

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра теплоенергетики
(повна назва кафедри)

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:

«Енергозбереження в барабанних сушарках»

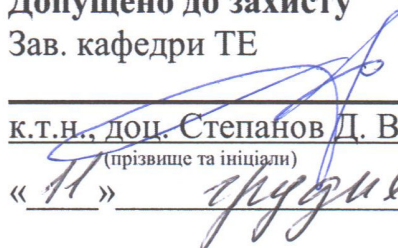
Виконав: студент 2 курсу групи ТЕ-23м
спеціальності 144 – Теплоенергетика
(шифр і назва спеціальності)


Дудник В.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т. н., доцент каф. ТЕ
Співак О. Ю.
(прізвище та ініціали)
«10» грудня 2024 р.

Опонент: к.т.н., доц. каф. БМГА
Христич О.В.
(прізвище та ініціали)
«11» грудня 2024 р.

Допущено до захисту
Зав. кафедри ТЕ


к.т.н., доц. Степанов Д. В.
(прізвище та ініціали)

«11» грудня 2024 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра теплоенергетики
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань 14 – Електрична інженерія
Спеціальність 144 - Теплоенергетика
Освітньо-професійна програма Теплоенергетика

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕ

Степанов Д. В.

25.09.

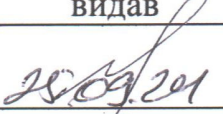
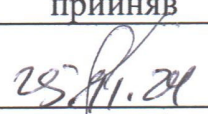
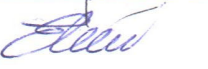
2024 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Дуднику Владиславу Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Енергозбереження в барабанних сушарках»
керівник роботи Співак Олександр Юрійович, к. т. н., доцент
затверджені наказом вищого навчального закладу від 17.09.2024 р., № 310
2. Строк подання студентом роботи 09.12.24 року.
3. Вихідні дані до роботи: видатність $G = 20$ т/добу; температура сушіння $t_{\text{вх}} = 110$ °С; початкова вологість матеріалу $\omega' = 3,5\%$; кінцева вологість матеріалу $\omega'' = 0,12\%$; температура свіжого повітря $t_0 = 10$ °С; вологість свіжого повітря $\varphi_0 = 65\%$.
4. Зміст текстової частини: аналіз придатності видів твердого біопалива для використання в сушильних процесах, аналітичні та прикладні дослідження. математичне моделювання, технологічна частина, економічна оцінка інноваційного проекту, висновки.
5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): питома теплота згорання різних видів палива, схема аксонометрична, план монтажу додаткового обладнання, календарний план монтажних робіт, автоматизація барабанної сушарки СБМ-20, сушарка барабанна СБМ-20, графічні залежності 1, 2.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технічна частина	Співак О. Ю., доцент кафедри ТЕ		
Економічна частина	Лялюк О. Г., доцент кафедри БМГА		

7. Дата видачі завдання 25.09.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
Науково-аналітичний огляд літературних та патентних джерел	05.10.2024	
Розробка математичної моделі сушарки	15.10.2024	
Аналітичні і числові дослідження	25.10.2024	
Обробка отриманих результатів	05.11.2024	
Модернізація схеми автоматизації сушарки	15.11.2024	
Технологія монтажу обладнання для модернізації	25.11.2024	
Економічна оцінка інноваційного проекту	05.12.2024	
Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	09.12.2024	

Студент

(підпис)

Дудник В.В.

Керівник роботи

(підпис)

Співак О.Ю.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.33

Дудник В. В. Енергозбереження в барабанних сушарках. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 144 – «Теплоенергетика», освітня програма - теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2024. 90 с.

Бібліогр.: 76 назв; рис.: 17; табл. 27.

У магістерській кваліфікаційній роботі виконані дослідження доцільності використання тих чи інших видів альтернативного твердого палива як джерела енергії для його використання в конвективних барабанних сушильних установках. Здійснено аналіз можливих видів твердого біопалива, в результаті вибрані найбільш перспективні види. Розроблено математичну модель розрахунку параметрів вибраних видів твердого біопалива, на підставі якої складено програму в РП MathCad. Проведено числові дослідження впливу виду палива на затрати на паливо і зміну коефіцієнта корисної дії і запропоновано оптимальні варіанти.

В технологічній частині МКР виконано розробку технології монтажу очищеного обладнання для очищення відпрацьованого теплоносія від витаючих часточок цукру. Виконано економічне обґрунтування монтажних робіт і складено календарний план робіт і графіки руху машин і механізмів. Модернізовано схему автоматизації барабанної сушарки з врахуванням використання в ній твердого біопалива.

Ілюстративна частина складається з 10 креслень і плакатів із результатами моделювання та експериментальних досліджень.

Ключові слова: сушіння, барабанна сушарка, альтернативне паливо, тверде біопаливо, пелети.

ABSTRACT

Dudnik V. V. Energy saving in drum dryers. Master's qualification work in specialty 144 - "Heat energy", educational program - heat energy. Vinnytsia: VNTU, 2024. 90 p.

Bibliography: 76 titles; fig.: 17; table. 27.

In the master's qualification work, studies were carried out on the feasibility of using certain types of alternative solid fuel as an energy source for its use in convective drum drying installations. An analysis of possible types of solid biofuels was carried out, as a result, the most promising types were selected. A mathematical model for calculating the parameters of selected types of solid biofuels was developed, on the basis of which a program was compiled in the MathCad RP. Numerical studies of the influence of the type of fuel on fuel costs and changes in the efficiency were carried out and optimal options were proposed.

In the technological part of the MCW, the technology for installing cleaning equipment for cleaning the spent coolant from floating sugar particles has been developed. An economic justification for installation work has been completed and a work schedule and schedules for the movement of machines and mechanisms have been drawn up. The automation scheme of the drum dryer has been modernized, taking into account the use of solid biofuel in it.

The illustrative part consists of 10 drawings and posters with the results of modeling and experimental research.

Keywords: drying, drum dryer, alternative fuel, solid biofuel, pellets.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 АНАЛІЗ ПРИДАТНОСТІ ВИДІВ ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА.....	6
ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В СУШИЛЬНИХ ПРОЦЕСАХ.....	6
1.1 Дрова.....	6
1.2 Торф.....	7
1.3 Відходи очищення зерна	8
1.4 Соняшникове лушпиння.....	8
1.5 Паливна тріска деревини.....	9
1.5 Пелети.....	9
1.5.1 Солом'яні пелети.....	11
1.5.2 Пелети з соняшникового лушпиння.....	12
1.5.3 Деревні пелети.....	12
1.6 Солома.....	13
1.7 Паливні брикети	13
1.8 Традиційні енергоносії для сушарок.....	14
1.8.1 Вугілля.....	14
1.8.2 Дизельне паливо	15
1.8.3 Електроенергія.....	16
1.8.4 Природний газ	17
2 АНАЛІТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	18
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.....	18
2.1 Аналіз придатності видів альтернативного твердого палива.....	18
2.2 Математична модель.....	19
2.2.1 Формування початкових даних	19
2.2.2 Опис математичної моделі	20
2.3 Числові дослідження ефективності різних видів палива для сушіння	23
2.3.1 Результати числового експерименту та їх обговорення	23
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	28
3.1 Технологія монтажу повітроочисного обладнання в теплову схему барабанної сушарки	28
3.1.1 Способи очищення повітря.....	28
3.1.2 Розрахунок допоміжного обладнання.....	29
3.1.3 Вибір і обґрунтування методів виконання робіт	38
3.1.4 Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт.....	43
3.1.5 Організація робочих місць та побутових приміщень.....	46
3.1.6 Монтажне регулювання і здавання системи в експлуатацію	48
3.2 Автоматизація модернізованої сушарки.....	51
3.2.1 Призначення автоматизації.....	51
3.2.2 Опис технологічного процесу та характеристика обладнання	52
3.2.3 Організація управління сушаркою на основі системного підходу	55

3.2.4	Опис параметрів автоматизації.....	56
3.2.5	Обґрунтування вибору величин, які підлягають регулюванню.....	57
3.2.6	Обґрунтування вибору величин, що підлягають контролю та сигналізації.....	61
3.2.7	Підбір регулюючих органів	63
4	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	69
4.1	Кошторисна вартість.....	69
4.2	Оцінювання економічної ефективності інноваційного проєкту	78
4.2.1	Чисті грошові надходження	78
4.2.2	Чиста поточна вартість	78
4.3	Термін окупності інвестицій.....	79
	ВИСНОВКИ	81
	ДОДАТКИ.....	91
	Додаток А (обов'язковий) Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	92
	Додаток Б (обов'язковий) ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ	93
	Додаток В (обов'язковий) ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА.....	97
	Додаток Г (довідниковий) ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ.....	110

ВСТУП

Актуальність роботи.

Значна увага до проблеми енергозбереження сьогодні зумовлена кризовим станом енергетики країни, великим відсотком використанням енергії в окремих теплотехнологічних процесах, що призводить до підвищення внутрішньої енергоємності внутрішнього валового продукту України в 5 разів у порівнянні з розвиненими країнами заходу [1].

Стійкому забезпеченню економіки енергоносіями, збереженню енергетичної незалежності та забезпечення енергетичної безпеки країни, збільшення експортного потенціалу паливно-енергетичного комплексу сприяють не тільки заходи зі структурного енергозбереження, а й підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів. Таким чином, питання, що відносяться до розробки оцінки ефективності енергоспоживання для процесів сушіння в хімічній та харчовій промисловості є **актуальними**.

Мета і завдання дослідження.

Метою роботи є дослідження процесів в конвективній сушарці барабанного типу для сушіння сипучих продуктів, зокрема цукру-піску, розрахунок допоміжного обладнання та розроблення заходів для підвищення її енергоефективності.

Завдання:

- виконати аналіз літературних джерел щоб визначити основні шляхи та напрямки підвищення енерговикористання в сушарках;
- розробити математичну модель конвективної барабанної сушарки;
- дослідити числовими методами ефективність роботи барабанної сушарки при застосуванні різних видів альтернативного твердого біопалива;
- забезпечити автоматичне управління модернізованою барабанною сушаркою;
- розробити технологію монтажу необхідного додаткового обладнання, необхідного для модернізації сушарки;

– визначити економічну привабливість такого інноваційного проекту;

Об’єктом дослідження є необоротні тепломасообмінні процеси в конвективних барабанних сушарках.

Предметом дослідження є барабанна сушарка СБМ-20 для сушіння цукру-піску.

Методи дослідження. В роботі застосовано комплексний метод дослідження, як емпіричний так і теоретичний: спостереження, аналіз, синтез, числовий експеримент.

Новизна одержаних результатів.

Отримав подальший розвиток числовий метод дослідження та вибору варіантів можливості використання альтернативних видів твердого відновлювального палива для використання в сушильній техніці для сушіння сипучих речовин.

Особистий внесок здобувача полягає в аналізі та синтезі джерел літератури та патентних джерел, розрахунках допоміжного обладнання для підвищення ефективності використання конвективних барабанних сушарок.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи: результати роботи доповідалися на Міжнародній науково-технічній конференції "Інноваційні технології в будівництві 2024", Вінниця, 2024.

Публікації: Співак О.Ю., Дудник В.В., Присяжний Д.В. Вплив параметрів теплоносія і сировини на видатність барабанної сушарки. в «Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції "Інноваційні технології в будівництві 2024"», Вінниця, 2024. URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2024/paper/viewFile/22501/18604/> . (дата звернення 22.11.2024).

1 АНАЛІЗ ПРИДАТНОСТІ ВИДІВ ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В СУШИЛЬНИХ ПРОЦЕСАХ

1.1 Дрова

Дрова є найекологічнішим твердим біопаливом, але, на жаль, лише частково заповнює попит в Україні. Доказом цього є лисіючі гори в Закарпатській області.

Ціна 1 кВт·год теплоти, - 0,28 грн, зниження вологи на 1 тонно-відсоток сировини обходиться до 3,6 грн [1,2].

Основні споживачі дров знаходяться в лісистих регіонах країни – західних і північних. Дрова закладаються вручну, тож виробники, які збираються перейти на дрова з природного газу, повинні врахувати ще одну штатну одиницю - опалювача.

Пріоритетними характеристиками дров для промислових топок є їх теплотворна здатність та тривалість горіння, важливо, щоб тепловиділення відбувалося повільно, але тривалий час.

Особливості горіння дров різних порід та видів деревного палива:

- дрова з берези, ясеня, ліщини та бука, важко розпалювати, але вони мають властивість горіти сирими, оскільки мають невелику вологість, і разом з тим, дрова з таких деревних порід (крім бука) легко розколюються на поліна;

- осика та вільха згоряють без суттєвих утворень відкладення сажі і навіть можуть випалювати її з димоходів;

- дрова з берези мають високу теплотворну здатність, але при малому надлишку повітря в топці, можуть горіти димно і утворюють дьоготь (березову смолу), яка може осідати на стінках димоходу;

- соснові дрова дають більше теплоти, ніж ялинові через більший вміст смоли, з іскрінням за різкого підвищення температури, тобто дрова хвойних порід мають високу теплотворну здатність, але димлять та іскрять, при цьому сприяючи утворенню смолистих відкладень у димарях;

- дубові і грабові дрова мають високу тепловіддачу, але погано

розколюються на поліна;

- дрова з яблуні, груші мушмули легко розколюються та добре горять;
- кедр дає довготліюче вугілля;
- дрова з вишні та в'яза при горінні димлять;
- тополя і липа добре горять, дуже швидко прогорають і сильно іскрять.

Показник теплотворної здатності різних порід деревини є практично сталим, хоча густина деревини змінюється в досить широких межах (Таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Теплотворна здатність різних видів дров

№	Порода деревини	Теплотворна здатність кВт·год/кг	Об'ємна густина, кг/дм ³	Щільність кг/складометр
1	Граб	4,2	0,72	495
2	Бук	4,2	0,69	480
3	Дуб	4,2	0,67	470
4	Ясень	4,2	0,69	480
5	Береза	4,2	0,65	450
6	Смерека	4,3	0,59	420
7	Сосна	4,3	0,52	360
8	Ялина	4,3	0,47	330

Для роботи на полінах дров придатні сушарки з теплообмінниками, невеликої потужності - до 2 МВт·год.

Варіативність вологості і порід дерева ускладнює систему керування тепловологісним процесом при сушінні [3] .

1.2 Торф

Торф з паливною тріскою і дровами знаходиться в одній цінovій групі. Вартість 1 кВт·год теплоти - 0,278 грн. Вартість зниження вологості свіжої сировини на 1 тонно-відсоток - до 3,6 грн [3, 4].

Торф, як і деревні замінники газу, використовується переважно в західних і північних областях країни. П'ята частина всіх торф'яних запасів України знаходиться в Рівненській області, тож вона і є лідером з його використання.

Торф рекомендують застосовувати в сушарках з теплообмінниками. Через

досить високий рівень тепловіддачі його часто називають молодим вугіллям [2].

Рівень зольності торфу досить високий, але трохи нижчий від вугілля, хоча за викидами в атмосферу торф безпечніший за вугілля в десятки разів.

1.3 Відходи очищення зерна

Відходи зерноочистки (їх часто називають зерновим сміттям) дають значну економію. Зниження вологи висушуваної сировини на 1 тонно-процент обходиться всього в 0,68-0,7 грн - як мінімум це в 20 разів дешевше за газ. Причому відходи зерноочищення згорають в топці повністю, знімаючи проблему попелу (утилізації відходів використаного енергоносія).

Однак такий вид палива, як замінник газу має один мінус, що перекреслює практично всі його переваги – дефіцит сировини. При гарному очищенні тонни зерна виходить всього кілька кілограм відходів, у той час, як камерній сушарці, яка має об'єм сушіння до 20 тонн за сезон, знадобиться в середньому 20 тонн таких відходів, причому їх потрібно ще й десь придбати в такій кількості. Тому можна вважати, що використання зернового сміття доцільне тільки на зернопереробних підприємствах, а там камерні сушарки практично не використовуються.

1.4 Соняшникове лушпиння

Соняшникове лушпиння є одним з найбільш економних видів твердих біопалив. За статистикою Мінагрополітики [2], на нього вже перейшло близько 60% олійних підприємств України. Ціна 1 кВт·год теплоти, що виділяється при спалюванні соняшnikового лушпиння, - 0,193 грн а зниження вологості сировини на 1 тонно-відсоток обходиться до 1,86 грн.

В принципі, лушпиння соняшnikового насіння підходять для сушарок будь-якого типу, не залежно від потужності і яким чином будуть завантажуватися, але на практиці лушпиння використовують власники великих олійних комбінатів та виробники пелет для своїх внутрішніх потреб.

Соняшникове лушпиння є зручним варіантом для сушарок центральної і

південно-східної України. Виробникам в західних і північних областях буде складно транспортувати лушпиння, бо воно має малу насипну вагу. За цією ж причиною для лушпиння потрібні габаритні склади. І ще один негативний факт: хоча зольність лушпиння відносно невисока - 3-4%, воно дуже погано горить в щільному шарі.

1.5 Паливна тріска деревини

За досить низької вартості деревна тріска дає середній енергетичний ККД. Ціна 1 кВт·год теплоти, що виділяється - 0,275 грн. Паливну тріску необхідно підсушувати, тому вартість зниження вологості тріски на 1 тонно-процент складає до 3,5 грн [3].

Цей вид палива добре підходить для сушарок з теплообмінним обладнанням.

Для зберігання тріски необхідні габаритні склади. Щоб висушити 10 тонн сировини знадобиться 8 тонн паливної тріски.

Тріска поряд з іншими деревними біопаливами - найекологічний енергоресурс, з дуже низьким рівнем зольності. Його рекомендують застосовувати в основному в західних і північних регіонах України.

1.5 Пелети

Пелети є сучасним універсальним видом біопалива, котрий за ефективністю застосування рівноцінний кам'яному вугіллю.

Пелетами називають пресовану під високим тиском натуральну рослинну сировину яка після пресування має форму циліндричних гранул стандартного розміру.

Сировиною для виробництва пелет може бути кора, солома, тирса, тріска, лушпиння соняшника, відходи паперового виробництва, некондиційний льон тощо.

Традиційно процес виробництва пелет складається з таких етапів: дроблення сировини, сушіння та грануляції.

Як правило, сировина подрібнюється до стану борошна, потім вона ретельно висушується та стискається у гранули, що мають стандартні розміри за допомогою спеціального обладнання – гранулятора.

Грануляція супроводжується підвищенням температури матеріалу, причому полімер лігнін, що міститься в клітинах рослинної сировини, ретельно склеює подрібнені частинки. При цьому хімічні сполучні домішки практично не використовуються.

На виході виходить легке, недороге, зручне для зберігання та абсолютно безпечне паливо, яке альтернативне традиційним видам палива (вугіллю чи природному газу).

Існують багато видів пелет, але найпоширенішими з них є:

- одержані шляхом переробки кругляка твердих чи м'яких порід дерев;
- отримані шляхом переробки соломи;
- отримані шляхом переробки соняшникового лушпиння;
- отримані переробкою качанів і стебел кукурудзи;
- торф'яні.

Перевага пелет:

- необмежене виробництво, у тому числі із деревини низької якості;
- екологічно чисте паливо, котре відповідає концепції зеленої технології, виготовлене з нешкідливих для навколишнього середовища та людей матеріалів, які підлягають утилізації: емісія вуглекислого газу (CO_2) у навколишнє середовище у 10-50 разів нижча ніж при спалюванні вугілля, утворення золи у 15-20 разів менша від вугілля;
- значно менша вартість, порівняно з ціною газу, вугілля чи рідкого палива;
- розвантаження через рукави з можливістю автоматизації процесу;
- зручність транспортування, як розсипом так і у фасованих пакетах;
- не вимагають великих складських площ при зберіганні та можуть зберігатися на відкритому повітрі без гниття, не розбухаючи;
- при зберіганні не схильні до самозаймання;
- не вимагають додаткової обробки перед застосуванням;

- мають більшу теплотворну здатність від тирси і тріски, для прикладу, в 1,5 разів більшу, ніж у дров;
- при спалюванні 1 тонни сірчастого мазуту виділяється приблизно майже та ж сама кількість теплоти, як при спалюванні 1,9 т пелет, але за вартістю пелет на ринку мазут мінімум в 3 рази дорожче, тобто обігрів при спалюванні пелет на 40% дешевший, ніж обігрів при спалюванні мазуту;
- частоту чищення котла можна проводити набагато рідше, враховуючи майже повне згоряння з мінімальною кількістю шлаків;
- у промислових умовах можлива проста автоматизація завантаження пелет у топку;
- регулювання побутових нагрівальних пристроїв, що працюють на пелетах, можна виконувати в автоматичному режимі,
- топки на пелетах працюють довше, потребують меншого обслуговування та більш економічні,

1.5.1 Солом'яні пелети

Пелети із соломи дають стільки ж теплоти, як і лущиння соняшника, проте коштують в два рази дорожче. Ціна 1 кВт·год теплоти, що виділяється - 0,33 грн. Вартість зниження вологості на 1 тонно-відсоток сировини - до 4,5 грн.

Перевага пелет - можливість використання в сушарках з автоматичним завантаженням і їх високою потужністю - понад 2 МВт·год, зручне перевезення та компактне складування. Однак, для роботи на солом'яних пелетах агрегати доведеться доукомплектувати спеціальними топковим механізмом.

У соломи високий відсоток зольності, в будь-якому її вигляді,. Вона утворює досить липкий попіл, що відкладається в топках, а хлор, який міститься в соломі, сприяє утворенню корозії, тому для її спалювання рекомендують вибирати топки з нержавіючої сталі.

Географія використання солом'яних пелет переважно Південний Схід і Центр України.

1.5.2 Пелети з соняшникового лушпиння

Пелети з соняшникового лушпиння дають досить теплоти для потужних і надпотужних сушарок - понад 2 МВт·год, але їх зручно використовувати і в сушарках невеликої потужності, в тому числі і в камерних. Пелети зручніші в транспортуванні і зберіганні, ніж необроблене соняшникове лушпиння, однак за ці зручності доводиться доплатити. Вартість зниження вологості висушуваної сировини на 1 тонно-відсоток на пелетах з соняшникового лушпиння доходить до 6,4 грн. Ціна однієї 1 кВт·год теплоти – 0,37-0,4 грн. [4].

Пелети із соняшникового лушпиння завантажуються автоматично. Вони придатні для використання в сушарках будь-якого типу, з теплообмінниками і без них.

Зольність спресованого соняшникового лушпиння рівна показникам необробленого лушпиння – 3-4%.

1.5.3 Деревні пелети

Деревні пелети мають найвищу тепловіддачу з усіх видів твердого біопалива. Якісні показники енергоефективності вплинули на їх ціну – вартість однієї 1 кВт·год теплоти - 0,46-0,5 грн. Ціна зниження вологості сировини на 1 тонно-відсоток доходить до 7,2 грн.[3].

Не залежно від порід дерева, пелети підходять для сушарок всіх типів, різних за потужністю, принципом роботи і способу завантаження.

Відомо, що економічно обґрунтоване транспортування паливної сировини не перевищує 70-100 км, тому тверде біопаливо найчастіше використовуються на сушарках по сусідству з деревообробними підприємствами, неподалік лісистій місцевості, полів з пшеницею тощо.

Але пелети – інша справа. Українські деревні пелети користуються широким і стабільним попитом і за кордоном. Основним споживачем їх є Європа – близько 85% від загального об'єму виробництва експортується саме туди. Крім високого енергетичного ККД деревні пелети є ще й високоекологічними.

Останнім часом скорочувати дефіцит деревного біопалива серед

українських споживачів планують вирощуванням енергетичної верби. Така верба дає по 3 врожаї за рік і може рости на повністю непридатних для ведення сільського господарства землях [5].

1.6 Солома

Вартість теплоти, виробленої на соломі, така ж як і вартість теплоти, що виробляється на солом'яних пелетах. Тобто ціна 1 кВт·год теплоти на рівні 0,33 грн. Зниження вологості сировини на 1 тонно-відсоток коштує до 4,5 грн.

Але енергетичний ККД соломи значно нижче ніж в пелет. Для нормальної роботи необхідна велика маса сировини, а отже і додаткові витрати на перевезення. До того ж, непресована солома легша і набагато габаритніша.

На сезон сушіння 10 тонн сировини потрібно 5 тонн соломи [6].

Солома має малу насипну вагу і для її зберігання необхідні місткі та сухі склади – солома може гнити.

Солома містить хлор, утворює липкий попіл, тому потрібно вибирати топки з нержавіючої сталі, і регулярно їх чистити.

Тюкована солома завантажується вручну, або вилковим автотранспортом. Зараз часто використовується в прямоочних зерносушарках, як з теплообмінниками, так і без, потужністю до 2 МВт·год.

