пара на конд-тор (% мсв)

10.55	.05
-------	-----

Факт витрата «технолог» пари на 1 корп ВУ:

40.3	40.3
------	------

Ефективність системи паровідборів ВУ (т випар води /т пари)

2.42
------

ВСЬОГО НА ЗАВОД: ПАРА (%м.бур)/ТЕПЛОТВОЇ ЕНЕРГІЇ (Мкал/т бур)

46.0	254.2
------	-------

"ІД" ДЛЯ ПРОГРАМИ "ТЕС\_ "

D («техн» пари) = 134.1 тон/год
Q (тепл енерг) = 254.2 Мкал/тсв

A (макс) --> 7000 тсв/сут
T (відпр конд) = 138 ^C
P (відпр пара) = 3.43 ата

## Додаток 7.

Розрахункові параметри системи теплоспоживання «модельного» ц/з –  
прототипу Саливінківського ц/з.

Розрахунковий режим --> «Після впровадження установки ПКСЖ»

Реалізація технічного рішення: «Нерегульоване» підвищення  
паропроодуктивності системи паро-відборів ВУ – часткове (45 %) перенесення витрати пари на ВАА-1 з 2-ї ступені випаровування на на 3-тю ступінь випаровування ВУ  
(Без «регульованого» перепуску технологічної пари)

Таблиця вхідних параметрів

7000	3	3	52	75	22	3.0	1.19	88	88	92	118
7000	118.0	30	28.0	58	68	40.0	55	70	30.0	65	
80.0	28.2	3.5	8.6	63.3	15.3	68.0	0	0	.0	.0	
4	2	23	6	5	6	4	3	7	3	3	2
3	2	1	0	7	3	0	0	0	0	0	0
7	1	0	18	8	6	11	13	0	6	3	5
9	9	9	8	15	20						
0	3	23	3	3	13.1	2.6	1.3	1.0	.0	6.6	
1	23	3	3	55					.0	2700	
0	34	4	4						.0	2930	
138.0	.0			132.2	122.6	112.0	102.6	90.8			
5	0	0		6000	6000	6000	3600	2120			
2	0	0		2	0	2	0	2	0	2	0
0	.00			4.36	4.36	4.36	3.50	3.50			
1	1	0		17	17	17	17	17			
0	0			30	40	50	60	70			
0	0			0	3	4	0	0			
.70	138	132	2	3			15	0	.0		

Експлуатація ПКСЖ здійснюється

Впроваджено «Нерегульоване» підвищення паропроодуктивності системи паро-відборів ВУ – часткове (45 %) перенесення витрати пари на ВАА-1 з 2-ї ступені випаровування на 3-тю ступінь випаровування ВУ

фактичні СР сиропу із ВУ -> 68.0 %СР (Відповідають регламенту)

РЕЖИМ "ВУ" --> ІЗ ЗБІЛЬШЕННЯМ ПРОДУКТИВНОСТІ  
ЗА РАХУНОК ПЕРЕНЕСЕННЯ ПАРОВІДБОРУ З 2-ї НА 3-Ю СТУПІНЬ ВИПАРОВУВАННЯ

## ТАБЛИЦЯ ПАРОВІДБОРІВ ВИПАРНОЇ УСТАНОВКИ

Витрата «технолог» пари – (Е0) . Витрати вторинної пари 1-5 корпусів ВУ – (Е1-Е5).  
Одиниця виміру («%мсв»)

Назва	Е0	Е1	Е2	Е3	Е4	Е5
ПЕВ	.0	.0	.0	.0	1.1	.0
ПЖПВ	.0	.0	1.1	.0	.0	.0

ДИФ1	.0	.0	1.8	.0	.0	.0
ДИФ2	.0	.0	.0	2.3	.0	.0
ПДС	.0	.0	.0	.0	.0	.0
ППД1	.0	.0	.0	.0	.0	2.0
ППД2	Нагрів. конденсатом останніх ступенів випаровування					
ППД3	.0	.0	.0	.0	2.8	.0
ППД4	.0	.0	.0	3.3	.0	.0
ППД5	.0	.0	.0	.0	.0	.0
ПП1Ф	.0	.0	.0	1.5	.0	.0
П2С1	.0	.0	.0	.7	.0	.0
П2С2	.0	.0	1.2	.0	.0	.0
ПВУ1	.0	.0	.0	2.0	.0	.0
ПВУ2	.0	.0	2.1	.0	.0	.0
ПВУ3	.0	2.1	.0	.0	.0	.0
ПВУ4	1.9	.0	.0	.0	.0	.0
НЕДО	3.5	.0	.0	.0	.0	.0
ПОДВ	.0	.0	.0	.0	.0	.0
ПГС	.0	.0	.0	1.2	.0	.0
СВСИ	.5	.0	.0	.0	.0	.0
СВПА	.8	.0	.0	.0	.0	.0
КЛЕР	.3	.0	.0	.0	.0	.0
СУШК	1.2	.0	.0	.0	.0	.0
ПРОП	1.0	.0	.0	.0	.0	.0
ВАА1	.0	.0	7.2	5.9	.0	.0
ВАА2	.0	.0	.0	2.6	.0	.0
ВАА3	.0	.0	.0	1.3	.0	.0

СУММА 9.15 2.08 13.39 20.79 3.85 1.99

Парі самовипаровування конденсатів зі збірників-випарників (% м.бур)

Рет 0 1 2 3 4 5 Звор. Конд.

.00	.00	.00	1.59	1.73	.00	.00	.83
-----	-----	-----	------	------	-----	-----	-----

ПАРАМЕТРИ КОРПУСОВ "ВУ"

КОРПУС N	ТИП (Код)	F (м2)	T гр/п (^C)	T вт/п (^C)	DT(о) (^C)	КО Вт/м2К	КО*fi Вт/м2К	Alf(кип) Вт/м2К
1	2	6000	138.0	132.2	6.8	1906	1846	3304
2	2	6000	131.7	122.6	8.3	1739	1538	2914
3	2	6000	122.1	112.0	11.3	979	846	1237
4	2	3600	111.5	102.6	8.6	413	361	445
5	2	2120	102.1	90.8	9.9	340	297	362

Фактичні поверхні корпусів ВУ (м2)

"0" 1 2 3 4 5 Удельн

0	6000	6000	6000	3600	2120	3.39
---	------	------	------	------	------	------

Факт. паровідбори із корпусів ВУ (% м.бур)

Рет 1 2 3 4 5 Всього

9.1	2.1	12.6	19.2	2.1	2.0	47.1
-----	-----	------	------	-----	-----	------

Випарена вода по корпусам ВУ (% мсв)

"0"	1	2	3	4	5	Всього
.0	35.3	34.4	22.2	3.5	2.0	97.4

"СР" СОКУ/СИРОПУ ПО КОРПУСАМ ВУ (%Ср)

Сок	0	1	2	3	4	5	Сироп (іД)
15.3	.0	21.3	34.4	57.2	63.8	68.4	68.0

Ефективність системи паровідборів ВУ (т исп води/т гріюч пара)

2.49
------

ВСЬОГО НА ЗАВОД: ПАРА (%м бур)/ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ (Мкал/т бур)

44.7	247.3
------	-------

"ІД" ДЛЯ ПРОГРАМИ "ТЕС\_ "

D (техн. пари) = 130.4 тонн/год
Q (тепл енерг) = 247.3 Мкал/т бур

A (макс) --> 7000 тсв/сут
T (звор конд) = 138 ^С