Використовувати соломі замість природного газу більш доцільно в степових і лісостепових регіонах України.

1.7 Паливні брикети

Паливні брикети - це спресовані відходи обробки деревини (тріска, стружка), відходи сільського господарства (лущиння соняшникового насіння, солома, гречки), а також торф.

В'язуча речовина - натуральний полімер лігнін. Хімічні в'язучі домішки використовувати заборонено.

Переваги паливних брикетів:

- горять довше, ніж дрова у 2-4 рази;
- екологічно чистий продукт, складовими їх є тільки природна сировина;
- не вражаються грибками;
- їх зручно зберігати та використовувати;
- висока у порівнянні з іншими видами палива теплотворність, у середньому в 2 рази більша, в порівнянні зі звичайними дровами,
- за рахунок рівного полум'я постійна температура на кожному етапі горіння;
- вміст золи після згоряння – 1-3%. Для порівняння: вміст золи після згоряння кам'яного вугілля - 30-40%, дров-8-16%, тріски-11-18% [6];
- сучасні твердопаливні котли на брикетах можна чистити не частіше ніж 1 раз на рік;
- золу можна використовувати як екологічно чисте добриво;
- чадний газ не виділяється та інші шкідливі речовини не утворюються.

Типи паливних брикетів:

- RUF-брикети - у формі найбільшої цеглини найчастіше мають прямокутну форму;
- NESTRO-брикети - брикет має циліндричну форму, часто має радіальний отвір всередині брикету;
- Pini&Kaу-брикети - брикет, що має 4, 6 або 8 граней і для кращого попадання повітря поздовжній радіальний отвір усередині.

1.8 Традиційні енергоносії для сушарок

Традиційними енергоносіями в сушильній техніці є природний газ, вугілля, скраплений газ і пічне дизпаливо (як правило, дизпаливо, змішане з гасом).

1.8.1 Вугілля

Склад вугілля залежить від віку та умов вуглефікації:

- буре вугілля – наймолодше;
- кам'яне вугілля;
- антрацит - найстарше.

Марки вугілля, яке може коксуватися (Г, Ж, К, ОС) в сушильному виробництві використовуються рідко, тому що вони складають досить дефіцитну сировину для промисловості, зокрема коксохімічної.

По мірі старіння відбувалася концентрація вуглецю та зниження вмісту у вугіллі різних летких складових, та зменшення вологовмісту.

Буре вугілля має відносну вологість на рівні приблизно 30-40%, більше 50% складають леткі компоненти, у антрациті ці 2 показники складають 5-7%.

Вологовміст кам'яного вугілля коливається в межах 12-16%, кількість летких компонентів 40%.

Вугілля також містить різноманітні попелотворюючі добавки, як правило, негорючі, вугільний попіл забруднює доквілля і може спікатися в шлак на колосниках, це суттєво ускладнює процеси горіння вугілля. Наявність такого вмісту породи суттєво зменшує питому теплотворну здатність вугілля.

В залежності від умов видобутку та сорту кількість мінеральних речовин у різних породах вугілля значно відрізняється, зольність кам'яного вугілля сягає 15% (в межах 10-20%).

Сірка є шкідливим компонентом у вугіллі, в процесі згоряння її утворюються сірчисті та сірчані оксиди, котрі у повітрі, з'єднуючись із вологою, яка міститься в оточуючому повітрі перетворюються на сірчану кислоту.

Питома теплота згоряння вугілля (вугільного концентрату) представлена в Таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Питома теплота згоряння вугілля

№	Вид вугілля	Питома теплота згоряння, кДж/кг
1	Буре	14700
2	Кам'яне	29300
3	Антрацит	31000

1.8.2 Дизельне паливо

Дизельне паливо переважно використовується на старих елеваторах і

хлібопереробних підприємствах, де зерносушарки спочатку були орієнтовані на цей вид палива.

Для забезпечення довговічності роботи дизельної топки і її економічності дизпаливо повинне мати такі характеристики:

- мати відповідну в'язкість;
- мати хорошу здатність до утворення сумішей і займистість;
- добре прокачуватися трубопроводами подачі палива за різних температур навколишнього повітря;
- не містити водорозчинних лугів, сірчистих з'єднань і кислот;
- не містити механічних домішок і води.

Чистоту палива можна оцінити коефіцієнтом фільтрованості. Пісок, пил, окалина будуть зменшувати надійність та ефективність роботи паливної апаратури, особливо в автоматичному режимі роботи. Якщо попадаються частки забруднень з розмірами більше 4,0 мкм, це часто викликає підвищене зношування деталей паливної апаратури.

Від вмісту води в паливі залежить його температура помутніння. При температурах, нижчих потрібної точки води, утворені кристали льоду затримуються фільтрами. Калібрувальні отвори форсунки і фільтри забиваються цими кристаликами льоду, що призводить до порушення подачі палива. Як правило, коефіцієнт фільтрованості дизпалив, що відгружаються з підприємств-виробників, знаходиться в межах 1,5 – 2,5.

Дизпаливо має досить низькі екологічні показники. При його спалюванні шкідливі речовини викидаються не тільки в повітря, а також і потрапляють в висушувану сировину. Такий само високий рівень забруднення спостерігається і при сушінні на кам'яному вугіллі [6].

Вартість однієї 1 кВт/год теплоти, що можна одержати при спалюванні природного газу, - 1,63 грн, скрапленого газу - 2,12 грн, дизельного палива - 2,52 грн.

1.8.3 Електроенергія

Електроенергія має дуже велике коло переваг перед іншими видами

теплоносіїв: екологічна чистота, простота використання, простота регулювання потужності, можливість автоматичного ведення сушильного процесу тощо.

Недоліків застосування електричної енергії в сушильних установках є два: висока вартість і складність та дороговизна обладнання для теплогенераторів великої потужності. Але враховуючи наведені вище переваги, електричні нагрівники широко застосовуються для сушарок різних типів невеликої продуктивності.

1.8.4 Природний газ

Природний газ є традиційним паливом для сушильних установок. Він має всі переваги електроенергії, враховуючи і те, що виготовлення і застосування установок великої потужності на природному газу не має суттєвих складнощів. Але дефіцит природного газу як в Україні, так і в світі призводить до того, що газові теплогенератори поступово замінюють на теплогенератори, що працюють на інших видах палива.

Висновки до Розділу 1. В Україні є достатня кількість альтернативних видів палива для роботи сушильної техніки. Одні з них більш придатні для роботи сушарок, інші менш придатні. Разом з тим, не можна ігнорувати і такий традиційний вид палива, як кам'яне вугілля, котре має одну з найвищих теплот згорання і недороге, в порівнянні з такими видами як електроенергія, природний газ, дизельне паливо чи мазут. Однак визначення придатності того чи іншого виду потребують подальших аналітичних досліджень та роботи з математичними моделями.

2 АНАЛІТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ ДОСЛІДЖЕННЯ. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

2.1 Аналіз придатності видів альтернативного твердого палива

Аналіз літературних джерел [1-6] дозволяє порівняти придатність того чи іншого виду альтернативного палива для використання в сушарках періодичної дії. Порівняння альтернативних і традиційних видів палива для сушильної техніки представлено в Таблиці 2.1. Разом з питомою теплотою згорання в таблиці представлені еквіваленти по витраті природного газу, мазуту і дизельного палива.

Таблиця 2.1 – Питома теплота згорання палива різних видів

Вид палива	Од. ви- мір.	Питома теплота згорання, МДж	Еквівалент			Можливість автоматиза- ції
			Газ, м ³	Дизпаливо, літр	Мазут, літр	
1	2	3	4	5	6	7
Електроенергія	кВт/год	3,62	0,108	0,084	0,089	так
Дизпаливо	1 л	43,12	1,288	-	1,062	так
Мазут	1 л	40,61	1,213	0,942	-	так
Газ	1 м ³	33,50	-	0,777	0,825	так
Вугілля буре (W = 30-40%)	1 кг	12,98	0,388	0,301	0,320	так
Вугілля кам'яне (W = 10%)	1 кг	27,00	0,806	0,626	0,665	так
Антрацит	1 кг	28,05	0,838	0,650	0,691	так
Гас	1 л	43,50	1,300	1,010	1,072	так
Торф	1 кг	12,10	0,363	0,282	0,299	ні
Кукурудза (ка- чани, W>10%)	1кг	14,65	0,438	0,340	0,361	ні
Тріска	1 кг	10,93	0,326	0,253	0,269	ні
Тирса	1 кг	8,37	0,250	0,194	0,206	так

Продовження таблиці 2.1						
1	2	3	4	5	6	7
Солома	1 кг	15,70	0,469	0,364	0,387	ні
Костриця лляна	1 кг	15,93	0,477	0,369	0,392	ні
Лушпиння соняшника	1 кг	17,00	0,508	0,394	0,419	так
Торфобрикети	1 кг	17,58	0,525	0,408	0,433	так
Пелета деревна	1 кг	17,17	0,513	0,398	0,423	так
Пелета солом'яна	1 кг	14,51	0,433	0,336	0,357	так
Пелета з луш- пиння соняш- ника	1 кг	18,09	0,540	0,419	0,445	так

З таблиці 2.1 можна зробити висновок, що більшість із перерахованих в ній видів палива з більшим чи меншим успіхом можна застосовувати як джерело теплоти в барабанних сушарках. Основною проблемою є вибір теплогенератора. Причому, оскільки в барабанних сушарках одночасно знаходиться невеликий об'єм завантаження і робота з ними не потребує значного об'єму ручної праці, краще на таку сушарку встановлювати такий теплогенератор, подача палива в якому відбувалася б автоматично. Крім того, бажано, щоб теплогенератор працював не на одному, а на декількох видах палива. Тому, в якості теплогенератора краще застосувати спеціалізований автоматичний пелетний пальник [7].

2.2 Математична модель

2.2.1 Формування початкових даних

Початковими даними є:

- максимальна температура сушіння, 110 °С;
- температура навколишнього середовища, 10 °С;
- температура теплоносія на вході в сушарку, 115 °С;
- початкова вологість матеріалу, 3,5 %;

- кінцева вологість матеріалу, 0,12%;

Розрахунковими величинами є:

- нижча і вища теплоти згорання всіх запропонованих видів палива;
- кількість випаруваної води в сушарці;
- витрата теплоти (фактична) на випаровування 1 кг води;
- розрахунок потужності сушарки;
- сума всіх втрат теплоти;
- ККД сушарки;
- витрата палива;
- годинна вартість роботи сушарки на запропонованих видах палива.

2.2 Опис математичної моделі

Дана математична модель містить 23 лінійних та нелінійних рівняння. Модель побудована на основі відомих рівнянь технічної термодинаміки та рівняннях теплових балансів.

Модель є детермінованою, динамічною, багатовимірною і лінійною, з розподіленими параметрами.

Спрощення та допущення прийняті при створенні моделі:

- для розрахунку теплових втрат через стелю і дно робочої камери сушарки прийнято, що питомий тепловий потік не перевищує 75% від потоку через стінки;
- в якості сировини для сушіння взято нарізані свіжі яблука, для яких норма насипання на піддони становить $g_n = 14 \text{ кг/м}^2$;
- теплофізичні властивості теплоносіїв визначаються за апроксимаційними залежностями, вихідними даними для яких були таблиці [8] із похибкою до 2%;

Головною перевагою даної програми є змога співставляти розрахунки як в графічній, так і в табличній формі за різних значень початкових даних. Це дозволяє оперативно аналізувати залежність розрахункових характеристик сушарки від зміни основних величин, співставляти отримані результати, будувати графіки залежностей та робити відповідні висновки про роботу обладнання. Крім

того, це дає можливість знайти оптимальні значення параметрів сушарки.

Математична модель для варіантного аналізу представлена в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Математична модель для варіантного аналізу

Операція	Позначення	Одиниці ви- мірювання	Формула
1	2	3	4
Введення початкових даних			
Теплота згоряння палива (вища)	Q_b	МДж/кг	$Q_b = 0,339C + 1,25H - 0,109(O - S)$
Теплота згоряння палива (нижча)	Q_n	МДж/кг	$Q_n = Q_b - 2,5 \left(\frac{9H + W}{100} \right)$
Теоретична кількість повітря	L_0	кг/кг	$L_0 = 0,115C + 0,345H - 0,043(O - S)$
Ентальпія водяної пари в сушильному агенті	h_n	кДж/кг	$h_n = 2500 + 1,84t$
Кількість випаруваної води	W	кг/с	$W = G_m \frac{1}{3600 \cdot \tau} \frac{W_n - W_k}{100 - W_k}$
Тиск насичення	P_n	Па	$P_n = e^{\frac{1500,3 + 23,5 \cdot t_0}{234 + t_0}}$
Парціальний тиск пари на вході	P_p	Па	$P_p = \varphi_0 \cdot P_n$
Вологовміст свіжого повітря	d_0	г/кг	$d_0 = 622 \frac{P_p}{101325 - P_p}$
Теплота пароутворення	r	кДж/кг	$r = -2,362 \cdot t_0 + 2501$
Ентальпія свіжого повітря	h_0	кДж/кг	$h_0 = C_n \cdot t_0 + (r + C_n \cdot t_0) \frac{d_0}{1000}$
Коефіцієнт надлишку повітря	α	-	$\alpha = \frac{Q_b \cdot \eta \cdot 1000 + C_m \cdot t_0 - \left(\frac{9H + W}{100} \right) h_n}{L_0 \left(\frac{d_0 h_n}{1000} - h_0 + C_n \cdot t_2 \right)}$
Вологовміст с/а на вході	d_1	г/кг	$d_1 = 2,14 + \frac{10(9H + W) + \alpha \cdot L_0 d_0}{\alpha \cdot L_0 + \left(1 - \frac{9H + W + A}{100} \right)}$

Продовження таблиці 2.1			
1	2	3	4
Ентальпія с/а на вході в робочу камеру	h_1	кДж/кг	$h_1 = C_n \cdot t_1 + (r + C_n \cdot t_1) \frac{d_1}{1000}$
Тиск насичення в/пари для відпрацьованого теплоносія	P_{n2}	Па	$P_{n2} = e^{\frac{1500,3+23,5 \cdot t_2}{234+t_2}}$
Парціальний тиск пари на виході	P_{p2}	Па	$P_{p2} = \varphi_2 \cdot P_{n2}$
Вологовміст відпрацьованого теплоносія	d_2	г/кг	$d_2 = 622 \frac{P_{p2}}{101325 - P_{p2}}$
Питома витрата повітря	ℓ	кг/кг	$\ell = \frac{1000}{d_2 - d_1}$
Витрата повітря	L	кг/с	$L = \ell \cdot W$
Теплота корисна	Q_k	кВт	$Q_k = W \cdot r$
Теплота затрачена	Q_1	кВт	$Q_1 = L \cdot (h_2 - h_0)$
ККД сушарки	η	-	$\eta = \frac{Q_k}{Q_1} 100\%$
Витрата палива	B	кг/с	$B = \frac{Q_1}{Q_n \cdot 1000}$
Затрати на паливо	Σ	грн/год	$\Sigma = \frac{B \cdot \Psi \cdot 3600}{1000}$

З Таблиці 2.1 виберемо ті види як традиційного так і альтернативного палива, які є легкодоступними і недефіцитними на території Вінницької області, а саме:

- 1 – газ;
- 2 – мазут;
- 3 – пелети з дерева;
- 4 – торфобрикети;
- 5 – вугілля кам'яне;
- 6 – дрова;

7 – лушпиння соняшника;

8 – солома;

9 – пелети соняшникові;

10 – пелети з соломи.

За допомогою програми, складеної за математичною моделлю проведемо числовий експеримент для визначення ефективності і доцільності використання різних видів палива для роботи сушильної установки.

Програма, розроблена в пакеті MathCad15 і представлена в Додатку Б. Тому тут, в Розділі 2, ми приводимо лише результати числового експерименту в графічній формі.

2.3 Числові дослідження ефективності різних видів палива для сушіння

2.3.1 Результати числового експерименту та їх обговорення

На Рис. 2.1 представлені залежності витрати альтернативних видів палива і затрати на них для варіантів, що розглядаються.

Як видно з Рис. 2.1 витрата твердого біопалива в порівнянні з традиційними видами палив значно більша, наприклад, якщо для роботи сушарки необхідно спалювати 120 кг гасу на годину, то палива з соняшникового лушпиння – 270 кг/год, а з соломи – 310-320 кг/год, тобто, в порівнянні з гасом чи мазутом втричі більше по масі. Найефективнішим видом твердого палива є торфобрикети, але їх зручно застосовувати в місцях, недалеко від їхнього виготовлення.

Однак, не дивлячись на велику витрату такого твердого біопалива, загальна вартість години роботи сушарки (навіть з врахуванням ручної праці на подачу палива в топку, регулярне очищення теплообмінників і колосникової решітки) приблизно 40-45 грн/год проти 150 грн/год при роботі на мазуті або вугіллі. Якщо ж для палива використовувати гас, то при використанні соняшникового лушпиння чи соломи у вигляді пелет вартість зменшується у 8 разів. Зріз цін на паливо представлений на 05.11. 2024 року.

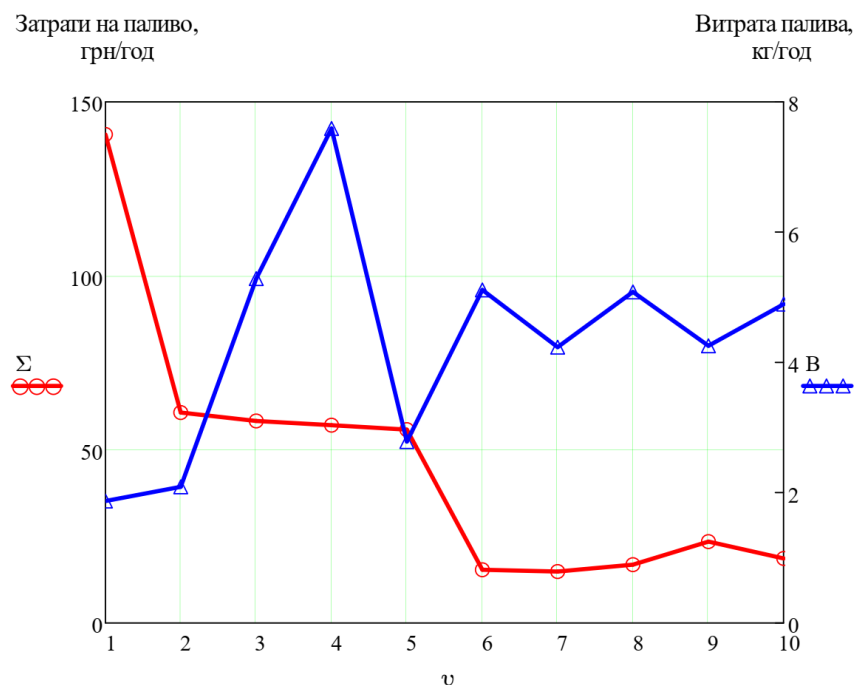


Рисунок 2.1 – Витрата палива і затрати на нього для варіантів, що розглядаються. На осі ν цифрами позначені:

- 1 – газ; 2 – мазут; 3 – пелети з дерева; 4 – торфобрикети;
 5 – вугілля кам'яне; 6 – дрова; 7 – лушпиння соняшника;
 8 – солома; 9 – пелети соняшникові; 10 – пелети з соломи

На Рис. 2.2 представлено зміну коефіцієнта корисної дії сушарки в залежності від виду палива, що застосовується в якості джерела теплоти.

Найбільшим є ККД при застосуванні природного газу і гасу: 45,75%. Для інших видів палива ККД менший, для деревини і вугілля він на рівні 45,2%, а от для твердих альтернативних біопалив коефіцієнт корисної дії практично однаковий і зростає до 45,3%. Однак, слід зазначити, що зміна коефіцієнта корисної дії за використання будь якого виду палива із запропонованих для порівняння, незначна і не перевищує 0,5%.

Коефіцієнт корисної дії сушарки добре корелює з витратою палива (Рис. 2.3). З графіка видно, що найпридатнішим видом альтернативного твердого палива є деревні пелети. Солом'яні пелети, чи пелети з лушпиння соняшника застосовувати можна, але їх витрата на 30% більша, ніж деревних, а за вартістю ці три види пелет практично однакові.

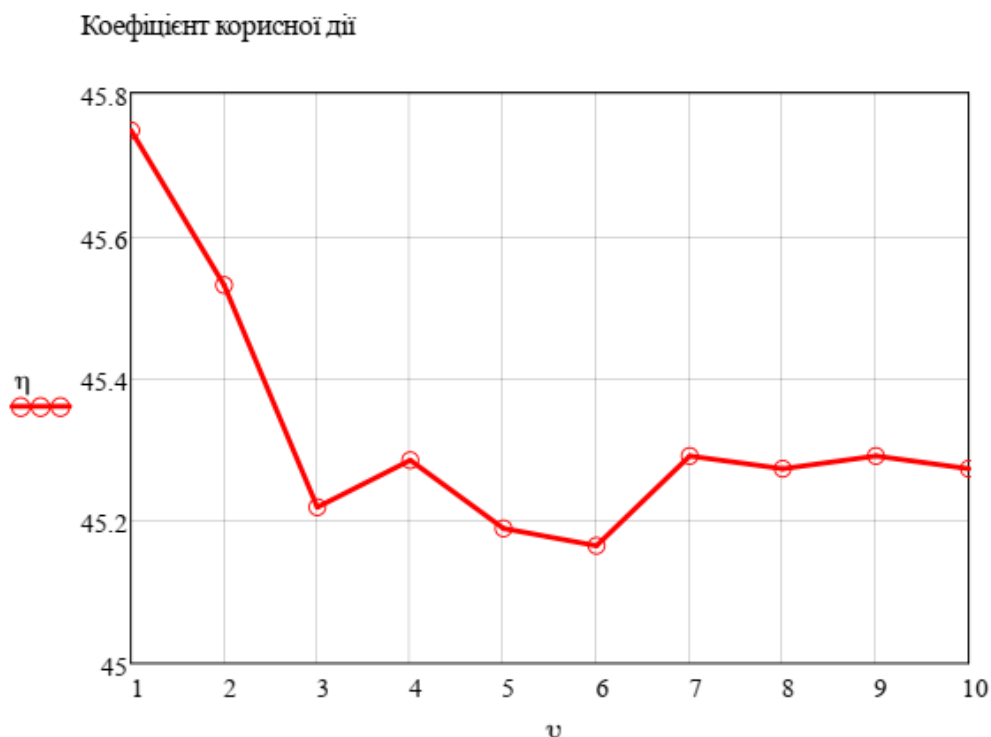


Рисунок 2.2 – Зміна коефіцієнта корисної дії сушарки в залежності від застосованого виду палива. На осі v цифрами позначені:

1 – газ; 2 – мазут; 3 – пелети з дерева; 4 – торфобрикети;
 5 – вугілля кам'яне; 6 – дрова; 7 – лушпиння соняшника;
 8 – солома; 9 – пелети соняшникові; 10 – пелети з соломи

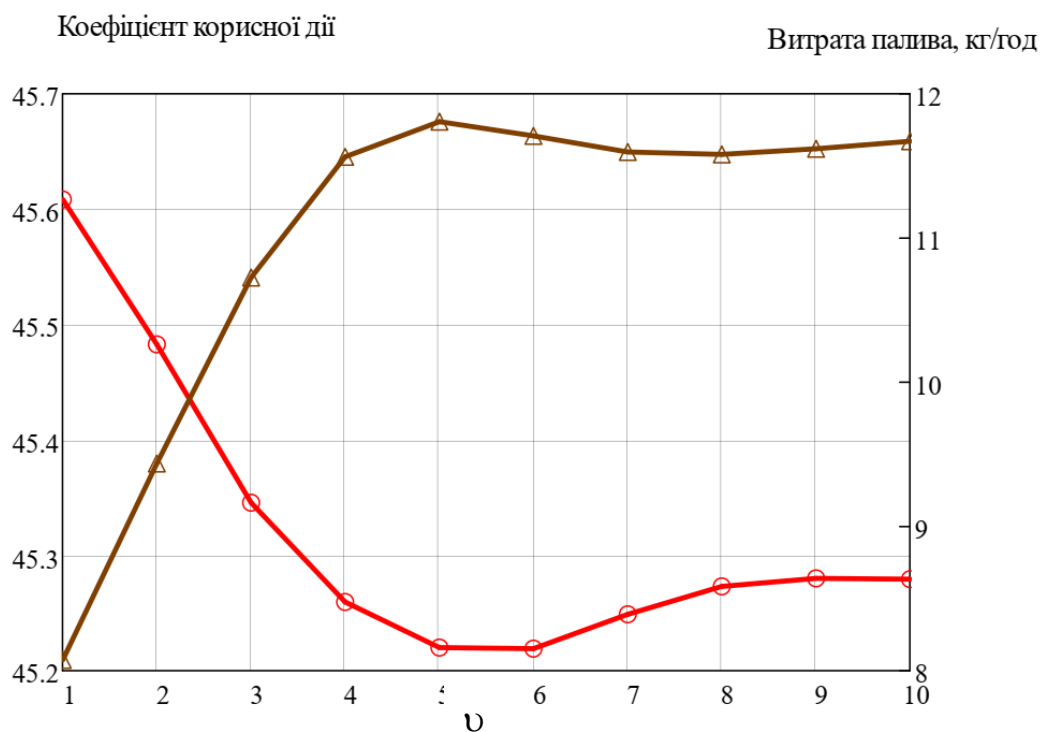


Рисунок 2.3 – Зміна коефіцієнта корисної дії сушарки і витрати палива для різних видів палива для сушарки

Рисунок 2.4 показує сумарні годинні затрати на сушіння при використанні того чи іншого виду палива.

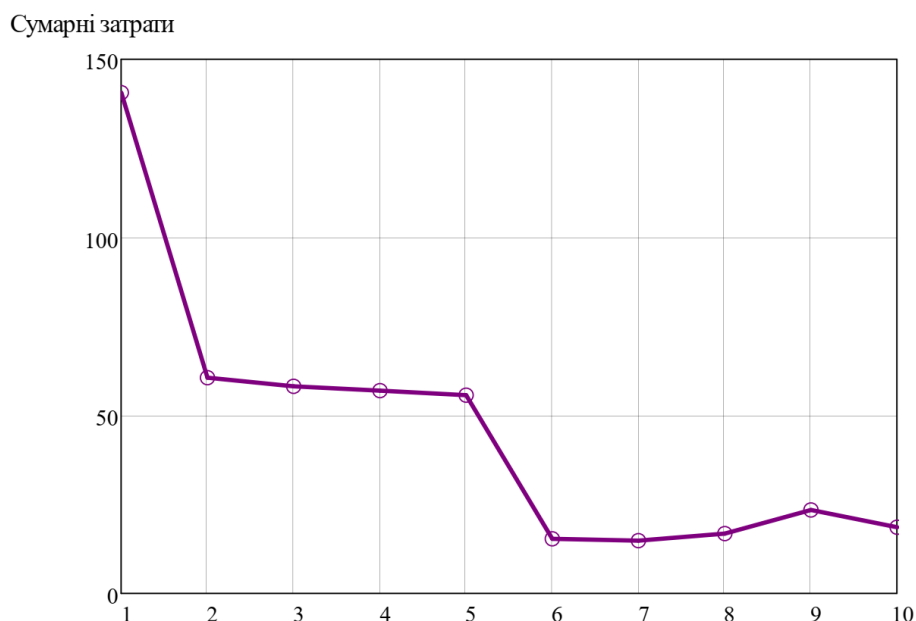


Рисунок 2.4 – Сумарні затрати на 1 годину сушіння в залежності від виду палива. На осі x цифрами позначені:

- 1 – гас; 2 – мазут; 3 – пелети з дерева; 4 – торфобрикети; 5 – вугілля кам'яне;
 6 – дрова; 7 – лущиння соняшника; 8 – солома; 9 – пелети соняшникові;
 10 – пелети з соломи

З рисунка 2.4 видно, що найвигіднішими видами палива для сушарок періодичної дії є дрова, солома і деревні та соняшникові пелети. Всі ці види палива є наявними в нашому Вінницькому регіоні. Але необхідно відмітити, що застосування у вигляді палива солом'яних тюків вимагає або топок великого об'єму, або дуже частого завантаження даного виду палива, а це не дуже зручно, а подекуди і неприйнятно, особливо для сушарок з невеликим завантаженням по сировині (до 1500 кг) і газогенераторними паливними пристроями невеликого об'єму з вбудованими теплообмінниками, або з використанням пелетних пальників типу FOCUS-100 які найчастіше з такими сушарками і використовуються.

Необхідно також зауважити, що графічні залежності (3.1-3.4) не враховують витрати на транспортування палива і його зберігання.

Висновки до Розділу 2.

Таким чином, розробка математичної моделі і її реалізація у вигляді розрахункової програми дозволила виконати аналіз варіантів перспективності застосування різних видів палива для роботи камерної конвективної сушарки.

Розглянуто 10 видів палива, як традиційного, так і альтернативного, побудовано графічні залежності для витрати палива, коефіцієнта корисної дії і сумарних грошових затрат при роботі сушарки на цих видах палива.

Числовий експеримент показує, що найбільш придатним альтернативним паливом для камерних конвективних сушарок є дрова і соняшникові пелети. Коефіцієнт корисної дії сушарок з топками на такому паливі знаходиться на рівні 45,3%, а витрати на годину роботи барабанної сушарки СБМ-20, за цінами на паливо станом на листопад 2024 року становлять 40-45 грн.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Технологія монтажу повітроочисного обладнання в теплову схему барабанної сушарки

3.1.1 Способи очищення повітря

Повітроочисне обладнання призначене для очищення технологічних газів від пилових фракцій різної величини. Для цього існує кілька основних способів:

- аеродинамічні машини для сепарування, які розділяють за фракціями пил, що в них осаджується, в залежності від питомої маси часток. Такий метод оброблення дає змогу очистити теплоносій від пилу та дрібних включень, таких, як, наприклад, соняшникове лушпиння, дроблені зернові, квітковий пилок. Але повітряний потік, що виходить при цьому із аеродинамічної машини, виносить всі ці частки у навколишнє середовище, де зерновий пил потім осідає;

- осадні камери. Це спеціальні резервуари великого об'єму, вони підібрані, виходячи з видатності аеродинамічного сепаратора за об'ємом повітря яке прокачується через нього. В таких осадних камерах швидкість вхідного повітря, знижується через великий об'єм камери. Вони мають досить простий принцип дії: засмічене або запилене повітря потрапляє до камери, а в самій камері частинки пилу, після того, як втратили швидкість, осідають на дно. Призначенням камери є запобігання розлітання найдрібнішого сміття, яке вилітає з повітрям із сушильної камери. Повітря в таких осадових камерах не очищається, а пил, внаслідок сил гравітації збирається у замкненому резервуарі;

- циклонно-осадові комплекси (надалі ЦОК). ЦОК є комбінованими системами очищення, з таким принципом їх роботи: відпрацьований теплоносій направляється до камери під кутом, при цьому засмічене або запилене повітря очищається, а сміття й пил осідають у нижній частині осадової камери та під тиском теплоносія, який входить в камеру, автоматично видаляється через спеціальні люки. Завдяки того, що повітропровід має особливу конструкцію, тиск знижується, частки пилу змінюють свої траєкторії руху, вдаряються об стінки

повітропроводу та осідають внаслідок тертя. ЦОК дозволяє довести очищення відпрацьованого повітря до 80-85% [12].

Збільшити ефективність циклона можна, шляхом зменшення діаметра циклону і збільшення швидкості газу в ньому, але до визначених меж, оскільки з цим пов'язаний зріст енергозатрат, погіршення очищення внаслідок вторинного виносу вловлених частинок, абразивного зношування тощо [13].

Відпрацьований сушильний агент з сушарки містить пил і залишки сировини, тому, для підвищення екологічної чистоти процесу сушіння пропонується розробити систему для очищення відпрацьованого теплоносія перед викиданням його в атмосферу саме на базі циклона.

До монтажних робіт при модернізації сушарки входить монтаж циклона та повітропроводів з відповідною арматурою.

Метою розділу є розробка технології монтажу очисної системи типу ЦОК на базі циклона ЦН-15 в теплову схему барабанної сушарки.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

- підібрати обладнання і необхідні матеріали для монтажу системи;
- визначити склад і об'єми монтажних робіт;
- визначити трудомісткість виконання монтажних робіт;
- скласти календарний графік монтажних робіт, графіки руху машин та механізмів.

3.1.2 Розрахунок допоміжного обладнання

3.1.2.1 Розрахунок повітропроводів

Витрата теплоносія в барабанній сушарці СБМ-20 $G = 3,0 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$;

Густина відпрацьованого теплоносія за температури 65 °С

$\rho = 1,04 \text{ кг/м}^3$ [12].

Приймаємо швидкість відпрацьованого теплоносія в повітропроводах

$\omega = 8 \text{ м/с}$ [12].

Площа поперечного перерізу повітропроводу

$$f = \frac{V}{\omega}, \quad (3.1)$$

$$f = \frac{3,0}{8} = 0,3125 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Еквівалентний діаметр повітропровода

$$d_e = \sqrt{\frac{4 \cdot f}{\pi}}, \quad (3.2)$$

$$d_e = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,3125}{3,14}} = 0,63 \text{ (м)}.$$

Вибираємо прямокутний повітропровід.

Периметр повітропровода

$$\Pi = \frac{4 \cdot f}{d_e}, \quad (3.3)$$

$$\Pi = \frac{4 \cdot 0,3125}{0,63} = 1,98 \approx 2 \text{ (м)}.$$

Приймаємо, що повітропровід квадратний, виготовлений з нержавіючої сталі з довжиною сторони квадрата 0,5 м і товщиною 1 мм [16].

3.1.2.2 Розрахунок і підбір нагнітальної машини для видалення запиленого повітря

Видатність нагнітальної машини з врахуванням 10% підсосу повітря через нещільності становить

$$V = \frac{G \cdot 1,1}{\rho}, \quad (3.4)$$

$$V = \frac{2,25 \cdot 3600 \cdot 1,1}{1,04} = 8567 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{год}} \right).$$

Діаметр циклона

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \omega_{\text{опт}} \cdot N}}, \quad (3.5)$$

Приймаємо кількість циклонів $N = 1$.

Оптимальні параметри для циклона ЦН-15 [17]

$$\omega_{\text{оп}} = 3,5 \text{ м/с}, \quad d_{\text{оп}}^T = 4,5 \text{ мкм}, \quad \lg \delta_{\eta}^T = 0,352.$$

$$D = \sqrt{4 \cdot 2,25 \div [3,14 \cdot 3,5 \cdot 2]} = 0,64 \text{ (м)}.$$

Вибираємо найближче значення типового діаметра циклону $D = 0,65 \text{ м}$ [17].

За вибраним діаметром циклона знаходимо дійсну швидкість руху газу в циклоні

$$\omega_p = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2}, \quad (3.6)$$

$$\omega_p = \frac{4 \cdot 2,5}{3,14 \cdot 2 \cdot 0,65^2} = 3,7 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

Різниця між дійсною швидкістю в циклоні і оптимальною швидкістю не повинна відрізнятися більше як на 15% [18]

$$100 \cdot \left| \frac{3,7 - 3,5}{3,5} \right| \leq 15\%.$$

Коефіцієнт гідравлічного опору циклона

$$\xi = K_1 \cdot K_2 \cdot \xi_{500}, \quad (3.7)$$

де K_1 – поправковий коефіцієнт, що враховує діаметр циклона, беремо $K_1 = 1$ [18],

K_2 – поправковий коефіцієнт що враховує можливе запилення газу, $K_2 = 0,93$ [18],

ξ_{500} – коефіцієнт гідравлічного опору одиночного циклона діаметром 500 мм.

$$\xi = 1 \cdot 0,93 \cdot 155 = 142,6.$$

Гідравлічний опір циклона

$$\Delta P = \xi \frac{\rho \cdot \omega_p^2}{2}, \quad (3.8)$$

де ρ – густина газу, кг/м^3 ;

ω_p – швидкість газу в циклоні, м/с .

$$\Delta P = 142,6 \cdot \frac{1,29 \cdot 3,7^2}{2} = 1259 \text{ (Па)}.$$

Потужність приводу для подачі газу

$$N = \frac{K_3 \cdot \Delta P \cdot V}{\eta_m \cdot \eta_v}, \quad (3.9)$$

де K_3 – коефіцієнт запасу потужності, ($K_3 = 1,2$);

η_m – ККД передачі потужності від електродвигуна до вентилятора, приймаємо $\eta_m = 0,8$ [15].

η_v – ККД вентиляторів, приймаємо $\eta_v = 0,8$ [18].

$$N = \frac{1,2 \cdot 1259 \cdot 2,5}{0,8 \cdot 0,8} = 5901 \approx 6000 \text{ (Вт)}.$$

Повний тиск у вентиляторі при $K = 1,4$ і $\mu = 1,15$ для пилу

$$P = 800 \cdot (1 + 1,4 \cdot 0,15) + 1259 = 2227 \text{ (Па)}.$$

За знайденим значенням вибираємо пиловий вентилятор ВРП7 – 40, № 8 з двигуном АИР160S4 потужністю 15 кВт, частотою обертання 1500 об/хв., повним тиском 2480 Па і масою з двигуном 640 кг. [19].

3.1.2.3 Аналіз об'єкта, який підлягає монтажу

В даному розділі розробляється технологія монтажу повітроочисного обладнання (ЦОК) на базі циклона ЦН-15 в теплову схему барабанної сушарки СБМ-20.

Барабанна сушарка СБМ-20 призначена для сушіння цукру-піску.

Білий цукор-пісок, який надходить до сушарки є кристалічним тілом з переважними розмірами кристалів біля 1 мм. В процесі висушування в барабанних сушарках цукор дрібниться і утворювана при цьому цукрова пудра виноситься повітрям. Методи запобігання здрібненню цукру в процесі висушування мають велике значення в техніці висушування цукру, однак частково цукровий пил все ж виноситься з відпрацьованим теплоносієм, як зменшуючи вихід готового продукту, так і забруднюючи навколишнє середовище. Для вловлювання цукрового пилу (пудри) застосовують рукавні фільтри або циклони.

Циклон працює наступним чином: потік засміченого газу входить в апарат через нагнітальний патрубок в верхній частині, тангенціально до осі. При цьому в апараті утворюється обертальний потік газу, який направлений донизу, до конічної частини апарату. Внаслідок дії відцентрової сили (сили інерції) частки пилу вилітають з потоку і осідають на стінках апарату, поступово рухаючись донизу і потрапляють в нижню частину конуса циклона, звідки виводяться через

випускний отвір в ємність для збирання пилю.

Очищений таким чином від пилової фракції потік газу після цього рухається знизу вгору біля осі циклона, не торкаючись стінок, після чого в верхній частині виводиться з ЦОК через основну вихлопну трубу.

До монтажних робіт при модернізації сушарки входить монтаж циклона ЦН-15 з відповідною арматурою [6] і нагнітального вентилятора ВРП 5-45 №8.

Циклон ЦН-15 в зборі має масу 280 кг, а нагнітальний вентилятор ВРП 7-40 №8 в комплекті з двигуном АИР160S4 має масу 640 кг.

Монтаж циклона починають з установки на фундамент опорних металоко-нструкцій, що складаються з вертикальних стійок з опорами, з'єднаних між собою зв'язками з швелерів і кутників. Перед монтажем циклона його перевіряють на щільність вальцювання кромок листів, якість зварних швів тощо, для чого проводять візуальний огляд пристрою, з якого знято транспортну обрешітку.

Термін служби для циклонів – не менше 10 років. Економічність і простота обслуговування даного циклона полягає в тому що при засміченні його можна розібрати, промити і зібрати протягом 4-6 годин. Низька засміченість поверхні циклона досягається внаслідок високої турбулентності потоку теплоносія, що поступає для очищення, а також за допомогою якісної механічної обробки внутрішньої поверхні корпусу. Вартість монтажу циклона складає 2 – 4 % від вартості обладнання.

Нагнітальні вентилятори поставляються в зборі з двигуном, встановлюються на віброопори і з'єднуються з трубопроводами через гнучкі вставки.

3.1.2.4 Визначення складу і об'ємів робіт

Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів, складання відомостей.

До монтажних робіт системи входить монтаж самого циклона ЦН-15, пилового вентилятора ВРП 7-40 №8 та відповідних газоходів для обв'язки системи. Аналіз конструктивних особливостей об'єкту дозволив скласти перелік основних та допоміжних виробів та необхідних для монтажних робіт матеріалів.

Розрахунки та комплектація основних та допоміжних матеріалів та виробів представлені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Відомість витрат матеріалів

№ п.п.	Найменування матеріалу	Одиниці вимірювання	Кількість	Маса одиниці, кг	Маса, кг
Потреба в основних матеріалах					
1	Циклон ЦН-15-650	шт	1	190	190
2	Вентилятор відцентровий ВРП7 – 40, № 8, з електродвигуном типу АИР160S4, 15,0 кВт.	шт	1	640	640
3	Повітропроводи AD-SPN-T/6-1-500x500-NS/F/3 [16]	м ²	2,8	4,4	12,32
4	Повітропроводи AD-VKP-T/6-1-Ø460-NS/0,5-F/3 [16]	м ²	0,87	4,4	3,8
5	Повітропроводи AD-SPN-T/6-1-450x450-NS/F/3 [16]	м ²	3,78	4,4	16,6
6	Повітропроводи AD-SPN-T/6-1-450x180-NS/F/3 [16]	м ²	0,04	4,4	0,17
7	Відвід прямокутний 90° AD-KP-T/6-1-450x450-NS/0,5-300-450x450/F3 [16]	шт	1	6,71	6,71
8	Відвід круглий AD-KPO -T/6-1-Ø460-NS/0,5-300-Ø460-F/3 [16]	шт	1	7,2	7,2
9	Клапан підвищеної щільності прямокутний до 2500 Па KED-500x500-N-F200-YHL2 [16]	шт	1	68	68
10	Клапан підвищеної щільності NER-Ø460-N-F200-S-3000-YHL3 [16]	шт	1	48,5	48,5
11	Перехід з прямокутного на круглий AD-PSKK_T-500x500-NS/0,5-300-Ø560-F3 [16]	шт	1	5,5	5,5
12	Віброопора ОВ-80 GB PRO [20]	шт	4	5,2	20,8
13	Перехід асиметричний прямокутний AD-PDK-T/6-1-480x480-NS/0,5-N-30-30-300-440x180-F/3-F/2 [16]	шт	1	9,1	9,1

Продовження таблиці 3.1					
1	2	3	4	5	6
14	Конденсаторівідник біметалічний BSS20 PN20 Valsteam ADCA [21]	шт	2	0,42	0,84
15	Вставка гнучка 500×500×300	шт	1	5,2	5,2
16	Вставка гнучка 450×450×300	шт	1	4,8	4,8
17	Кутник 75×75×6	м	10	7,3	73
18	Підошва 200×200×10	м ²	0,12	98	11,76
Потреба в допоміжних матеріалах					
19	Виріб гумовий технічний морозостійкий	кг	2,1		2,1
20	Болти будівельні з гайками і шайбами	т	0,011		11
21	Зварювальні електроди, марка ЭА400	т	0,00039		3,9
22	Мастика гермабутил Izofast	т	0,0005		0,5
23	Болти анкерні	т	0,0014		1,4

Загальна маса усіх матеріалів, що потрібні на встановлення системи, складає 1142,18 ≈ 1142 кг.

Визначення складу робіт

- доставляння деталей до місця під їх монтаж та складування;
- розмічування місць прокладання необхідних для обв'язки повітропроводів;
- монтаж циклона;
- монтаж вентилятора;
- прокладання повітропроводів 500×500 мм;
- прокладання повітропроводів 450×450 мм;
- прокладання повітропроводів діаметром 460 мм;
- встановлення запірної арматури з Ду 500 мм;
- встановлення запірної арматури з Ду 460 мм;
- перше робоче випробування системи циркуляції сушильного агента;

- кінцеве перевіряння системи і здавання системи в експлуатацію;
- повернення допоміжного обладнання на склад.

Визначення об'ємів робіт.

- доставляння необхідних деталей до точок монтажу та їх складування. Одиниці вимірювання в тоннах. Загальна маса всіх необхідних деталей та матеріалів 1142 кг (див. табл. 3.1). Беремо об'єм робіт $V = 1,142$;
- встановлення монтажної рами для циклона. Одиниці вимірювання в тоннах. Загальна маса усіх деталей рами 70,16 кг. Приймаємо об'єм робіт $V = 0,07016$;
- монтаж циклона ЦН-15. Одиниці вимірювання в штуках. Встановлюється один циклон масою 190 кг. Приймаємо $V = 1$;
- прокладання повітропроводів квадратних 500×500 мм. Одиниці вимірювання 100 метрів. Довжина повітропроводів квадратних 500×500 мм складає 1,4 м. Приймаємо об'єм робіт $V = 0,014$;
- прокладання повітропроводів квадратних 450×450 мм. Одиниці вимірювання таких трубопроводів складають 100 метрів. Довжина повітропроводів квадратних 450×450 мм складає 2,1 м. Приймаємо об'єм робіт $V = 0,021$;
- прокладання повітропроводів діаметром 460 мм. Одиниці вимірювання таких трубопроводів складають 100 метрів. Довжина повітропроводів круглих з діаметром 450 мм складає 0,6 м. Беремо об'єм робіт $V = 0,006$;
- монтаж запірної арматури для повітропроводів квадратних 500×500 мм. Одиниці вимірювання 10 штук. Встановлюється 1 клапан підвищеної щільності прямокутний до 2500 Па KED-500×500-N-F200-YHL2 масою 68 кг. Приймаємо об'єм робіт $V = 0,1$;
- монтаж вставки гнучкої 500×500×300 мм. Одиниці вимірювання 10 штук. Встановлюється 1 вставка масою 5,2 кг. Приймаємо об'єм робіт $V = 0,1$;
- монтаж переходу з прямокутного на круглий. Одиниці вимірювання 10 штук. Встановлюється 1 перехід AD-PSKK-T-500×500-NS/0,5-300-Ø560-F3. Приймаємо об'єм робіт $V = 0,1$;

- монтаж відводу круглого AD-KPO-T/6-1-Ø460-NS/0,5-300-Ø460-F/3. Одиниці вимірювання 10 штук. Встановлюється 1 відвід. Приймаємо об'єм робіт $V = 0,1$ шт;
- монтаж нагнітального вентилятора для подачі запиленого повітря. Одиниці вимірювання штуки. Встановлюється 1 вентилятор масою 625 кг. Приймаємо об'єм робіт $V = 1$;
- монтаж вставки гнучкої 450×450×300 мм. Одиниці вимірювання 10 штук. Встановлюється 1 вставка масою 4,8 кг. Приймаємо об'єм робіт $V = 0,1$ шт;
- монтаж відводу прямокутного AD-KP-T/6-1-450×450-NS/0,5-300-450×450-F/3. Одиниці вимірювання 10 штук. Встановлюється 1 відвід. Приймаємо об'єм робіт $V = 0,1$;
- монтаж переходу асиметричного прямокутного AD-PDK-T/6-1-480×480-NS/0,5-N-30-30-300-440×180-F/3-F/2 масою 9,1 кг. Одиниці вимірювання 10 штук. Встановлюється 1 перехід. Приймаємо об'єм робіт $V = 0,1$;
- монтаж запірної арматури для повітропроводів діаметром 460 мм. Одиниці вимірювання в 10 штуках. Встановлюється 1 клапан підвищеної щільності NER-Ø460-N-F200-S-3000-YHL3 масою 48,5 кг. Приймаємо об'єм робіт $V = 0,1$;
- перше робоче випробування системи циркуляції сушильного агента. Одиниці вимірювання в метрах. Загальна довжина труб становить 4,1 м. Приймаємо $V = 4,1$;
- робоча перевірка системи в цілому. Одиниці вимірювання штуки. Приймаємо $V = 1$.

3.1.3 Вибір і обґрунтування методів виконання робіт

3.1.3.1 Послідовність монтажних робіт

Монтаж газоочисного обладнання (циклона ЦН-15 і вентилятора) виконується в такій послідовності:

- розмітка місць установки кріплень на перекритті;
- виготовлення несучої рами;
- встановлення циклона;

- прикріплення до циклона повітропроводів;
- монтаж вентилятора на віброопори;
- під'єднання вентилятора до циклона і отвору вихідного повітря з сушарки.

3.1.3.2 Монтаж повітропроводів

Оскільки по повітропроводах рухається тепле вологе повітря, повітропроводи розташовані відкрито вздовж стін. Уклон трубопроводів складає 0,003-0,005 і спрямований в напрямку конденсатовідвідників, які розташовані в найнижчих місцях.

Оскільки температура теплоносія не перевищує 50 °C і повітропроводи знаходяться в теплому приміщенні, для кращого доступу до вузлів системи теплової ізоляція не передбачена.

При монтажі повітропроводів фланці безпосередньо на циклоні приварювати до повітропроводів забороняється.

Необхідно вимірювати і встановлювати фланці по місцю, виконати прихвачування фланців до повітропроводів ручним зварюванням, проварювання виконувати в віддаленому від циклона місці, при цьому попадання зварювальних бризок на його пластини не допускається. Необхідно також унеможливити перегрівання і плит корпусу і пластин (особливо гумових ущільнень).

3.1.3.3 Монтаж циклона

В даній системі очищення запиленого теплоносія використовується очисний апарат нерозбірного типу. Циклон встановлюється шляхом устанавлення несучої рами, яка кріпиться до основи та коробів барабанної сушарки СБМ-20.

В обов'язковому порядку необхідно передбачити міцність покриття, на якій буде розташована сушильна установка із циклоном. Циклон має бути встановлений таким чином, щоб можна було запобігти гідравлічному удару, який може виникнути в при запуску нагнітального двигуна. Всі повітропроводи, які підходять до циклона, потрібно в будь-якому випадку утеплити в комплексі з прилеглими до плити фланцями. Циклон встановлюють строго вертикально.

Циклон оснащений чотирма опорними косинцями на пояску, для монтажу рами. Циклон може кріпитися фундаментними болтами і дюбелями. При установці апарату на рамі, платформах або міжповерхових перекриттях користувач повинен забезпечити міцне кріплення циклона. При виборі місця для установки циклона необхідно враховувати наявність достатнього для монтажних робіт простору. Для монтажу та подальшого техобслуговування циклона рекомендується залишити близько 1 метра вільного місця з кожного боку. Оскільки для розбирання циклона його кришка із вихлопною трубою повинна бути піднята вгору, необхідно передбачити можливість підведення вантажного крана чи кран-балки і вільний простір над кришкою циклона.

Циклон підключається до повітропроводів через переходи для подачі і відведення середовищ. Невикористані патрубки повинні бути заглушені. Для зручності проведення обслуговуючих робіт рекомендується розміщувати запірні пристрої (вентилі) в легкодоступних місцях. При підключенні циклона до повітропроводу стежити за тим, щоб на переходи циклона з боку повітропроводу діяли мінімальні сили або моменти. При необхідності необхідно підперти повітропроводи запиленого і очищеного теплоносія спеціальними пристосуваннями. При підключенні повітропроводів до переходів на рухомі рамні плити, повітропроводи повинні допускати їх зміщення вздовж осі циклона, що дозволило б підтягувати болтові з'єднання під час його експлуатації.

Розмір затяжки не повинен бути менше мінімального значення, зазначеного в технічній документації та на заводській табличці [22].

3.1.3.4 Монтаж нагнітального вентилятора

Метод встановлення та способи монтажу вентилятора визначають проектом виконання робіт та місцевими умовами.

Монтаж вентилятора ведуть у такій послідовності:

– перевіряють комплектність поставки вентилятора та його деталей, а також наявність електродвигунів, пристроїв, що огорожують, анкерних болтів;

- роблять ревізію (замовник або монтажна організація) вентиляторів та електродвигунів, якщо вони не пройшли передмонтажну ревізію;
- піднімають та встановлюють вентилятор (при необхідності його зібравши) за допомогою вантажопідйомних засобів на фундамент, майданчик чи кронштейни;
- перевіряють правильність установки вентилятора та закріплюють його в проектному положенні до опорних конструкцій;
- перевіряють роботу вентилятора.

Для монтажу нагнітального вентилятора слід передбачити заземлення корпусу двигуна.

3.1.3.5 Вибір машин і механізмів

Апарати, деталі, матеріали та обладнання для встановлення системи очищення теплоносія завозяться автомобілем "ГАЗ – 3309" централізовано. Технічні характеристики автомобіля представлені в таблиці 3.2 [23] .

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики автомашини "ГАЗ – 3309" [23]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	кг	до 4500
Кількість осей:		
всього	шт	2
ведучих	шт	1
Вантажна висота	мм	1365
Найбільша швидкість	км/год	95
Радіус повороту	м	8
Коля коліс:		
передні	мм	1630
Задні	мм	1690
Витрата палива	л/100 км	19,3
Габарити:		
Довжина	мм	6436
Ширина	мм	2700
Висота	мм	2905
Маса	кг	3530

Для монтажу циклона, несучої рами та нагнітального вентилятора потрібно застосувати бензиновий навантажувач вилковий Toyota 8FG15/8FGF15, 1.5 тонн, характеристики якого наведено в таблиці 3.3 [24].

Для зварювання стиків повітропроводів використовується зварювальний апарат інверторного типу JASIC TIG 180P (W211). Його характеристики вказані в таблиці 3.4 [125].

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики навантажувача вилкового Toyota 8FG15/8FGF15 [24]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	т	1,5
Висота підйому вилки	м	7
Розміри в транспортному положенні довжина висота ширина	м	2,29 2,08 1,07
Маса	т	2,25

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики зварювального апарата інверторного типу JASIC TIG 180P (W211)

Величина	Одиниця виміру	Значення
Номінальна напруга мережі	В	220
Номінальний зварювальний струм	А	10 – 280
Діаметр електродів	мм	2 – 4
Споживана потужність	кВт	6,5
Номінальна робоча напруга	В	17,2
Габарити	мм	355x130x210
Маса	кг	5,94

Для монтажу використовують інструменти, список яких наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Набір інструментів та пристосувань для монтажників [30]

Найменування	ДСТУ, марка	К-ть, шт.	Загальна маса, кг
Ключ гайковий двосторонній М19х22 мм	ДСТУ ГОСТ 2839-80	6	1,2
Плоскогубці комбіновані	ДСТУ ГОСТ 7236-93	7	1,6
Викрутки	ДСТУ Б В.2.8-23:2009	10	0,31
Молоток слюсарний	ДСТУ Б В.2.8-23:2009	5	1,8
Зубило слюсарне довжиною 200 мм	ДСТУ Б В.2.8-23:2009	4	2,1
Молоток гумовий		7	1,9
Стрічка вимірювальна, 20 м	ДСТУ Б В.2.8-23:2009	6	0,12
Рівень металевий	ДСТУ Б В.2.8-23:2009	2	0,22
Висок	ДСТУ Б В.2.8-23:2009	3	0,2
Ящик переносний для інструменту		12	3,2
Всього:			38,65

Щоб випробувати змонтовані повітропроводи на герметичність та міцність планується використати вентилятор відцентровий високого тиску НВВ-2-450/71-400Т, його характеристики подані в таблиці 3.6 [31].

Таблиця 3.6 – Технічні характеристики вентилятора відцентрового НВВ-2-450/71-400Т [20]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Максимальна витрата	м ³ /год	4000
Статичний тиск	Па	3500
Швидкість обертів	об/хв	2900
Маса	кг	75

3.1.4 Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

3.1.4.1 Визначення складу бригад і підбирання монтажних інструментів

Склад бригад та середній розряд робітників для виконання монтажних робіт визначається у відповідності з нормативними документами.

1. Доставка деталей до місць монтажу та їх складування. Водій і робітник.

2. Встановлення несучої конструкції. Два монтажники, 1 - 3, 1 - 6 розрядів.
3. Монтаж циклона. Два монтажники 3, 4 розрядів.
4. Прокладання повітропроводів діаметром 480мм. Два слюсарі-вентиляційники 3, 2 розрядів.
5. Прокладання повітропроводів діаметром 300мм. Два слюсарі-вентиляційники 3, 2 розрядів.
6. Встановлення запірної арматури Ду 480. Слюсар-сантехнік 4 розряду.
7. Встановлення запірної арматури Ду 300. Слюсар-сантехнік 4 розряду.
8. Монтаж вентилятора. Два монтажники 3 розряду.
9. Перше робоче випробування окремих частин. Два слюсарі-вентиляційники 5, 3 розрядів.
10. Робоча перевірка системи в цілому. Два слюсарі-вентиляційники 5, 3 розрядів.
11. Повернення допоміжного обладнання на склад. Робітник, водій.

3.1.4.2 Трудомісткість монтажних робіт

$$Q = V \cdot H_q / B, \quad (3.10)$$

де V – об'єм робіт;

H_q – норма часу на одиницю виміру, люд/год;

B – кількість годин в зміні, год.

Тривалість монтажних робіт

$$T = Q / n, \quad (3.11)$$

де Q – трудомісткість монтажних робіт, люд/дні;

n – кількість робітників, люд.

Результати розрахунку зведені в таблицю 3.7.

Таблиця 3.7 – Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

Найменування робіт	Од. виміру	Об'єм робіт	Норма часу, люд/год	Трудомісткість люд/дні	Виконавці		Тривалість, днів
					кількість	Склад ланки	
1	2	3	4	5	6	7	8
Доставляння деталей до місць монтажу та їх складування	т	1,484	4,4	0,82	2	Робітник, водій	0,41
Встановлення несучої конструкції [15]	т	0,07	27,36	0,24	2	Монтажник 3, 6 розрядів	0,12
Монтаж циклона [16].	шт	1	12,75	1,6	2	Монтажник 4, 3 розрядів	0,8
Прокладання повітропроводів діаметром 480мм [17].	100 м ²	0,0016	231,2	0,05	2	Слюсар-вентиляційник, 3, 2 р.	0,025
Прокладання повітропроводів діаметром 300мм [17].	100 м ²	0,005	231,2	1,15	2	Слюсар-вентиляційник, 3, 2 р.	0,575
Встановлення запірної арматури ДУ 480 [17].	100 шт	0,01	2,5	0,003	1	Слюсар сантехнік 4 розряду	0,003
Встановлення запірної арматури ДУ 300 [17].	100 шт	0,01	2,5	0,003	1	Слюсар сантехнік 4 розряду	0,003
Монтаж вентилятора [18].	шт	1	15,91	1,99	2	Монтажник 3 розряду	1,0
Перше робоче випробування системи циркуляції	100м	0,0658	5,4	0,044	2	Слюсар вентиляційник 5, 3 розрядів	0,022

Продовження таблиці 3.7							
1	2	3	4	5	6	7	8
Робоча перевірка системи в цілому	шт	1	2,9	2,9	2	Слюсар вен-тиляційник 5, 3 розрядів	1,45
Повернення до-поміжного обладнання на склад	т	0,119	3,1	0,046	2	Робітник Водій	0,023
				8,846			5,431

3.1.5 Організація робочих місць та побутових приміщень

При організації робочих місць та побутових приміщень слід користуватись положеннями ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві».

При монтажі теплотехнічних конструкцій, виробів, трубопроводів і обладнання потрібно передбачити низку заходів для запобігнення негативного впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів на працівників. А саме:

- заборонено розташувати робочі місця поблизу при перепаді їх по висоті 1,3 м або більше;
- біля рухомих деталей машин, при переміщенні конструкцій або матеріалів;
- унеможливити обвалення елементів змонтованих конструкцій;
- мінімізувати можливість падання матеріалів або інструменту з робочих місць;
- заборонено виконання монтажних або слюсарних робіт у зонах біля повітряних ліній електропередачі;
- заборонено піднімати вантажі, маса яких перевищує вантажопідйомність піднімальних механізмів;
- унеможливити перекидання автомашин або падіння з них частин або матеріалів;
- враховувати освітленість робочих місць;

– заборонено підвищувати напругу вище дозволеної в електричних колах, замикання яких може відбутися через тіло людини.

Монтажні майданчики (соди відносяться також і площадки з об'єктами будівництва, що знаходяться на них, виробничі і санітарно-побутові приміщення і споруди), ділянки робіт і безпосередньо робочі місця необхідно підготувати для безпечного виконання робіт.

При виконанні робіт на монтажному майданчику працівники повинні бути забезпечені санітарно-побутовими приміщеннями (умивальниками, душовими, гардеробними, сушарками для одягу і взуття, в холодну пору року приміщеннями для обігріву, для відпочинку та вживання їжі, особистої гігієни жінок, туалетами тощо), медичним обслуговуванням і питною водою відповідно до чинних нормативів і згідно до колективного договору (угоди).

Санітарно-побутові приміщення і обладнання повинні вводитися в експлуатацію ще до початку виконання будь-яких монтажних робіт.

В санітарно-побутових приміщеннях необхідно мати достатню кількість шаф, столів та стільців.

Площа санітарно-побутових приміщень визначається відповідно до кількісного складу робітників у найбільш багаточисельну зміну на об'єкті за укрупненими нормативними показниками.

На будівельних об'єктах необхідно мати аптечки з медикаментами, ноші, фіксуючі шини та інші засоби надання першої долікарської допомоги.

Приміщення для вживання їжі, пиття води, облаштовуються на відстані не більшій від 75 м по горизонталі і не більшій від 10 м по вертикалі від робочих місць.

Всі санітарно-побутові, виробничі та технічні приміщення, проходи для людей, місця відпочинку зміни, робочі місця на монтажному майданчику потрібно розташовувати за межами небезпечних зон.

У випадку розташування виробничих та санітарно-побутових приміщень в небезпечних зонах, необхідно розробляти позмінні графіки для безпечного перебування у цих приміщеннях людей.

Якщо об'єкт будівництва не прийнятий під монтажні роботи, їх виконувати не дозволяється.

3.1.6 Монтажне регулювання і здавання системи в експлуатацію

Систему регулюють лише у випадках, коли фактичні витрати повітря за не відповідають проєктним даним. Витрату повітря в мережі повітроводів регулюють встановленими шиберами.

Систему випробовують на герметичність, справність арматури, справність інших пристроїв, справність обладнання тільки після повного завершення всіх робіт з монтажу.

Проєктна продуктивність установки та проєктні витрати повітря по вентиляційних отворах після закінчення регулювання мережі можуть бути досягнуті шляхом зміни ступеня відкриття дроселюючих пристроїв, встановлених на відповідних повітропроводах, або шляхом зміни частоти обертання вентилятора.

Відхилення показників з витрат повітря від норм, що передбачені проєктом після регулювання та випробування систем вентиляції і кондиціонування повітря допускаються:

$\pm 10\%$ - при проходженні повітря в повітророзподільних та повітроприймальних пристроях загальнообмінного устаткування, при умовах та можливості нормально забезпечити необхідний підпір (розрідження) повітря в приміщенні;

$\pm 10\%$ - якщо повітря видалене через місцеві витоки.

Величина підсмоктування або витоку повітря в гнучких вставках і клапанах не повинна перевищувати величин, зазначених у технічних умовах і паспортах на це обладнання.

У тих випадках, коли необхідна продуктивність установки не може бути досягнута за допомогою встановленого вентилятора або електродвигуна, то заміна цього обладнання повинна бути узгоджена з проєктною організацією.

Випробування на герметичність здійснюють перед накладенням теплової ізоляції (якщо вона передбачена) і фарбування. Випробовують повітроводи за

ДСТУ ГОСТ 3845-82 таким тиском, який би перевищував робочий тиск на 0,5 МПа, але він має бути не більшим 1 МПа на протязі 10 хвилин; при цьому допускається зниження тиску не більше ніж на 0,1 МПа [27].

Всі випробування системи оформляють відповідними актами. При остаточному прийманні системи до експлуатації готують документи:

- відповідні акти, документацію та кресленики про погодження на додаткові види робіт і зміни, які виникли при виконанні монтажних робіт;
- відповідні акти на можливі види прихованих робіт;
- акти випробувань обладнання, монтажних вузлів, пристроїв або окремих елементів при цьому мають бути додані всі паспорти;
- акти випробувань на ефективність роботи обладнання (маються на увазі насоси, баки, пожежні крани тощо) та на герметичність мереж.

Під час приймання мають перевірити:

- чи відповідає монтаж затвердженому проєкту;
- міцність усіх стійок, навісних та стаціонарних кріплень;
- чи мають місце ухили повітропроводів, для спорожнення їх від конденсату;
- чи відсутні витoki повітря в обладнанні, арматурі, з'єднаннях;
- ефективність вмикання і вимикання електричних елементів конструкції;
- роботу автоматизації.

Усі зазначені дефекти і неполадки вказують в актах приймання, відхилення від затвердженого проєкту оформляють відповідними актами із погодженням, результати випробування обладнання і системи в цілому, оформляють актами якості виконаних робіт, складають акти про наявність недоробок (якщо є), вказують терміни для їх усунення.

Необхідно відмітити, що різні спеціалізовані експлуатаційні організації, забезпечені необхідними запасними деталями, матеріалами та обладнанням для виконання поточних ремонтів внутрішніх санітарно-технічних систем спеціалізовані ремонтні цехи значно можуть підвищити рівень технічної експлуатації [15].

Висновки до підрозділу 3.1.

В підрозділі розроблено технологію монтажу ЦОК на базі циклона ЦН-15 для очищення відпрацьованого теплоносія при сушінні цукру в барабанній сушарці СБМ-20.

Виконано підбір обладнання і матеріалів для монтажу циклона ЦН-15 та нагнітального вентилятора ВЦП 4-70-7Ж-02, визначено загальну масу обладнання, яка склала 1365 кг.

Визначено склад і об'єми робіт, трудомісткість виконання монтажних робіт, необхідне обладнання для монтажу.

Розраховано необхідну кількість робітників, необхідних для монтажних робіт, із зазначенням їхніх спеціальностей.

Розроблено заходи та розглянуто організаційні та технологічні питання з монтажу очисної системи.

Розроблено аксонометричну схему системи, плани монтажу додаткового обладнання. Виконання потрібних розрахунків дозволило розробити календарний план монтажу системи, графіки руху робітників та руху машин та механізмів.

3.2 Автоматизація модернізованої сушарки

3.2.1 Призначення автоматизації

Автоматизація сушарки призначена для надійності роботи усієї сушильної установки, високої якості процесу сушіння та самого технологічного процесу. Сушарка призначена для виробництва сушні з яблук, груш, кісточкових плодів тощо.

Автоматичне підтримання оптимальних температурно-вологісних характеристик теплоносія є основою для отримання стабільно високої якості виробленої сушні, є головною задачею автоматизації процесу сушіння.

В барабанних конвективних сушарках з рециркуляцією основним елементом є обертальний барабан, всередині якого рухається сировина, а протитоком до неї з калорифера чи теплообмінника рухається гарячий теплоносіє. Завантаження і вивантаження матеріалу відбувається з протилежних сторін барабана. Головним фактором для отримання якісної продукції є збереження температури в камері сушарки не більше заданої для даного технологічного процесу [32].

Сигналізація про зміну параметрів і захист, який діє на автоматичну зупинку сушарки, фізично необхідні, тому що оператор за всіма параметрами прослідкувати не в силах. Внаслідок цього можуть виникнути аварійні ситуації. Наприклад, перевищення температури в робочій камері сушарки призводить до браку продукції (втрати нею необхідних вітамінів та корисних властивостей).

Мета управління процесом сушіння полягає в забезпеченні висушування вологого сипкого матеріалу, яким є цукор-пісок що надходить в сушарку до заданого значення вологості.

В якості об'єкта керування при автоматизації процесу сушіння цукру-піску представлена барабанна протитокова сушарка, в якій сушильним агентом є підігріте до робочої температури повітря навколишнього середовища (теплоносіє). Показник ефективності для цього процесу є залишкова вологість цукру, який виходить з барабана сушарки, а метою керування процесом сушіння - підтримання цього параметра на певному значенні.

Основні збурювачі процесів сушіння це зміна вологості, витрати і вхідної температури теплоносія та зміна вхідної витрати матеріалу і його залишкова вологість.

Метою розділу є розробка схеми автоматизації барабанної сушарки для підвищення її енергоефективності.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- забезпечити надійне управління витратою теплоносія в робочій камері;
- організувати контроль і регулювання температури теплоносія в сушарці.
- забезпечити автоматичне управління теплогенератором.
- підвищити безпеку персоналу та обладнання шляхом встановлення технологічної сигналізації, яка б сповіщала про надмірну загазованість приміщень та різке збільшення або зменшення температури.

3.2.2 Опис технологічного процесу та характеристика обладнання

Автоматизація технологічних процесів є етапом комплексної механізації, що має на меті та характеризується вивільненням людини від безпосереднього виконання функцій керування технологічним процесом і передачею цих функцій автоматичним пристроям. Отримання, передача, перетворення і використання енергії, матеріалів і інформації при автоматизації технологічних процесів мають виконуватися автоматично з використанням систем управління і спеціальних технічних засобів.

Автоматизація сушарки призначена для надійності роботи усієї сушильної установки, високої якості процесу сушки та самого технологічного процесу. Сушарка призначена для сушіння цукру-піску. Стабільно висока якість виробленої продукції, що може бути досягнута автоматичним підтриманням оптимальних температуро - вологісних параметрів сушіння є головною задачею автоматизації процесу сушіння [32].

В процесі сушіння цукру-піску в барабанних, шахтно-ступінчастих та камерних сушильно-охолоджуючих установках з конвективним підведенням теплоти вологовміст цукру змінюється вздовж апарату в 7-13,5 разів. Тому

сушильно-охолоджуючі установки відносяться до об'єктів з одномірно розподіленими параметрами. Найбільш розповсюджені на цукрових заводах одно та двохбарабанні установки. Типовими для сушіння та охолодження цукру-піску є камерні апарати з псевдозрідженим шаром. Сушарки різних типів, як об'єкти з розподіленими параметрами найбільш повно описані в роботі [33].

Розглянемо в якості прикладу опис динаміки барабанної сушарки з поперечною подачею сушильного агенту. В якості вихідної величини прийнятий вологовміст матеріалу на виході з сушарки, в якості збурюючі впливів – вхідний вологовміст та витрата матеріалу, температура, вологовміст та витрата вхідного повітря. При розробці математичної моделі прийнятий ряд припущень. Складені диференціальні рівняння енергії для повітря, матеріалу і барабана, рівняння збереження маси для вологи та сухого матеріалу. Отримана система нелінійних диференціальних рівнянь в частинних похідних шляхом лінеаризації перетворена в систему лінійних диференціальних рівнянь, в частинних похідних. Ці рівняння дуже складні, тому вони вирішені не ЕОМ, отримані амплітудно-фазові характеристики та аналітичні вирази передаточних функцій за п'ятьма вищеперерахованими каналами

$$W_1(p) = k_1 \exp(-\tau_1 p); \quad (3.12)$$

$$W_2(p) = \frac{(T_2 p + 1) \exp(-\tau_1 p)}{T_3 T_4 p^2 + (T_3 + T_4) p + 1}; \quad (3.13)$$

$$W_3(p) = -k_3 \frac{1 - \exp(-\tau_5 p)}{\tau_5 p} - k_4 \frac{\exp(-\tau_5 p)}{T_6 p + 1}; \quad (3.14)$$

$$W_4(p) = -k_5 \frac{1 - \exp(-\tau_5 p)}{\tau_5 p} + k_6 \frac{\exp(-\tau_5 p)}{T_7 p + 1}; \quad (3.15)$$

$$W_5(p) = -k_7 \frac{1 - \exp(-\tau_5 p)}{\tau_5 p} - k_8 \frac{\exp(-\tau_5 p)}{T_8 p + 1}, \quad (3.16)$$

де k_i , T_i , τ_i – коефіцієнти передачі та постійні часу, числові значення яких приведені в роботі [33].

Шляхом вирішення нелінійних диференціальних рівнянь чисельним методом на ЕОМ отримані динамічні характеристики у вигляді кривих розгону, які дозволяють оцінити зміну вихідної величини при різноманітних збуреннях і порівняти нелінійну модель з лінійною.

В сушарці з псевдозрідженим шаром та направленим рухом матеріалу динаміка першого періоду сушки (при постійній швидкості процесу) наближено описана в роботі [34], яка розглядає об'єкт як розподільний.

Другий період сушіння (з пониженою швидкістю) описаний І.П. Баумштейном, Н.А. Головановою та ін. [33], які прийняли об'єкт як зосереджений. При складанні математичної моделі процесу, як і для барабанних сушарок, прийнятий ряд припущень, складені диференціальні рівняння матеріального балансу вологи в матеріалі і повітрі, рівняння теплового балансу для матеріалу, повітря, решітки та стінок. Отримана система нелінійних звичайних диференціальних рівнянь вирішена на ЕОМ числовими методами. Отримані графіки динамічних характеристик, які зв'язують температуру і вологовміст матеріалу на виході з апарату з температурою, витратою повітря і вологовмістом на вході в апарат, які дозволяють оцінити вплив нелінійності моделі.

Таким чином, сушарки є нелінійними об'єктами з розподіленими параметрами і описуються складними рівняннями, що вирішуються на ЕОМ, які дозволяють лише якісно проаналізувати вплив збурень. Тому з розвитком аналітичних методів необхідно проводити експериментальне дослідження динаміки сушильних процесів, для чого й успішно використовуються методи статичної динаміки й математичної статистики.

За зміною матеріального потоку сушильні апарати являють собою послідовне з'єднання α -періодичної та запізнюючої ланок.

В барабанних сушарках висушування цукру відбувається неперервно за атмосферному тиску. В барабані шар матеріалу, що висушується, рухається по похилій площині, яка при цьому обертається. Вологий цукор подається в барабан, а висушений відбирається з різних кінців. Сушіння виконують гарячим повітрям або (що екологічно невірно) топковими газами, котрі мають напрямок руху протитоком до напрямку руху цукру.

3.2.3 Організація управління сушаркою на основі системного підходу

Представлення теплової схеми сушильної установки у вигляді складної системи: системний підхід дає зрозуміти що всі елементи системи і всі операції в ній повинні розглядатись тільки як одне ціле, тільки у взаємозв'язку 1 системи з іншою. Його можна застосовувати на різних рівнях – починаючи з конкретної ділянки і до всього підприємства. У всіх цих випадках об'єкт керування можна розглядати як цілісну систему. Управління об'єктом є тим ефективнішим, чим більш оптимально підібрані елементи управляючих систем та скоординовані дії. Під час вибору ресурсів управління вказане правило необхідно обов'язково враховувати.

Робота кожної з підсистеми залежить від загальної роботи системи та може впливати на всю систему загалом. Тому регулюючи параметри 1 системи, ми впливаємо на роботу усієї сушильної установки, що змінює показники роботи теплової схеми. Існують 5 принципів теорій системного підходу, і всіх їх можна застосувати до даної системи.

Перший принцип – система теплової схеми сушарки розглядається як 1 ціле, а також її не дозволяється розглядати як просте з'єднання елементів. Ми розглядаємо теплову схему сушарки в цілому, а не з'єднання разом котла, теплообмінника та сушарки.

Другий принцип – в системі теплової схеми є свої властивості, але певні окремі елементи не мають таких властивостей як система загалом. Наприклад, властивості котла впливають на властивості інших елементів, зокрема на роботу теплообмінника, таким чином, що формуються нові властивості всієї системи. В

даному випадку при зміні температури повітря на подачі змінюється витрата палива, внаслідок чого росте витрата газів. Це в свою чергу призводить до зміни роботи газоповітряного середовища. Отже зміна властивостей 1 підсистеми впливає на зміну властивостей іншої підсистеми, що спричиняє зміну властивостей усієї системи в цілому.

Третій принцип – ефективність. Кожний елемент повинен працювати ефективно, тому що, коли маємо низькі ККД котла чи теплообмінника, то це в свою чергу призводить до погіршення параметрів теплоносіїв, що в свою чергу погіршить процес протікання сушіння.

Четвертий принцип – систему не можна розглядати ізольовано від навколишнього середовища. Дана система входить до теплової схеми. Наприклад, якщо температура навколишнього середовища знизиться чи збільшиться, то відповідно температура повітря на вході в газоповітряний теплообмінник знизиться чи збільшиться, яка в свою чергу буде впливати на всю систему.

П'ятий принцип – поділ системи на підсистеми. Теплову схему сушарки ділимо на менші функціональні частини: котел, теплообмінник та сушильна установка, кожен з яких можна поділити на менші функціональні частини. Наприклад, систему газоповітряного теплообмінника можна поділити на систему димових газів та систему повітря. Отже, таким чином наведені принципи допомагають визначити терміни системи, як багаторівневої конструкції з взаємопов'язаних елементів, що об'єднують інші системи декількох рівнів, для того щоб досягти єдиної мети – ефективного функціонування великої системи [35].

3.2.4 Опис параметрів автоматизації

Автоматизація барабанної сушарки СБМ-20 для сушіння цукру-піску виконувалась за такими параметрами:

- температура повітря в робочій камері не більше 90 С°, початкова вологість матеріалу 1,5%, кінцева 0,3%, видатність сушарки 20,8333 т/год (за сухим продуктом);

- параметрами, що потребують автоматичного регулювання: температура відхідних газів після топки, температура теплоносія на вході в сушарку $t=90\text{ }^{\circ}\text{C}$, на виході з сушарки $t=37\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- до технологічного захисту входять: вихід з ладу головного вентилятора, вихід з ладу системи подачі палива;
- технологічний контроль: температура і вологість повітря на вході в топку, на виході з топки, на вході в сушарку, на виході сушарки, вологість каоліну на вході і виході з сушарки;
- технологічна сигналізація: температура в контрольних точках відхиляється від номінального на 5%, вихід із ладу головного вентилятора і дуттєвих вентиляторів топки [35].

Головним теплоносієм в сушарці є відхідні гази, які ми отримуємо на виході з теплогенератора, також ми утилізуємо відхідні гази (після виходу з сушарки), підігріваючи холодне повітря в теплообміннику.

3.2.5 Обґрунтування вибору величин, які підлягають регулюванню

3.2.5.1 Регулювання температури повітря на вході та виході з робочої камери сушарки.

Управління температурою повітря на вході та виході з робочої камери сушарки здійснюється за схемою зображеною на рисунку 3.1.

Зміна температури повітря на вході в робочу камеру сушарки відіграє роль головної збурюючої дії. Внаслідок такого збурення процес сушіння є ненадійним.

Отже для надійності процесу необхідно підтримувати задану температуру повітря. Вимірювання повітря здійснюється за допомогою датчика температури DS18B20.

Датчик температури DS18B20 є своєрідним цифровим термометром з діапазоном вимірювання від $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ і точністю $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ в діапазоні від $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ [5]. Даний діапазон температур дозволяє точно проводити

регулювання, оскільки для заданої сушарки робочими температурами є $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$, $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Сигнал про відхилення заданих величин температур подається на пульт.

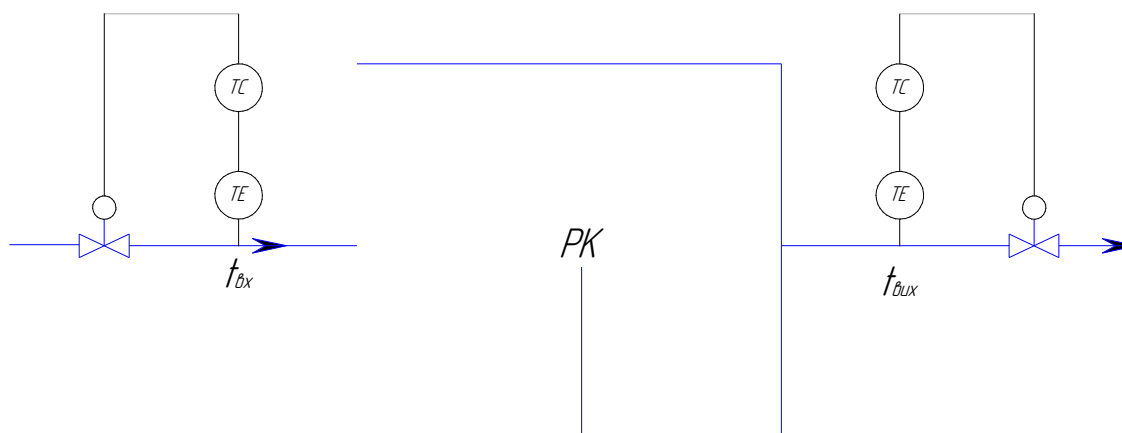


Рисунок 3.1 – Регулювання температури повітря на вході та виході з робочої камери сушарки

3.2.5.2 Регулювання вологості повітря на вході та виході з робочої камери сушарки.

Для надійності системи регулювання вологості повітря, на вході та виході з робочої камери сушарки необхідно автоматизувати процес регулювання. Автоматизований процес регулювання зображений на рисунку 3.2.

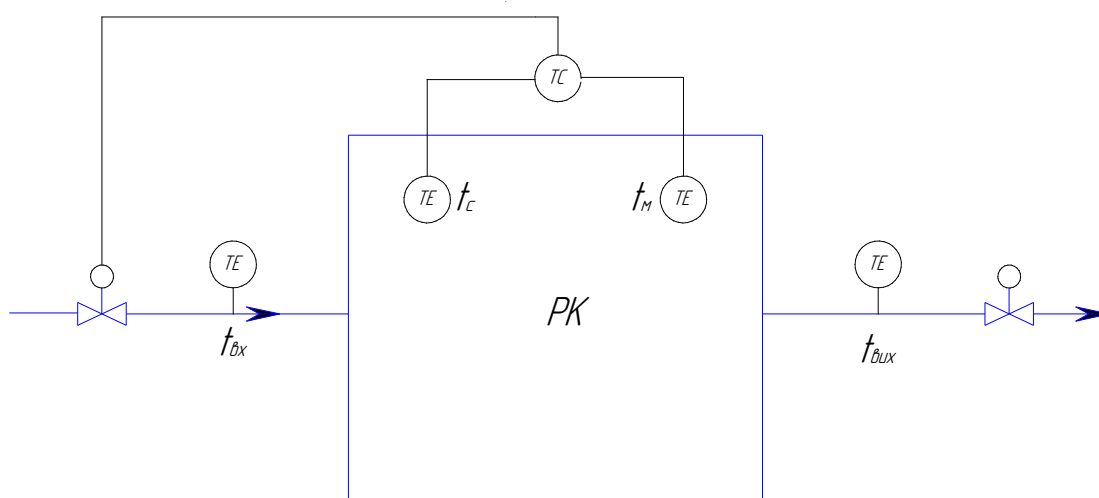


Рисунок 3.2 – Регулювання вологості повітря на вході та виході з робочої камери сушарки

Вимірювання вологості відбувається за допомогою гігрометра та регулятора вологого повітря РТ-0102. В комплектах з перетворювачами вологості і температури можна вимірювати і регулювати вологість (0...99) % з похибкою ± 3 % та температуру (мінус 19 °С – плюс 85) °С з похибкою $\pm(1+0,01|T|)$ °С. Окреме виконання регулятора має інший діапазон: мінус 40 °С – плюс 120 °С; вологість 0...100%. [39].

3.2.5.3 Регулювання температури і витрати відхідних газів на виході з теплогенератора

Для надійності системи регулювання температури та витрати відхідних газів на виході з теплогенератора необхідно автоматизувати процес регулювання. Автоматизований процес регулювання зображений на рисунку 3.3.

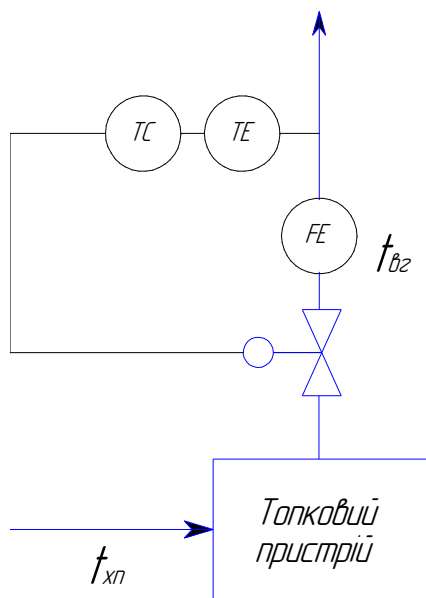


Рисунок 3.3 – Регулювання температури і витрати відхідних газів на виході з теплогенератора.

Вимірювання витрати відхідних відбувається за допомогою вихрового витратоміра серії DY-500 (digitalYEWFLOW), який представляє собою інтелектуальний датчик витрати і призначений для вимірювання об'ємної витрати. Цей

прилад вимірює частоту вихрів за допомогою вихреретворювача, всередині якого знаходиться п'єзодатчики, перетворюючи вібрації вихреретворювача в електричний частотний сигнал і далі – в стандартний сигнал 4 – 20 мА. Діапазон вимірювання визначаємого середовища від -200 до +450 °С. Похибка вимірювання приладу 1%. Вимірювання температури відхідних газів відбувається за допомогою термопари ТС81, с діапазоном вимірювання температур від -35 до +375 °С і похибкою вимірювання 1% [38].

3.2.5.4 Регулювання температури повітря на виході з теплообмінника утилізації вологого повітря.

Температура вологого теплоносія, який рухається в теплообмінник для підігріву свіжого повітря здійснюється за схемою на рисунку 3.4.

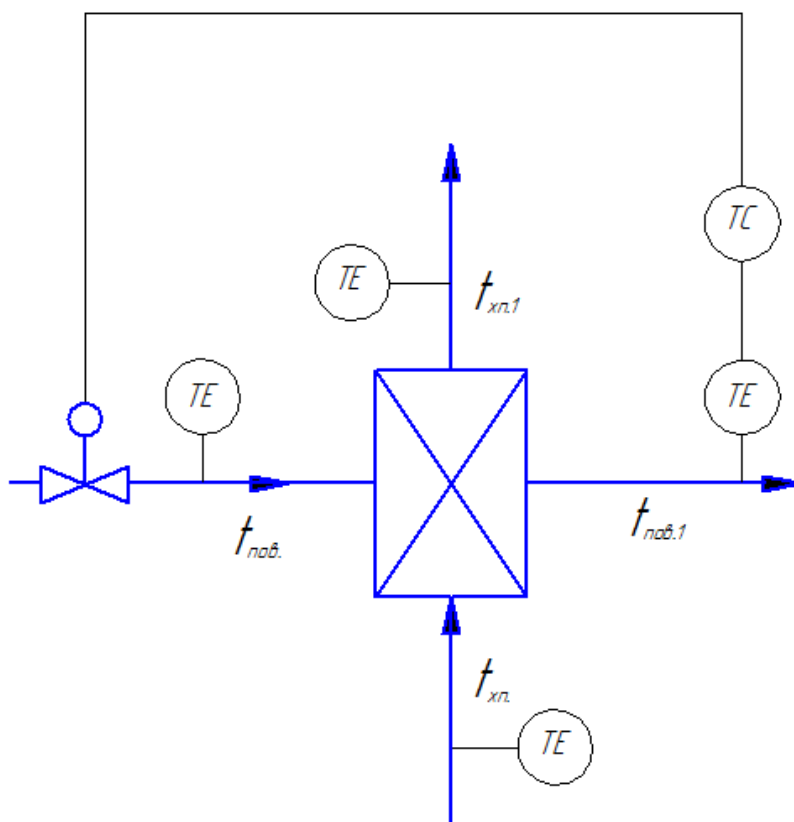


Рисунок 3.4 – Регулювання температури повітря на виході з теплообмінника утилізації вологого повітря.

Вимірювання повітря здійснюється за допомогою датчика температури DS18B20. Датчик температури DS18B20 є своєрідним цифровим термометром з діапазоном вимірювання від $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ і точністю $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ в діапазоні від $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.2.5.5 Регулювання температури відхідних газів після змішування з повітрям.

Управління температурою та витратою відхідних газів, які рухається до сушарки після змішування здійснюється за схемою вказаною на рисунку 3.5. Вимірювання повітря здійснюється за допомогою датчика температури DS18B20, а вимірювання температури відхідних газів відбувається за допомогою термопари ТС81, с діапазоном вимірювання температур від -35 до $+375\text{ }^{\circ}\text{C}$ і похибкою вимірювання 1% [39].

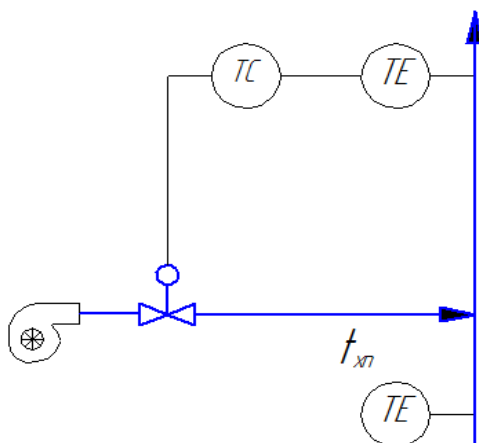


Рисунок 3.5 – Регулювання температури відхідних газів після змішування з повітрям

3.2.6 Обґрунтування вибору величин, що підлягають контролю та сигналізації

3.2.6.1 Технологічний контроль.

Робота теплової схеми, зокрема сушарки, є досить складним процесом. Тому необхідно вести контроль за технологічними процесами, що відбуваються. Контроль за температурами особливо важливий, оскільки їх зміна може призвести до

пошкодження продукції. За для забезпечення технологічного контролю необхідно встановити контроль за наступними параметрами:

- а) контроль температури відхідних газів на вході в робочу камеру сушарки;
- б) контроль температури відхідних газів на виході з робочої камери сушарки;
- в) контроль вологості відхідних газів на вході в робочу камеру сушарки;
- г) контроль вологості відхідних газів на виході з робочої камери сушарки;
- д) температури відхідних газів після теплогенератора .

Всі перераховані параметри можна об'єднати в 3 точки технологічного контролю, які показані на рисунку 3.6.

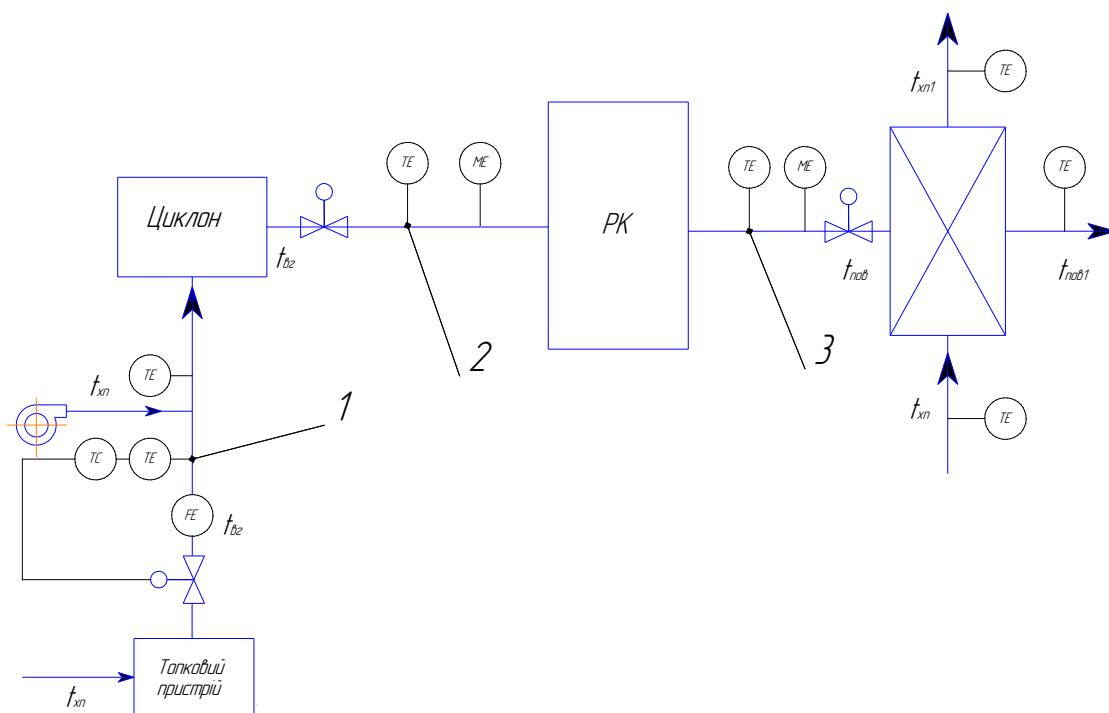


Рисунок 3.6 – Точки технологічного контролю

Забезпечуючи контроль за цими параметрами, можна забезпечити безперервну роботу усієї системи.

3.2.6.2 Технологічна сигналізація. На пульті керування передбачена попереджувальна сигналізація про відхилення режимів роботи. В разі відхилення температури в контрольних точках більше ніж на 5% від номінальної, світловий сигнал попереджує про це оператора.

У випадку виходу з ладу головного вентилятора або дуттєвих вентиляторів топкового пристрою вмикається аварійна сигналізація, тобто як звукова так і світлова.

Також передбачена контрольна сигналізація, яке попереджує оператора світловим сигналом про відхилення номінальних показників в точках контролю.

Всі випадки, при яких вмикається звукова та світлова сигналізації представлені на рисунку 3.7.

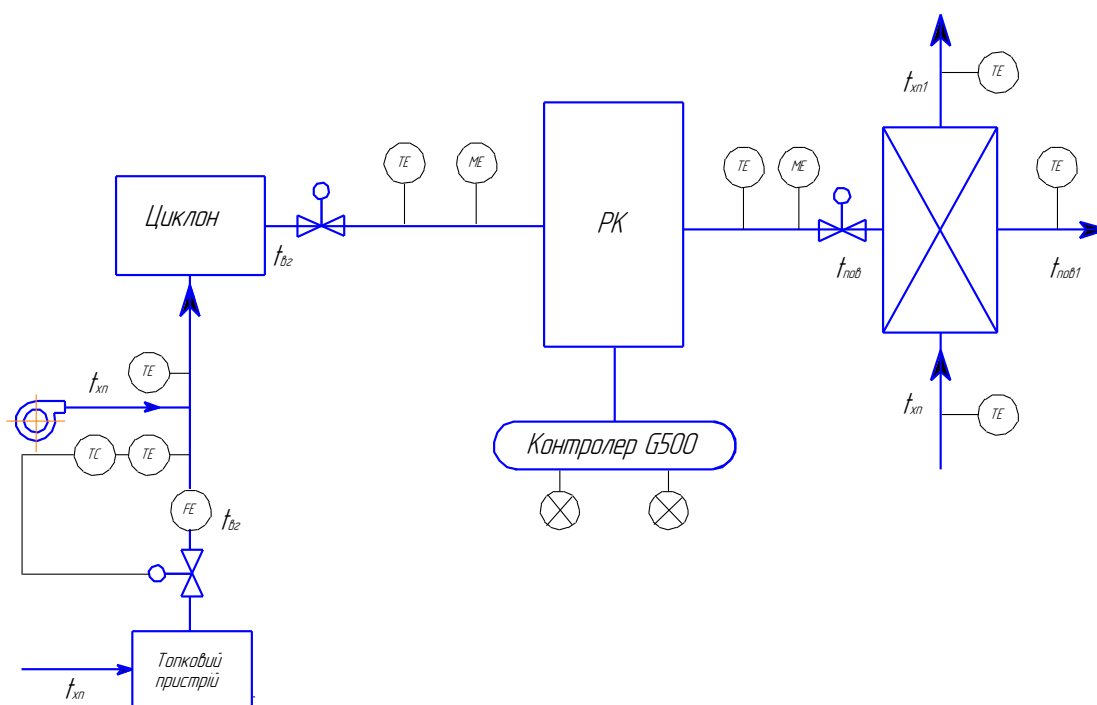


Рисунок 3.7 – Схема технологічної сигналізації

3.2.7 Підбір регулюючих органів

3.2.7.1 Розрахунок шиберів. Шибер є запірним пристроєм типу засувки, який відкриває і закриває канал для руху рідинного або газового середовища.

У шиберах, як показано на рисунку 3.8, затвор, виконаний у вигляді пластини 1, яка переміщається перпендикулярно до потоку Q . Ножеві шибери широко застосовують для регулювання витрати газових середовищ і повітря за незначних статичних тисків (до 10 кПа). Їх встановлюють на коробах і каналах будь-якої форми перетину, трубопроводах, але найчастіше їх застосовують на прямокутних (2) і круглих (3) трубопроводах і каналах. Шибери, що встановлюються в

прямокутних каналах, мають зазвичай лінійну конструктивну характеристику, а на трубопроводах круглого перетину – нелінійну

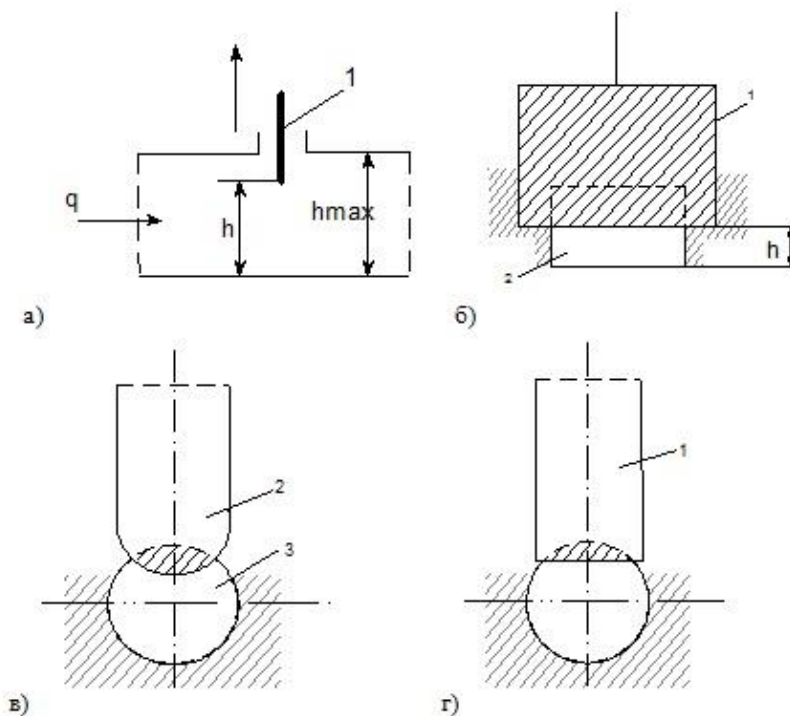


Рисунок 3.8 – Шибери

В залежності від умов роботи шибери виготовляють з різних матеріалів. Для роботи з інертними газами, що мають температуру до 300 °С шибери роблять з листової сталі, з температурою вище 300 °С - з сірого чавуну. Щоб регулювати витрати агресивних газів використовують шибери з легованих сталей (X18H10) зі спеціальним покриттям [40].

Для розрахунку шиберів визначають зусилля F , яке потрібне для переміщення закриваючого органу. Найбільше зусилля для переміщення шибера потрібно в положенні мінімального відкриття [10]

$$F = K \cdot \Delta P \cdot S + G, \quad (3.17)$$

$$F = 0,1 \cdot 250 \cdot 7,85 \cdot 10^{-5} + 5 = 5,002(\text{H}).$$

де ΔP - перепад тиску на шибері;

S - площа рухомої частини шиберу, на яку діє перепад тиску;

G - маса рухомої частини;

K - коефіцієнт тертя.

Потужність приводу вибирають з великим запасом, так як коефіцієнт тертя значно зростає через забруднення опорної поверхні в процесі експлуатації.

3.2.7.2 Підбір та розрахунок клапанів. На розділення потоків між шнеком Ш1 і бункером БМ для зберігання цукру з метою регулювання витрати цукру на вході в барабан підберемо двоходові клапани М3 і М7 [41].

Вхідні дані для розрахунку клапана М3:

- 1) робоче середовище – цукор-пісок;
- 2) масова витрата $G_{\text{сух}}=20883,3$ кг/год;
- 3) втрати тиску в системі, яка регулюється $\Delta P_{\text{сист}}=1,2$ кПа;
- 4) робоча температура $t=37$ °С.

Об'ємна витрата цукру

$$V_{\text{сух}} = \frac{G_{\text{сух}}}{\rho}, \quad (3.18)$$

де ρ – густина сухого цукру-піску, за [7] $\rho = 1235$ кг/м³.

$$V = \frac{20833,3}{1235} = 16,87 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{год}} \right).$$

Перепади тисків на клапанах обираються так, щоб його авторитет по відношенню до сумарних втрат тиску в системі та на клапані був не меншим від 0,8

$$a = \frac{\Delta P_{\text{кл}}}{\Delta P_{\text{кл}} + \Delta P_{\text{сист}}} \geq 0,8, \quad (3.19)$$

або ж $\Delta P_{\text{кл}} \geq \Delta P_{\text{сист}}$.

При авторитеті $a = 0,8$ відповідно до вхідних даних береться, що $\Delta P_{\text{кл}} = \Delta P_{\text{сист}} = 1,2$ кПа. На основі заданої витрати та прийнятого перепаду тисків на клапані має бути вибраний клапан з $KVS = 0,47$ або $0,52$ м³/год .

Для 1 варіанту втрати тиску в повністю відкритому клапані є 101 кПа і авторитет

$$a = \frac{101}{101 + 1,2} = 0,98.$$

Для 2 варіанту тиску в повністю відкритому клапані складають 45 кПа і авторитет при цьому однаковий

$$a = \frac{45}{45 + 1,2} = 0,97.$$

Оскільки у двох варіантів авторитет клапана є більшим від 0,8, то для встановлення приймається клапан по 2 варіанту з $KVS = 20$ м³/год з авторитетом 0,97 CLAMP ДУ–50 призначений для роботи у середовищах температура яких не більше 100 °С.

Вхідні дані для розрахунку клапана М7:

- 1) робоче середовище – цукор-пісок;
- 2) об'ємна витрата $V = 16,87$ м³/год;
- 3) втрати тиску у системі, яка регулюється $\Delta P_{\text{сист}} = 50$ кПа;
- 4) робоча температура $t = 37$ °С.

При авторитеті $a = 0,5$ згідно вхідних даних приймається, що $\Delta P_{\text{кл}} = \Delta P_{\text{сист}} = 50$ кПа. На основі заданої витрати та прийнятого перепаду тисків на клапані має бути вибраний клапан з $KVS = 20$ м³/год .

Для 1 варіанту втрати тиску у повністю відкритому клапані складають 62 кПа і авторитет

$$a = \frac{62}{62 + 50} = 0,55.$$

Для 2 варіанту тиску в повністю відкритому клапані складають 42 кПа і авторитет при цьому рівний

$$a = \frac{42}{42 + 50} = 0,47.$$

Оскільки в другому варіанті авторитет клапана є менше 0,5 то під встановлення приймається клапан по 1 варіанту з $KVS = 20 \text{ м}^3/\text{год}$ з авторитетом 0,55 CLAMP ДУ–50 призначений під роботи в середовищах температура яких не більше 100 °С.

Висновки до розділу 3.2.

В розділі виконано автоматизацію барабанної сушильної установки СБМ-20 для сушіння цукру-піску, розглянуто засоби контролю та автоматизації технологічних процесів, точки контролю з виводом на пульт керування. Підготовлено схему вимірювання температури повітря на вході та виході з робочої камери сушарки; вологості повітря на вході та виході з робочої камери сушарки; температури і витрати відхідних газів на виході з теплогенератора; температури повітря на виході з теплообмінника утилізації вологого повітря; температури відхідних газів після змішування з повітрям.

Діапазон регульованих температур складає від 40 до 100 °С.

У технологічному захисті враховано вихід з ладу головного вентилятора, вихід з ладу системи подачі палива.

Для технологічного контролю передбачено контролювання температури відхідних газів на вході в робочу камеру сушарки; температури відхідних газів на виході з робочої камери сушарки; вологості відхідних газів на вході в робочу камеру сушарки; вологості відхідних газів на виході з робочої камери сушарки; температури відхідних газів після теплогенератора.

Технологічна сигналізація при несправності обладнання спрацьовує при порушенні електропостачання; в разі відхилення температури в контрольних точках від номінальної на 5%, виході із ладу головного вентилятора і дуттєвих вентиляторів топки.

Підібрано та розраховано шибери повітряного та газового трактів здійснено підбір регулюючих подачу сировини клапанів.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Кошторисна вартість

Для розрахунку кошторисної вартості влаштування обладнання дотримувалися вимог КНУ Настанова з визначення вартості будівництва і використовували кошторисну програму “Будівельні технології-Кошторис”.

Для визначення кошторисної вартості влаштування обладнання розробляємо локальні кошториси на монтаж обладнання, на придбання обладнання, об’єктний кошторис за допомогою програмного комплексу (табл.5.1-5.3) на підставі: Ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи (РЕКН), на монтаж обладнання; поточних кошторисних цін на матеріали, вироби та конструкції, загально виробничі витрати розраховані відповідно до Настанови.

Кошторисна вартість влаштування конструкцій враховує трудовитрати та заробітну плату будівельників та машиністів, кількість та вартість матеріальних ресурсів, експлуатацію будівельних машин та механізмів. Кошторисна вартість влаштування конструкцій визначається як сума прямих та загальновиробничих витрат.

Прямі витрати (ПВ) враховують в своєму складі заробітну плату робочих, вартість експлуатації будівельних машин та механізмів, вартість матеріалів, виробів та конструкцій.

Загальновиробничі витрати (ЗВВ) – це витрати будівельно-монтажної організації, які входять у виробничу собівартість будівельно-монтажних робіт. Усі затрати, які відносяться до ЗВВ, згруповані в три групи.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда ро- бітників, люд.год. не зайнятих обслу- гову- ванням машин		
					Всього	експлуа- тації машин	Всього	заробіт- ної плати	експлуа- тації машин			
										заробіт- ної плати	в тому числі за- робітної плати	в тому числі за- робітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	

Будівельні Технології: Кошторис 8.3 Онлайн

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	КМ7-169-4	Монтаж вентилятора відцентровий ВРП7 - 40, № 8, з електродвигуном типу АИР160S4, 15,0 кВт, маса до 0,5 т	шт	1.0	2121.91	525.50	2122	1293	526	18.2000	18.20
					1293.29	108.74			109	1.2861	1.29
2	КБ20-39-1	Установлення циклонів масою до 0,3 т	10 шт циклонів	0.1	16370.69	11201.41	1637	466	1120	59.8400	5.98
					4657.95	2507.85			251	26.4112	2.64
3	КБ20-1-11	Прокладання повітроводів із листової сталі класу Н [нормальні] товщиною 0,7 мм, периметром до 2400 мм	100 м2 поверхні повітроводів	0.0662	71468.56	345.84	4731	699	23	156.0600	10.33
					10560.58	93.21			6	1.2521	0.08
4	КБ20-1-7	Прокладання повітроводів із листової сталі класу Н [нормальні] товщиною 0,7 мм, діаметром від 500 до 560 мм	100 м2 поверхні повітроводів	0.0087	77365.18	390.17	673	122	3	207.4000	1.80
					14034.76	107.33			1	1.4418	0.01
5	КБ18-17-10	Установлення Відвід прямокутний 90 AD-KP-T/6-1- 450 450-NS/0,5-300-450 450/F3	шт	1.0	1132.26	37.79	1132	122	38	1.6600	1.66
					122.19	9.80			10	0.1231	0.12
6	КБ18-17-10	Установлення Відвід круглий AD-KPO -T/6-1- 460-NS/0,5-300- 460-F/3	шт	1.0	1477.46	37.79	1477	122	38	1.6600	1.66
					122.19	9.80			10	0.1231	0.12

Будівельні Технології: Кошторис 8.3 Онлайн

336_лк 10-001-002

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7	КБ18-17-10	Установлення Перехід з прямокутного на круглий AD-PSKK_T-500 500-NS/0,5-300-560-F3	шт	1.0	1577.26	37.79	1577	122	38	1.6600	1.66
					122.19	9.80			10	0.1231	0.12
8	КБ18-17-10	Установлення Перехід асиметричний прямокутний AD-PDK-T/6-1-480x480-NS/0,5-N-30-30-300-440x180-F/3-F/2	шт	1.0	1072.26	37.79	1072	122	38	1.6600	1.66
					122.19	9.80			10	0.1231	0.12
9	КБ18-20-2	Установлення Конденсато-відвідник біметалічний BSS20 PN20 Valsteam ADCA	1 вузол	1.0	1468.30	30.53	1468	325	31	4.3600	4.36
					324.60	9.20			9	0.1203	0.12
10	КБ20-13-2	Установлення Клапан підвищеної щільності NER- 460-N-F200-S-3000-YHL3	клапан	1.0	1084.13	10.68	1084	149	11	2.1800	2.18
					149.33	2.97			3	0.0399	0.04
11	КБ20-13-7	Установлення Клапан підвищеної щільності прямокутний до 2500 Па KED-500 500-N-F200-YHL2	клапан	1.0	937.34	24.92	937	223	25	3.2500	3.25
					222.63	6.93			7	0.0931	0.09
12	КБ20-26-1	Установлення Віброопора OB-80 GB PRO	шт	4.0	1755.25	10.68	7021	507	43	1.8500	7.40
					126.73	2.97			12	0.0399	0.16
13	КБ20-27-1	Установлення Підшва 200 200 10	1 шт	1.0	600.94	24.59	601	90	25	1.3100	1.31
					89.74	5.20			5	0.0699	0.07

Будівельні Технології: Кошторис 8.3 Онлайн

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14	КБ20-29-1	Установлення вставок гнучких до радіальних вентиляторів	м2	0.4525	853.97	7.12	386	299	3	9.7800	4.43
					661.81	1.98			1	0.0266	0.01
		Разом прямих витрат по кошторису					25918	4661	1962		65.88
									444		4.99
		Разом прямі витрати				грн.	25918				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів і комплектів				грн.	19295				
		вартість ЕММ				грн.	1962				
		в т.ч. заробітна плата в ЕММ				грн.		444			
		заробітна плата робітників				грн.		4661			
		всього заробітна плата				грн.		5105			
		Загальновиробничі витрати				грн.	2748				
		трудоємність в загальновиробничих витратах				люд-г					6.94
		заробітна плата в загальновиробничих витратах				грн.		803			

Будівельні Технології: Кошторис 8.3 Онлайн

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Всього по кошторису				грн.	28666				
		Кошторисна трудомісткість				люд-г					77.81
		Кошторисна заробітна плата				грн.		5908			

Керівник проєк-
тної організації

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Склав

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Прийняв

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

(найменування об'єкта будівництва)

Таблиця 4.2 - Локальний кошторисний розрахунок на придбання устаткування, меблів та інвентарю № 2

придбання обладнання.

(вид устаткування, меблів, інвентарю і робіт, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

ОСНОВА: креслення(специфікації) № _____, відомості тощо
Кошторисна вартість 126,664 тис. грн.

Складений в поточних цінах станом на 2024 р.

№ Ч.ч.	Документ, що обґрунтовує ціну	Найменування і характеристика устаткування, меблів та інвентарю, маса одиниці устаткування	Одиниця виміру	Кількість	Вартість оди- ниці, грн.	Загальна вар- тість, грн.
1	2	3	4	5	6	7
1	2309-1002	Циклон ЦН-15- 650	шт	1.0	35744.73	35745
2	2308-1007	Вентилятор відцентровий ВРП7 - 40, № 8, з електродвигуном типу АІР160S4, 15,0 кВт	шт	1.0	86132.79	86133
Разом						121878
Транспортні та заготівельно-складські витрати						4786
Всього по кошторису						126664

Склав

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Таблиця 4.3 - Об'єктний кошторис № 10-001

на будівництво

(найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

Кошторисна вартість155.330 тис. грн.

Кошторисна трудомісткість0.07781 тис. люд.-год

Кошторисна заробітна плата5.908 тис. грн.

Вимірник одиничної вартості

Складений в поточних цінах станом на 2024 р.

№ Ч.ч.	Номери кошторисів і кошторисних розрахунків	Найменування робіт і витрат	Кошторисна вартість, тис.грн.			Кошторисна трудо- місткість, тис. люд.год	Коштори-сна заробі-тна плата, тис.грн.	Показ-ники оди-ничної ва-ртості
			будівельних ро- біт	устаткування, ме- блів та інвентарю	всього			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	10-001-001	придбання обладнання		126.664	126.664	-		
2	10-001-002	монтаж обладнання	28.666		28.666	0.07781	5.908	
		Всього по кошторису	28.666	126.664	155.330	0.07781	5.908	

Склав

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Загальні витрати на проєкт представлені в таблиці 4.4, розраховані у відсотках від кошторисної вартості влаштування обладнання (значення береться із об'єктного кошторису таблиці 4.3).

Таблиця 4.4 – Перелік інноваційних витрат

Оріснова робота	Питома вага вартості роботи, %	Термін виконання роботи, міс.	Загальна вартість виконання роботи, тис. грн.
Формування інноваційної ідеї проєкту	1	1	1,53
Вивчення інформаційних джерел, патентний пошук	0,2	1	0,31
Техніко-економічне обґрунтування	1,5	3	2,30
Проектування	2,5	4	3,83
Експертиза інноваційного рішення	1	1	1,53
Витрати на придбання патентів, ліцензій, ноу-хау, технологій	2	2	3,07
Виготовлення нового виробу	100	6	155,33
Витрати на пусконаладжувальні роботи, комплексне освоєння проектних потужностей і досягнення техніко-економічних показників	3	1	4,60
Витрати на підготовку кадрів	5	2	7,67
Всього		21	178,16

Показники комерційної ефективності проєкту подані в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Показники комерційної ефективності проєкту, тис. грн.

№	Показники	Рік						
		-1	0	1	2	3	4	5
1	Потік реальних грошей	-12,57	-296,589	427,71	237,36	240,62	183,14	99,26
2	Сальдо реальних грошей	-12,57	172,4312	427,71	195,13	198,39	145,03	65,27
3	Сальдо накопичених реальних грошей за п.2	-12,57	159,8587	587,56	782,69	981,08	1126,11	1191,39
4	Коефіцієнт дисконтування при нормі дисконту 16%	1,16	1,00	0,86	0,74	0,64	0,55	0,48
5	Чиста поточна вартість (п.1×п.4)	-14,58	-296,59	368,71	176,39	154,16	101,15	47,26
6	Інтегральний економічний ефект(накопичена чиста вартість) за п 5 ((t)+(t-1))	-14,58	-311,17	57,54	233,93	388,09	489,24	536,50

З таблиці 4.5 видно додатне сальдо накопичених реальних грошей на 1 році реалізації проєкту.

4.2 Оцінювання економічної ефективності інноваційного проєкту

4.2.1 Чисті грошові надходження

$$NV = \sum_{t=0}^{T_p} NCF_t = \sum_{t=0}^{T_p} R_t - Z_t - N_t - K_t, \quad (4.1)$$

де NCF_t - чистий грошовий потік на t -ому році;

R_t - результат виручки у t -й рік;

Z_t - витрати у t -й рік;

N_t - податки у t -й рік;

K_t – інвестиції у t -й рік;

T_p - розрахунковий період.

$NV = 878,93$ тис. грн.

4.2.2 Чиста поточна вартість

$$NPV = \sum_{t=0}^{T_p} NCF_t \cdot \eta_t = \sum_{t=0}^{T_p} (R_t - Z_t - N_t - K_t) \cdot \eta_t, \quad (4.2)$$

де η_t - коефіцієнт дисконтування.

$NPV = 536,5$ тис. грн.

Якщо $NPV > 0$, то проєкт можна рекомендувати до реалізації, але якщо $NPV < 0$, то проєкт необхідно відхилити;

У випадку $NPV = 0$, то в разі прийняття рішення про реалізацію проєкту інвестори не отримають доходів на вкладений капітал.

Висновки. Оскільки NPV та NV є додатними, тобто за розрахунковий

період грошові надходження перевищують суму капітальних вкладень, що призведе до зростання доходів інвестора, то проект вважається ефективним.

4.3 Термін окупності інвестицій

Термін окупності

$$\sum_{t=0}^{T_p} (P_t - B_t) \cdot \eta_t = \sum_{t=0}^{T_p} K_t \cdot \eta_t. \quad (4.3)$$

Розрахунки для визначення термінів окупності виконано кумулятивним методом. Кумулятивний метод знаходить періоду окупності так

$$T = t + \frac{COF_t}{CIF_{t+1}}, \quad (4.4)$$

де COF_t – залишок інвестиційних витрат, які не забезпечені доходами на початок t -го періоду, грн.,

CIF_t – чисті грошові надходження $(t + 1)$ -го періоду, грн.

Розрахунок представлений в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Розрахунок простого терміну окупності кумулятивним методом, тис. грн.

Показник	Номер кроку розрахункового періоду						
	-1	0	1	2	3	4	5
Потік реальних грошей	-14,58	-296,59	368,7 1	176,39	154,16	101,15	47,26
Кумулятивна	-14,58	-311,17	57,54	233,93	388,09	489,24	536,50

Як видно з таблиці 4.6 за показником залишку інвестиційних витрат, строк окупності даного проекту знаходиться між 1 та 2 роком (перехід від

від'ємного до додатного залишку). Відповідно, за формулою (4.4) термін окупності буде дорівнювати:

$$T = 0 + \frac{311,17}{368,71} = 0,84 \text{ років.}$$

Висновки до розділу 4.

Складено кошторисні документи: локальні кошториси на монтаж обладнання, на придбання обладнання, об'єктний кошторис. В кошторисах порівняно:

- кошторисна вартість $K_v = 155,33$ тис. грн.;
- кошторисна заробітна плата $ЗП = 5,908$ тис. грн.;
- кошторисна трудомісткість $T = 0,0778$ тис. люд·год;
- вартість матеріалів – 145,959 тис. грн.

Розраховано основні показники ефективності інвестицій в проєкт:

- чисті грошові надходження – 878,93 тис. грн.;
- чиста поточна вартість – 536,5 тис. грн.;
- термін окупності, розрахований кумулятивним методом – 0,84 роки.

ВИСНОВКИ

В Україні є достатня кількість альтернативних видів палива для роботи сушильної техніки. Разом з тим, не можна ігнорувати і такий традиційний вид палива, як кам'яне вугілля, котре має одну з найвищих значень теплоти згорання і недороге, в порівнянні з такими видами як електроенергія, природний газ, дизельне паливо чи мазут. Однак визначення придатності того чи іншого виду потребують подальших аналітичних досліджень та роботи з математичними моделями.

Аналіз літературних джерел показує, що найперспективнішим видом альтернативного палива для камерних сушарок є різні види пелет.

Розробка математичної моделі і її реалізація у вигляді розрахункової програми дозволила виконати аналіз варіантів перспективності застосування різних видів палива для роботи камерної сушарки.

Розглянуто 10 видів палива, як традиційного, так і альтернативного, побудовано графічні залежності для витрати палива, коефіцієнта корисної дії і сумарних грошових затрат при роботі сушарки на цих видах палива.

Числовий експеримент показав, що найбільш придатним альтернативним паливом для камерних конвективних сушарок є дров'яні і соняшникові пелети. Коефіцієнт корисної дії сушарок з топками на такому паливі знаходиться на рівні 45,3%, а витрати на годину роботи барабанної сушарки за цінами на паливо станом на листопад 2024 року становлять 400-45 грн.

Виконано компоновку обладнання, схеми прокладення повітропроводів, враховані відомості по виконанню робіт. Визначено необхідну кількість виробів та матеріалів для монтажу очисної системи (ЦОК), потребу в допоміжних матеріалах, підібрані як механізми та пристосування, так і машини для виконання монтажних робіт.

Загальна маса всіх вантажів становить $\Sigma M_{\text{заг}} = 1313$ (кг), а загальна маса пальника, що встановлюються на сушарці, становить $M_{\text{п}} = 250$ кг. Розраховано витрати на паливні та енергетичні ресурси.

Визначено трудомісткість виконання монтажних робіт.

Розроблено заходи з техніки безпеки при монтажі.

Після проведення необхідних розрахунків розроблені монтажні креслення та календарні графіки виконання робіт, руху робочих кадрів, машин та механізмів.

Розроблено автоматизацію барабанної сушильної установки на базі традиційних засобів автоматики, розглянуто засоби контролю та автоматизації технологічних процесів, точки контролю з виводом на пульт керування.

Підготовлено схему вимірювання та регулювання температури повітря та його вологості. Діапазон регульованих температур складає від 40 до 150 °С.

Підібрано та розраховано шибери повітряного та газового трактів та виконуючі механізми до них.

Оцінено економічну привабливість проєкту. Розраховано основні показники ефективності інвестицій в проєкт:

- чисті грошові надходження – 878,93 тис. грн.;
- чиста поточна вартість – 536,5 тис. грн.;
- термін окупності, розрахований кумулятивним методом – 0,84 роки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ціноутворення та конкуренція на ринку енергоносіїв. URL : http://www.ier.com.ua/ua/Ukraine_EU_project/materials/AA_title_4/energy_trading/pricing. (дата звернення 02.11.2024).
2. Тверде біопаливо для промисловості. URL : <https://www.kronaimpuls.com.ua/tverde-biotoplivo-dlya-promyslovosti/> (дата звернення 02.11.2024).
3. Дрова і тріска як паливо. URL : <https://bio.ukr.bio.ua/articles/1591/> (дата звернення 02.11.2024).
4. Бум на біопаливо. В Україні продовжують рости ціни на пелети та дрова. URL : <https://delo.ua/energetics/bum-na-biopalivo-v-ukrayini-prodovzuyut-rosti-cini-na-peleti-ta-drova-a-za-kotlami-lyudi-misyacyami-stoyat-v-cergax-405259/> (дата звернення 06.11.2024).
5. Чи рентабельно вирощувати енергетичну вербу в Україні. URL : <https://ecotown.com.ua/news/CHy-rentabelno-vyroshchuvaty-enerhetychnu-verbu-v-Ukrayini/> (дата звернення 12.11.2024).
6. Основні види палива в промисловості. URL : <http://www.chemistry.in.ua/grade-11/fuels> (дата звернення 12.11.2024).
7. Пелетний пальник для неякісних пелет Energy TT. URL: <https://teplobezgaza.kiev.ua/ua/p11991010-pelletna-fakelna-gorilka.html> (дата звернення 08.11.2024).
8. Теплоємність сталі. URL : <https://evek.com.ua/reference/plotnost-i-udelnaya-teploemkost-nerzhaveyki.html> (дата звернення 08.11.2024).
9. Жеплінська М. М., Василів В. П. Теплофізичні властивості напівфабрикатів та харчових продуктів: довідник. Київ: «ІНКОС», 2021. 206 с.
10. Чорнобильський І. І., Ю. М. Тананайко Сушильні установки хімічної промисловості. Київ : Техніка, 1969. 280 с.
11. Дубинін А. І., Гаврилів Р. І., Гузьова І. О. Процеси та апарати хімічної технології. Львів: 2012, 360 с.

12. Основні способи очищення повітря від домішок. URL : <https://agrosep mash.ua/uk/osnovni-sposobi-ochishhennya-povitrya-pri-obrobci-zernovix-kultur/> (дата звернення 08.11.2024).
13. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція і кондиціонування. Київ : Мінрегіон України, 2013. 232 с.
14. Кравченко В.С. Інженерне обладнання будівель. Підручник. Рівне: УВГП, 2005. 413 с.
15. Джеджула В. В. Вентиляція та кондиціонування громадських об'єктів : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2021. 71 с.
16. Повітроводи прямокутного перерізу і фасонні вироби. URL : <https://ccktm.ibud.ua/ua/praisy-companii/260140>. (дата звернення 08.11.2024).
17. Циклони. URL : <https://aspiraciya.mzv.com.ua/> (дата звернення 08.11.2024).
18. Методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи на тему «Розрахунок апарату очистки газів на прикладі циклону ЦН-15» з дисципліни «Прикладна аероекологія» / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова / Укл. : В. Є. Бекетов, Г. П. Євтухова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 12 с.
19. ВРП №8 (ВЦП 5-45 №8) вентилятор пиловий. URL: <https://systemax.ua/ventilyatory/pilevie-ventiljatori/vcp-5-45/vrp-8-isp1.html>.
20. Віброопора ОВ-80 GB Pro. URL : <https://gb-trade.com.ua/ua/p1823750106-vibroopora-pro-d80.html> (дата звернення 13.11.2024).
21. Конденсатовідвідники. URL : <https://armashop.ua/ua/kondensatootvodchiki/> (дата звернення 13.11.2024).
22. Посібник користувача з монтажу вентиляторів. URL : www.ventilation-system.com. (дата звернення 08.11.2024).
23. Каталог вантажних автомобілів ГАЗ. Режим доступу до ресурсу: <http://avtomarket.ru/catalog/>. (дата звернення 08.11.2024).
24. Каталог будівельних машин ЗіЛ. Режим доступу до ресурсу: <http://powertools.co.nz>. (дата звернення 08.11.2024).

25. Каталог зварювальних апаратів JASIC TIG. Режим доступу до ресурсу: <http://domsvarki.lg.ua>. (дата звернення 08.11.2024).
26. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 9. Металеві конструкції. [Електронний ресурс]. URL : <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2022/11/knu-resursni-elementni-koshtorysninormy-na-budivelni-roboty.-metalevi-konstrukcziyi.-zbirnyk-9.pdf>. (дата звернення 15.11.2024).
27. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 20. Вентиляція та кондиціонування повітря. [Електронний ресурс]. URL : <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2022/11/knu-resursni-elementni-koshtorysni-normy-na-budivelni-roboty.-ventylyacziya-ta-kondycziyuvannya-povitrya.-zbirnyk-20.pdf>. (дата звернення 17.11.2024).
28. Ресурсні елементні кошторисні норми на монтаж устаткування. (Збірник 12). Технологічні трубопроводи: [Електронний ресурс]. URL : <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2022/12/knu-reknmu.tehnologichni-truboprovody.zbirnyk-12.pdf> (дата звернення 18.11.2024).
29. Ресурсні елементні кошторисні норми на монтаж устаткування. (Збірник 7). Компресорні установки, насоси і вентилятори: [Електронний ресурс]. URL : <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2022/12/knu-reknmu.-kompresorni-ustanovky-nasosy-i-ventylyatory.-zbirnyk-7.pdf> (дата звернення 18.11.2024).
30. Кінаш Р. І. Технологія заготівельних та спеціальних монтажних робіт / Р. І. Кінаш, С. С. Жуковський – Львів : Видавництво науково-технічної літератури, 1999. – 448 с.
31. Вентилятор HBB-2-450/71-400T http://www.venture.pl/wentylatory/wentylatory-promieniowe/hbb/450_71_400t . (дата звернення 18.11.2024).
32. Левченко О. І. Основи автоматизації теплоенергетичних процесів та установок [Текст] / Левченко О. І., Сідлецький В. М.,: навч. посіб. МОН України Друк ISBN 978-966-612-153-3 Нац. ун-т харч. технол. Київ : НУХТ, 2014. 227 с.

33. Ельперін І. В., Пупена О. М., Сідлецький В. М., Швед С. М. Автоматизація виробничих процесів. Київ : Ліра-К, 2021. 378 с.
34. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Технологічні основи автоматизації теплотехнічних установок» / Уклад. Резидент Н. В. Вінниця, ВНТУ, 2018. 38 с.
35. Кривогубченко, С. Г. Основи електроніки та МП техніки : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс] / Кривогубченко С. Г., Іванов Ю. Ю., Овчинников К. В. Вінниця : ВНТУ, 2023. 187 с.
36. Автоматизація виробничих процесів. Технічні засоби автоматизації: навчально-методичний посібник: [Електронний ресурс] / Тичков В.В., Гальченко В.Я., Трембовецька Р.В., Базіло К.В. Черкаси: ЧДТУ, 2020. 321 с.
37. ДСТУ Б А.2.4-16:2008. Автоматизація технологічних процесів. Зображення умовні приладів і засобів автоматизації в схемах: [Чинний від 2008-06-27 № 271] К.: Мінрегіонбуд України, 2009. 14 с.
38. Мікрол – засоби автоматизації технологічних процесів. [Електронний ресурс]. URL: <http://www.microl.ua> (дата звернення 08.05.2024).
39. Автоматика сушильних камер. [Електронний ресурс]. URL: http://www.microl.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=323:2016-11-22-09-23-55&catid=49:2009-01-28-08-26-24&Itemid=92 (дата звернення 08.05.2024).
40. Автоматизовані системи управління технологічного процесу в хімічних виробництвах: курс лекцій / Укладач Л.В.Борисова. Харків: НУЦЗУ, 2015. 98 с.
41. Артюх С. Ф., Дуель М. А., Шелепов И. Г. Автоматизовані системи керування технологічними процесами в енергетиці. Харків 2001р. 392с.
42. 39. Сушильна шафа С-250. Паспорт та керівництво з експлуатації. Вінниця : ТОВ ТЕХНОПРОМ, 35 с.

43. Пат. 129342 UA, МПК F26B 9/06, F26B 25/22. Сушильна шафа з реверсивним перемикачем потоку [Текст] / О. Ю. Співак, І. В. Фінік (Україна). - № у 2018 05045 , заявл. 07.05.2018 , опубл. 25.10.2018, Бюл. № 20. - 4 с. : кресл.
44. Інтелектуальна система керування сушаркою. URL: http://www.tornum.com/sites/default/files/nedladdning-filer/idc_ua.pdf. (дата звернення 20.11.2024).
45. Анастасенко С. М. та ін. Основи автоматизації об'єктів теплоенергетики: навч. посібн. Миколаїв: НУК, Львів : «Новий Світ-2000», 2020. 111 с.
46. Михайловський М. В., Бейцун С. В. Проєктування автоматизованих систем управління тепловими процесами: навч. посібн. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2009. 76 с.
47. Щербіна Г. С. Основи теорії автоматичного управління. Частина 1. Лінійні АСУ. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2001. 80 с.
48. Правила виконання схем автоматизації. Схема_автоматизації_функціональна. URL: <https://wiki.tntu.edu.ua/> (дата звернення 21.11.2024).
49. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Технологічні основи автоматизації теплотехнічних установок» / Уклад. Н. В. Резидент. Вінниця : ВНТУ, 2018. 38 с.
50. Левицький С. М., Розводюк М. П. Елементи систем автоматизації та електроприводу: навч. посібн. Вінниця: ВНТУ, 2011. 76 с.
51. ДСТУ Б А.2.4-3:2009. Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів. [Чинний від 2009-23-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 54 с.
52. ДСТУ Б А.2.4-16:2008. Автоматизація технологічних процесів. Зображення умовні приладів і засобів автоматизації в схемах. [Чинний від 2008-06-27]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 14 с.
53. Лабай В. Й. Тепломасообмін. Львів: Тріада Плюс, 2004. 258 с.
54. Чепурний М. М., Ткаченко С. Й., Бужинський В. В. Застосування теорії подібності для розв'язання задач тепломасообміну: навч. посібн. : Вінниця, ВДТУ, 2001. 111 с.

55. Розрахунки основних процесів, машин та апаратів хімічних виробництв / Укл. І. В. Коваленко, В. В. Малиновський. Метод. вказівк. : Київ: Норіта-плюс, 2007. 209 с.
56. Дацишин О. В., Гвоздєв О. В., Ялпачик Ф. Ю. Рогач Ю. П. Механізація переробки і зберігання плодоовочевої продукції. Київ: Мета, 2003. 203 с.
57. Скрипников Ю. Г. Технологія переробки плодів і ягід. Київ: Урожай, 1991. 123с.
58. Машини та обладнання переробних виробництв. За редакцією проф. Дацишина О. В. Київ: Вища освіта. 2005. 308 с.
59. Автоматизація виробничих процесів. Дифузійні процеси (обладнання для сушіння). Навч.-метод. посібн. [Електронний ресурс] / Укл. В. В. Тичков, В. Я. Гальченко, Р. В. Трембовецька, З. В. Бондарчук; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. Черкаси: ЧДТУ, 2018. 179 с.
60. Процеси і апарати харчових виробництв: Підручник / За ред. проф. І. Ф. Малєжика. Київ: НУХТ, 2003. 400с.
61. Процеси і апарати харчових виробництв. Курсове проектування: Навч. посіб. / За ред. проф. І.Ф. Малєжика. Київ: НУХТ, 2012. 543 с.
62. Патент на винахід №85766 С2 Україна, МПК F26B11/00, F26B9/08. Барабанна сушарка / Дударєв І.М., Кірчук Р.В., Кокалюк Л.Ю.; Заявлено 01.06.2007; Опубл. 25.02.2009; Бюл. № 4.
63. Krischer O. Die wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik. Springer-Verlag. Berlin : Heidelberg Gmbh, 1956. 302 p.
64. Sadegh Seiedlou. Convective Drying of Apple: Mathematical Modeling and Determination of some Quality Parameters / International Journal of Agriculture and Biology, March 2010. №12(2).
65. Kudra T. Energy aspects in drying// Drying Technology.– 2004. Vol. 22 (5). – P. 917 – 932 doi: 10.1081/DRT–120038572.
66. Снєжкін Ю. Ф., Шапар Р.О. Енергоефективне обладнання для зневоднення термолабільних матеріалів. /Теплофізика та теплоенергетика. 2020, т. 42, №2. С. 5-17.

67. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 9. Металеві конструкції. URL : <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2022/11/knu-resursni-elementni-koshtorysni-normy-na-budivelni-roboty.-metalevi-konstrukcii.-zbirnyk-9.pdf>. (дата звернення 21.11.2023).
68. Спосіб сушіння матеріалів і камера для здійснення способу: А.с.32043 UA. МПК F 26 В 7/00/Файдюк Л.А. і ін. №98126651; Заявл.16.12.1998. Опубл. 15.12.2000, Бюл.№7, 3 с., 3 іл.
69. Сушильна шафа: А.с.13833 UA. МПК-5 Г26 В 9/06/Мельник І.Г. і ін. №52678319; Заявл. 25.08.1995. Опубл. 28.08.1997, Бюл.№2, 3с., 1 іл.
70. Сушильна шафа: А.с. 49170 UA. МПК-5 F 26 В 9/06/Співак О. Ю. і ін. №52968143; Заявл. 22.04.2000. Опубл. 12.05.2002, Бюл.№9 – 5 с., 2 іл.
71. Ставников В. М. Процеси і апарати харчових виробництв. Київ: Урожай, 1983. 345.
72. Осокіна Н.М., Гайдай Г. С. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва. Умань. 2005.
73. Кошторисні норми України «Настанова з визначення вартості будівництва» Затверджені наказом Міністерства розвитку громад та територій України від 01.11.2021 № 281 “Про затвердження кошторисних норм України у будівництві”. URL : <https://radnuk.com.ua/wp-content/uploads/2021/12/knu-nastanova-z-vyznachennya-vartosti-budivnyctva.pdf> (дата звернення 06.12.2023).
74. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073.
75. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01]. URL:

<https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.

76. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 116 с.

ДОДАТКИ

Додаток А
(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: **Енергозбереження в барабанних сушарках**

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота

(кваліфікаційна робота, курсовий проект (робота), реферат, аналітичний огляд, інше (зазначити))

Підрозділ кафедра теплоенергетики, ФБЦЕІ, група ТЕ-23м

(кафедра, факультет (інститут), навчальна група)

Керівник к.т.н., доцент Співак О.Ю.

(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності

Turnitin	
Оригінальність	89%
Загальна схожість	11%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

- ⊕ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.
- Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи (додається)

Автор _____
(підпис)

Дудник В.В.

(прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Робота допущена до захисту

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Співак О.Ю.

(прізвище, ініціали)

Эксперт

(за потреби)

(підпис)

(прізвище, ініціали, посада)

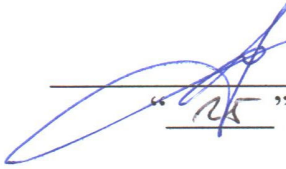
Додаток Б
(обов'язковий)

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри ТЕ

доц. Д. В. Степанов


"15" 09 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

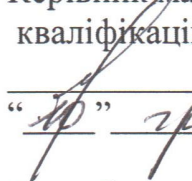
до магістерської кваліфікаційної роботи

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В
БАРАБАННИХ СУШАРКАХ
за спеціальністю 144 – теплоенергетика

08-15.МКР.004.00.00.000 ТЗ

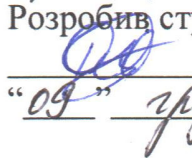
Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи

к.т.н. Співак О. Ю.


"10" грудня 2024 р.

Розробив студент гр. ТЕ-23м

Дудник В.В.


"09" грудня 2024 р.

Вінниця 2024

1 Найменування та область застосування розробки

Розробка та модернізація джерел теплоти сушильних комплексів для сушіння сільськогосподарської сировини. Розробка стосується процесу сушіння сільськогосподарської сировини, з подальшим використанням в різних галузях.

2 Основа для проведення розробки

Наказ ректора ВНТУ №310 від 17.09.2024 р.

Основою для розробки стала технічна документація на барабанну конвективну сушарку «СБМ-20». Розрахунки по підвищенню енергоефективності сушарки. Літературні джерела, патентна документація та розробки кафедри ТЕ ВНТУ. Тематичний план науково-дослідних робіт кафедри теплоенергетики, протокол №12 від 25.01.2024 р.

3 Джерела розробки

Основним джерелом розробки є вибір альтернативних видів палива та параметри теплоносія в сушильній камері сушарки, а також нормативні дані по необхідних параметрах, наведених в інших теплоенергетичних джерелах:

- 3.1 Ткаченко С. Й. Співак О. Ю. Сушильні процеси та установки. Навч. посібн.: Вінниця : ВНТУ. 2008. 98 с.
- 3.2 Співак О. Ю. Сушильні процеси та установки. Приклади та задачі. Навч. посібн.: Вінниця : ВНТУ, 2013. 112 с.
- 3.3 Патент України. Сушильна шафа. U200704163. 16.04.2007. F26B9/06. №29962, опубл. 11.02.2008. бюл.№3.
- 3.4 . Патент України. Пристрій для сушіння. U200387725. 14.08.2003. F26B9/06. №71120A, опубл. 15.11.2004. бюл. №11.
- 3.5 Патент України. Пристрій для сушіння. U200608145. 20.07.2006. F26B9/06. №20276, опубл. 15.01.2007. бюл. №1.
- 3.6 Патент України. Сушильна камера. U190041958. – 07.04.1999. F26B9/06. – №32327, опубл. 15.12.2000. бюл. №7(II).
- 3.7 Патент України. Сушильна шафа. U2001031697. 13.03.2001. F26B9/06. №49170A, опубл. 16.09.2002. бюл. №9.

4 Технічні вимоги

Вибір альтернативних видів твердого палива. Визначення температури та вологості повітря на всіх етапах проведення експериментальних досліджень, витрати повітря для основного технологічного процесу. Побудова математичної моделі, визначення основних теплофізичних характеристик твердого біопалива, вплив його використання на коефіцієнт корисної дії сушарки. Схематичне зображення сушарки на плакатах, графіки залежностей впливу різних видів твердого біопалива на основні характеристики сушарки і вартість сушіння. Дотримання стандартів щодо виготовлення готової продукції та її якості.

5 Економічні показники

На сьогоднішній день більша частина готової сушеної продукції має низьку якість, або високу ціну, що пов'язано з високою вартістю екологічних видів палива.

В даній роботі проводиться: дослідження можливості і економічної доцільності використання твердого екологічно чистого біопалива в сушильних процесах барабанних сушарок; побудова математичної моделі для розрахунку характеристик твердого біопалива і дослідження впливу його використання на якість готового продукту і коефіцієнт корисної дії сушильного обладнання.

6 Заходи з енергозбереження

Модернізація сушильного комплексу, розроблення технології монтажу обладнання для модернізації та додаткового обладнання.

Автоматичне регулювання основних параметрів роботи сушарки.

Використання сучасного обладнання, що дозволяє значно зменшити теплові втрати.

7 Вимоги до стандартизації та уніфікації

Магістерська кваліфікаційна робота виконується згідно ДСТУ та нормативної документації, яка діє в Україні. Креслення основного обладнання, плани та схеми виконується на листах формату А3. Деталі обладнання за можливості

вибираються стандартними та уніфікованими, щоб забезпечити можливість швидкого монтажу та можливість їх ремонту чи заміни.

8 Вимоги з надійності

Надійність роботи комплексу забезпечується дотриманням вимог усіх необхідних нормативних документів. Усі розрахунки проводяться згідно державних стандартів. Процес монтажу та експлуатації повинен проводитися згідно стандартів з охорони праці.

9 Стадії і етапи розробки

9.1 Науково-аналітичний огляд літературних та патентних джерел

9.2 Розробка математичної моделі сушарки. Аналітичні і числові дослідження

9.3 Обробка отриманих результатів

9.4 Модернізація схеми автоматизації сушарки

9.5 Технологія монтажу обладнання для модернізації

9.6 Економічна частина

9.7 Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу

10 Порядок контролю та прийняття магістерської кваліфікаційної роботи

Виконання етапів графічної та розрахункової документації магістерської кваліфікаційної роботи контролюється керівником згідно з графіком виконання роботи.

Прийняття роботи здійснюється ЕК затвердженою ректором університету згідно з графіком захисту.

Корегування технічного завдання допускається з дозволу керівника роботи.

Технічне завдання розроблено на підставі джерел розробки і може уточнюватись протягом виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

Додаток В
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В БАРАБАННИХ СУШАРКАХ

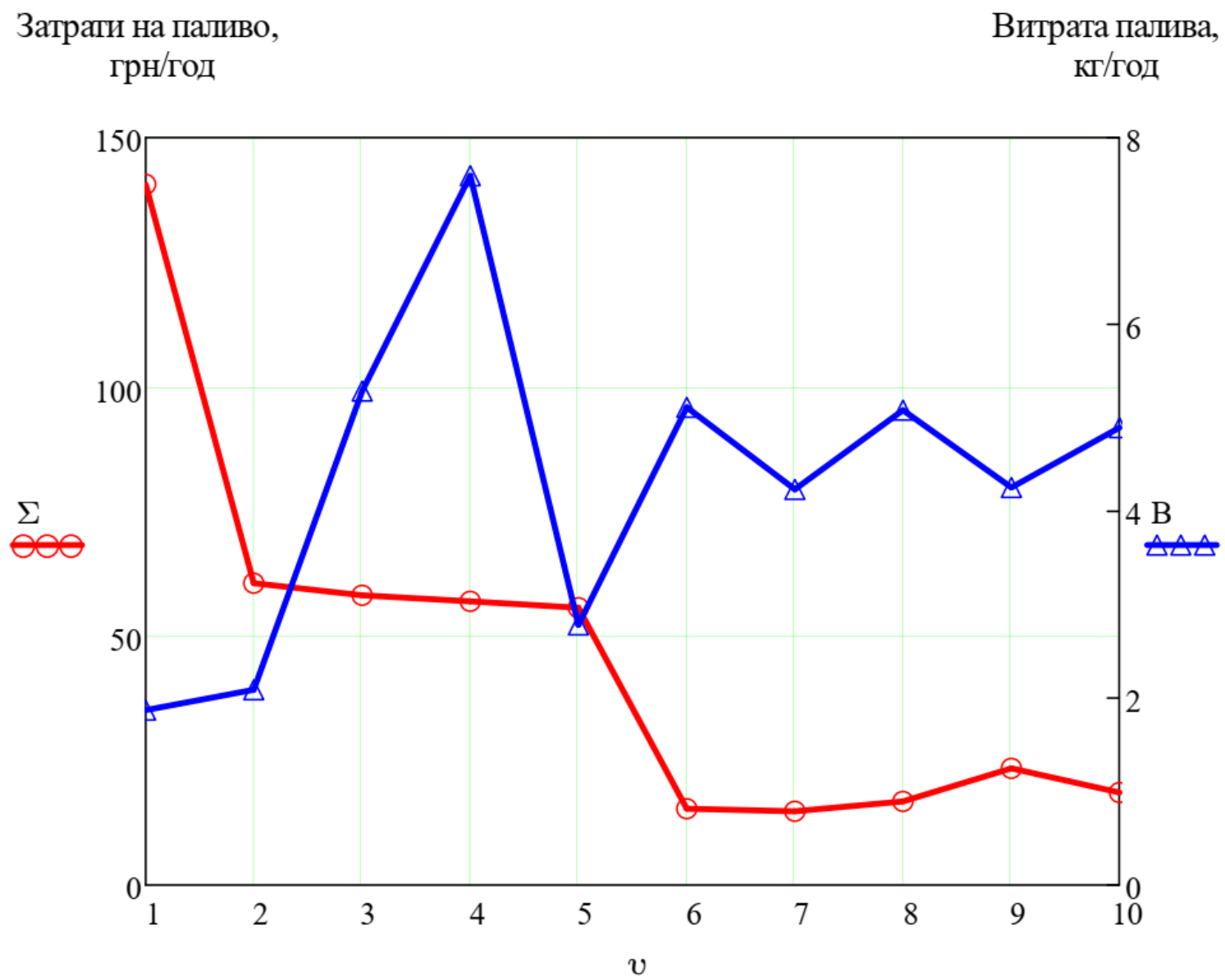
(Назва магістерської кваліфікаційної роботи)

ПИТОМА ТЕПЛОТА ЗГОРАННЯ РІЗНИХ ВИДІВ ПАЛИВА

Вид палива	Од. вимір.	Питома теплота згоряння, МДж	Еквівалент			Можливість автоматизації
			Газ, м³	Дизпаливо, л.	Мазут, літр	
Електроенергія	кВт/год	3,62	0,108	0,084	0,089	так
Дизпаливо	1 л	43,12	1,288	-	1,062	так
Мазут	1 л	40,61	1,213	0,942	-	так
Газ	1 м³	33,50	-	0,777	0,825	так
Вугілля буре (W = 30-40%)	1 кг	12,98	0,388	0,301	0,320	так
Вугілля кам'яне (W = 10%)	1 кг	27,00	0,806	0,626	0,665	так
Антрацит	1 кг	28,05	0,838	0,650	0,691	так
Гас	1 л	43,50	1,300	1,010	1,072	так
Торф	1 кг	12,10	0,363	0,282	0,299	ні
Кукурудза (качани, W>10%)	1кг	14,65	0,438	0,340	0,361	ні
Тріска	1 кг	10,93	0,326	0,253	0,269	ні
Тирса	1 кг	8,37	0,250	0,194	0,206	так
Солома	1 кг	15,70	0,469	0,364	0,387	ні
Костриця ляна	1 кг	15,93	0,477	0,369	0,392	ні
Лушпиння соняшника	1 кг	17,00	0,508	0,394	0,419	так
Торфобрикети	1 кг	17,58	0,525	0,408	0,433	так
Пелета деревна	1 кг	17,17	0,513	0,398	0,423	так
Пелета солом'яна	1 кг	14,51	0,433	0,336	0,357	так
Пелета з лушпиння соняшника	1 кг	18,09	0,540	0,419	0,445	так

ГРАФІЧНІ ЗАЛЕЖНОСТІ

Витрата палива і затрати на нього
для розглянутих варіантів



1 – газ; 2 – мазут; 3 – пелети з дерева; 4 – торфодрикети;
5 – вугілля кам'яне; 6 – дрова; 7 – лущиння соняшника;
8 – солома; 9 – пелети соняшникові; 10 – пелети з соломи

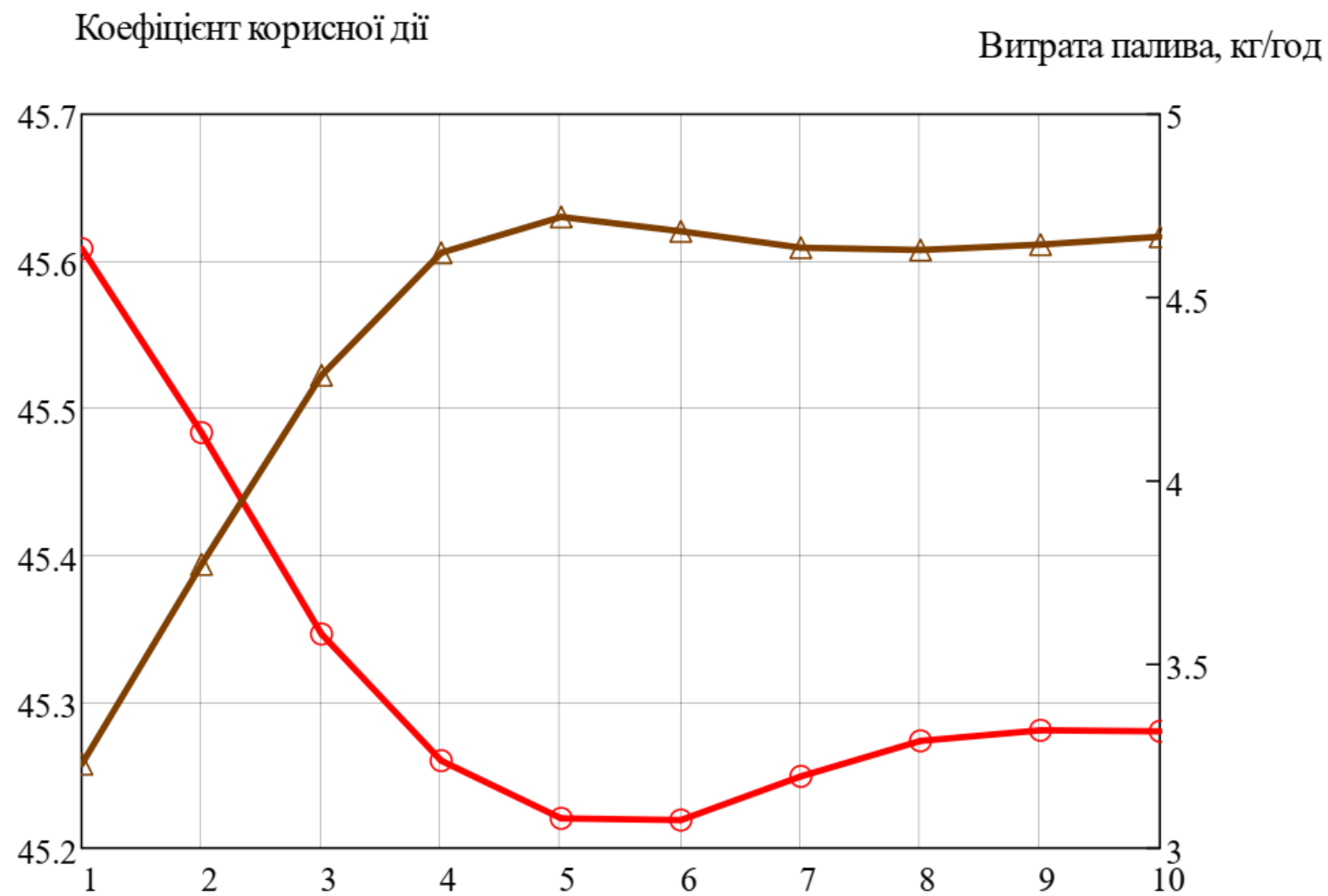
Зміна коефіцієнта корисної дії сушарки в залежності
від застосованого виду палива



1 – газ; 2 – мазут; 3 – пелети з дерева; 4 – торфодрикети;
5 – вугілля кам'яне; 6 – дрова; 7 – лущиння соняшника;
8 – солома; 9 – пелети соняшникові; 10 – пелети з соломи

ГРАФІЧНІ ЗАЛЕЖНОСТІ

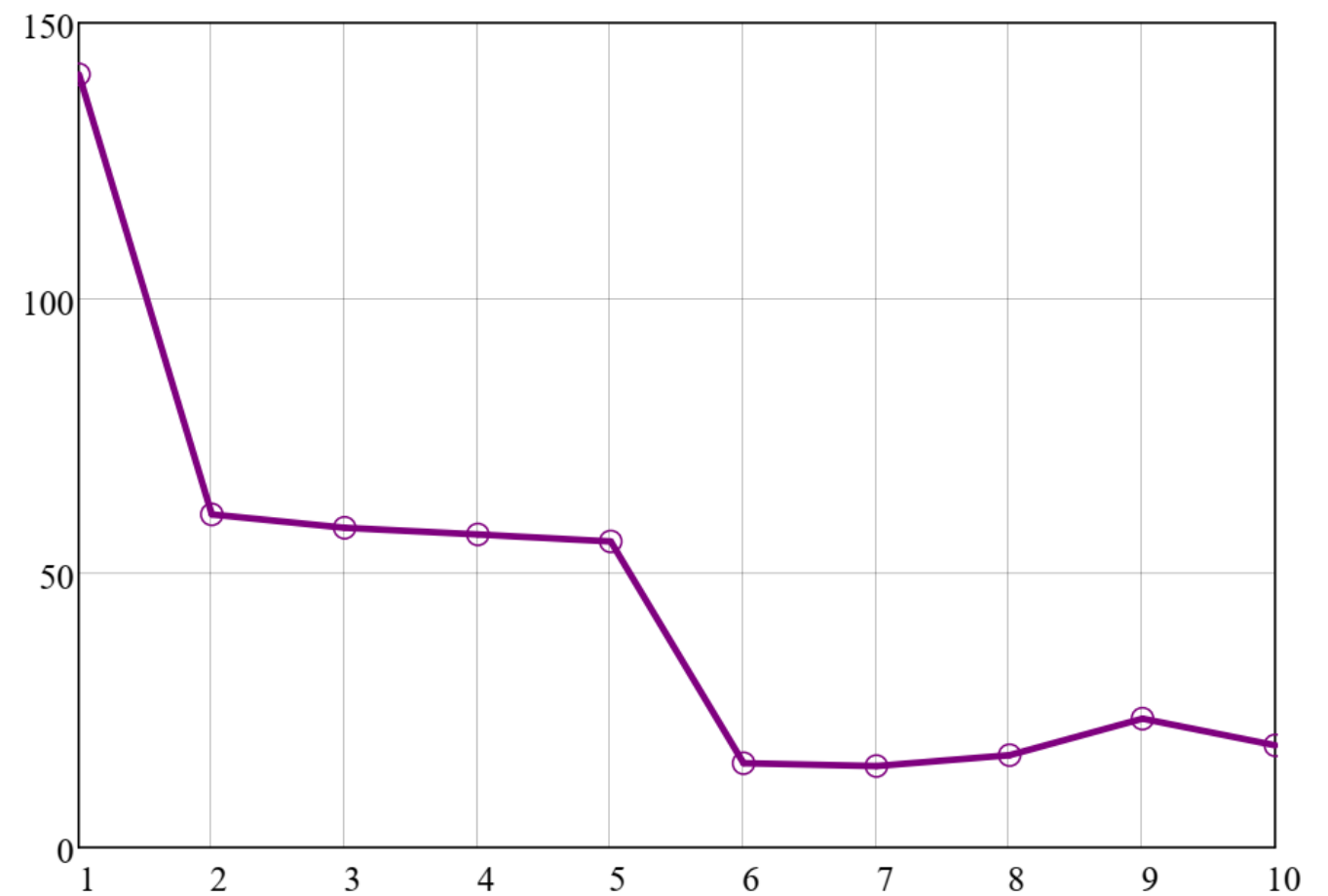
Зміна коефіцієнта корисної дії сушарки і витрати палива для різних видів палива для сушарки



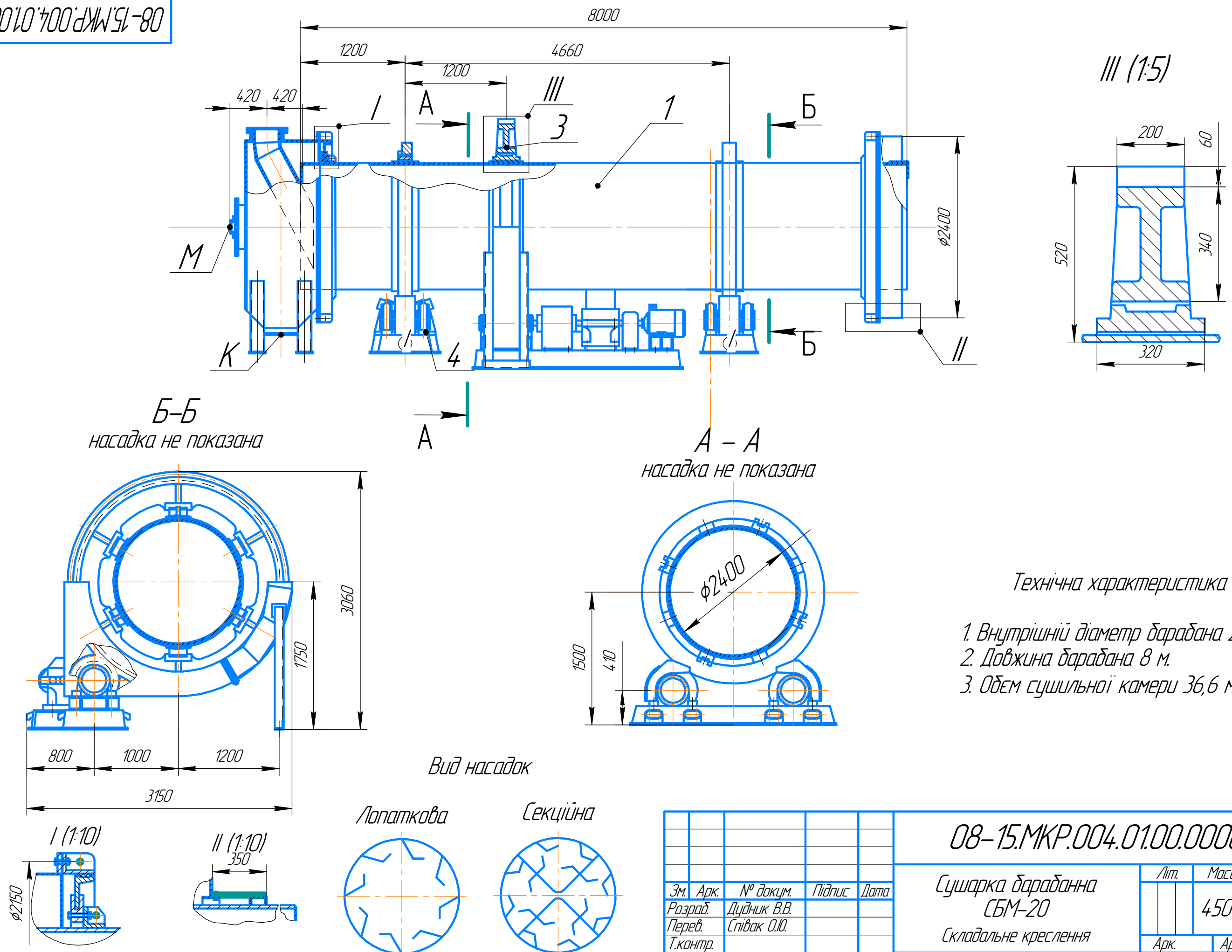
1 – газ; 2 – мазут; 3 – пелети з дерева; 4 – торфобрикети;
5 – вугілля кам'яне; 6 – дрова; 7 – лушпиння соняшника;
8 – солома; 9 – пелети соняшникові; 10 – пелети з соломи

Сумарні затрати на 1 годину сушіння в залежності від виду палива

Сумарні затрати



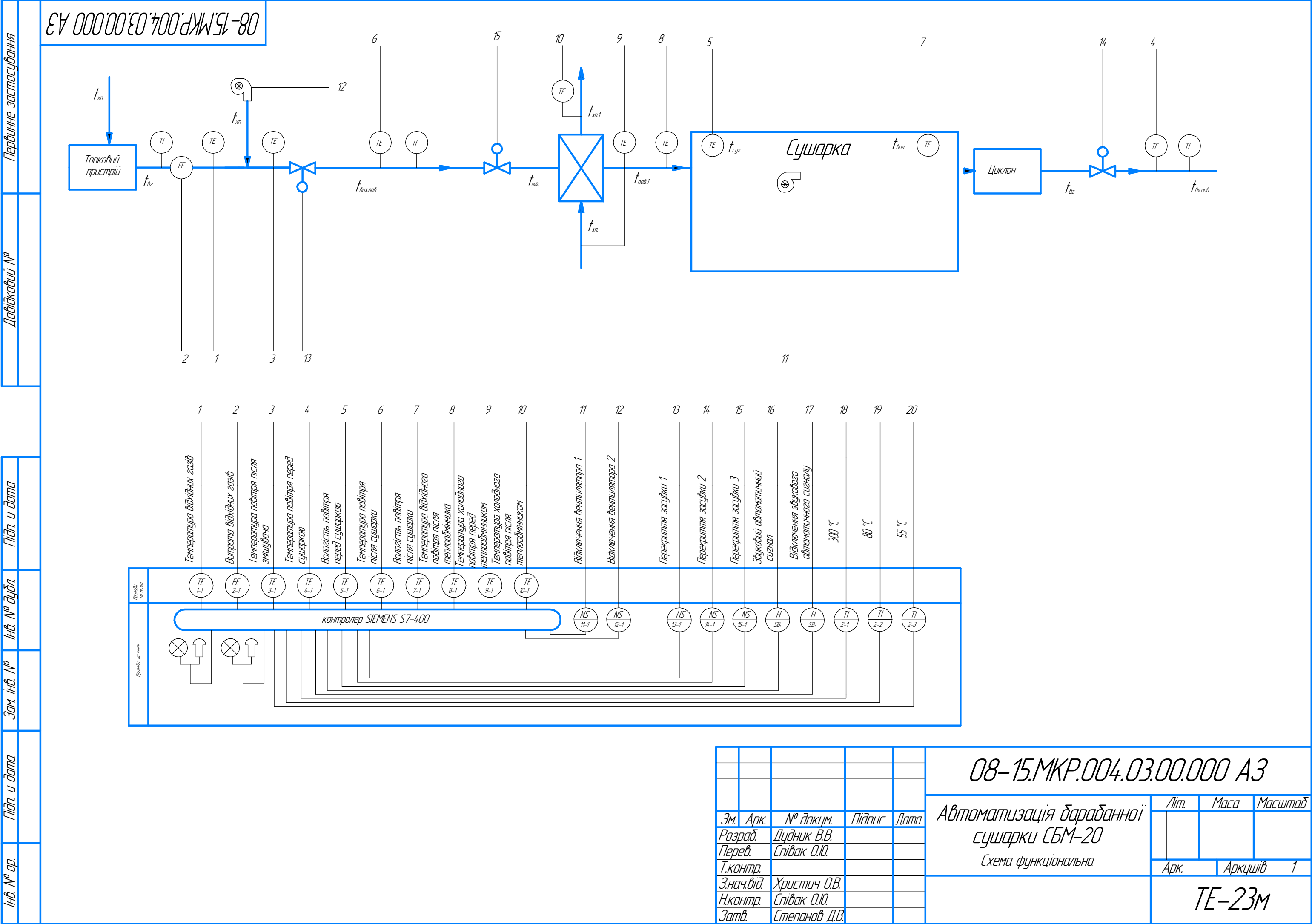
1 – газ; 2 – мазут; 3 – пелети з дерева; 4 – торфобрикети;
5 – вугілля кам'яне; 6 – дрова; 7 – лушпиння соняшника;
8 – солома; 9 – пелети соняшникові; 10 – пелети з соломи



- Технічна характеристика
- 1. Внутрішній діаметр барабана 2,4 м
 - 2. Довжина барабана 8 м.
 - 3. Об'єм сушильної камери 36,6 м³

08-15.МКР.004.01.00.000СК					Сушарка барабанна СБМ-20		
Складальне креслення					Літ.	Маса	Масштаб
						4500	1:40
					Арк.	Аркшів	1
					ТЕ-23М		
					Формат А3		

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розраб.		Дудник В.В.		
Перев.		Співак О.Ю.		
Т.контр.				
Знач.від.		Христич О.В.		
Н.контр.		Співак О.Ю.		
Затв.		Степанов Д.В.		



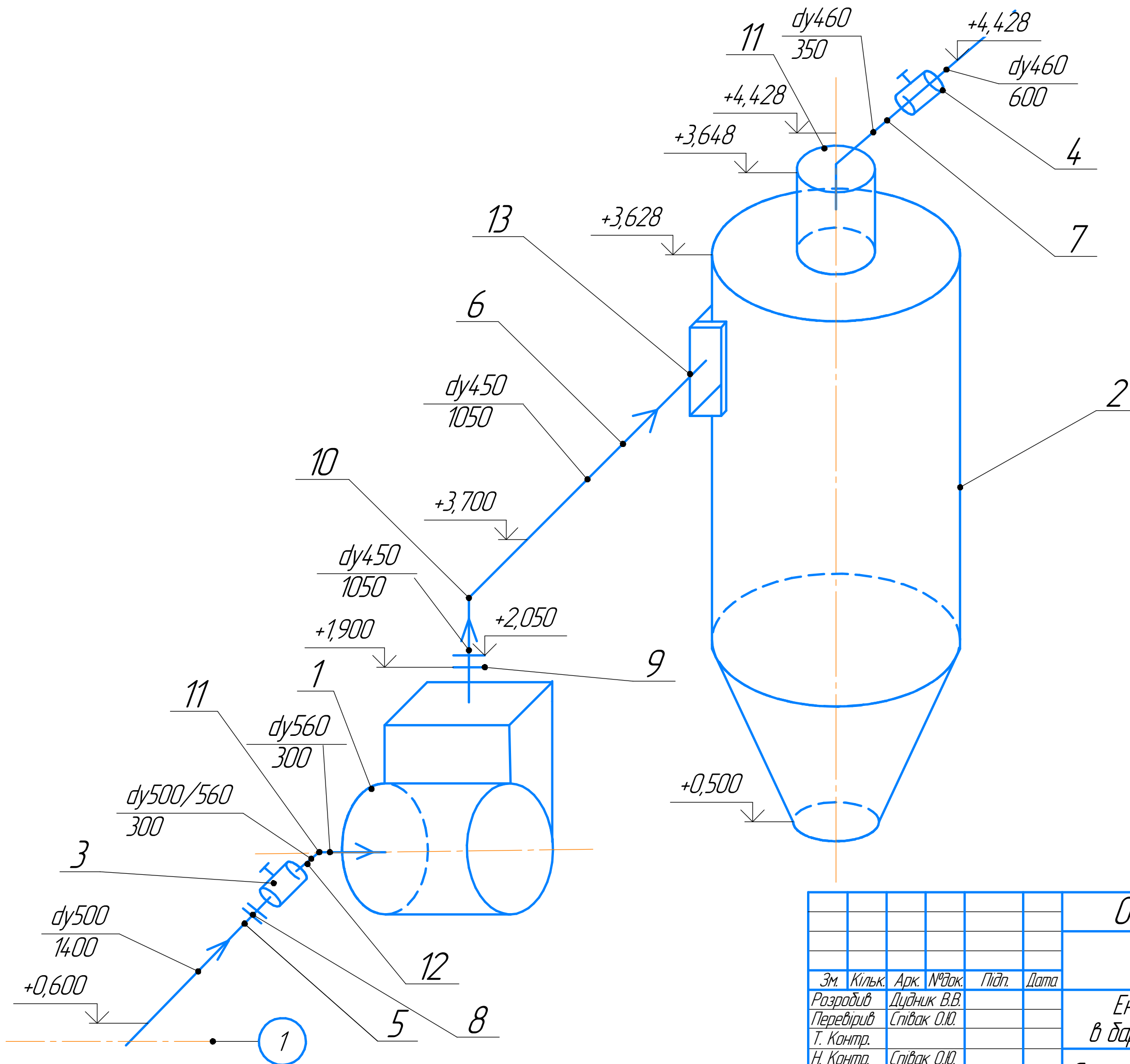
[illegible]

Погоджено:

Зам. інв. №

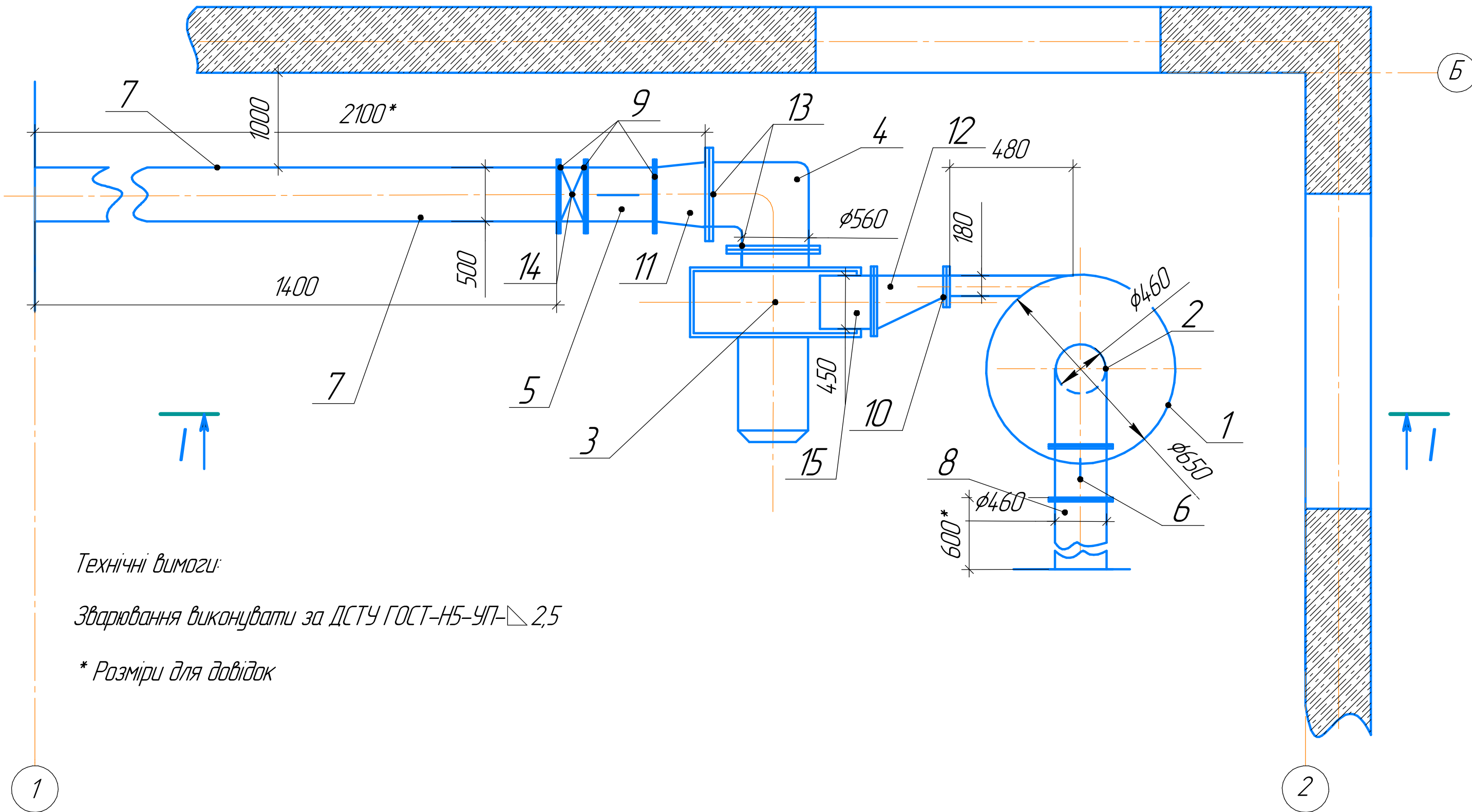
Підп. і дата

Інв. № оп.



						08-15.МКР.004.04.00.000 АР			
						м. Вінниця			
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Енергозбереження в барабанних сушарках	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив	Дудник В.В.						МКР		1
Перевірив	Співак О.Ю.					Схема аксонометрична	ТЕ-23м		
Т. Контр.									
Н. Контр.	Співак О.Ю.								
Опонент	Христин О.В.								
Затвердив	Степанов Д.В.								

Формат А4



Технічні вимоги:

Зварювання виконувати за ДСТУ ГОСТ-Н5-УП-2,5

* Розміри для довідок

Погоджено:

Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № ар.

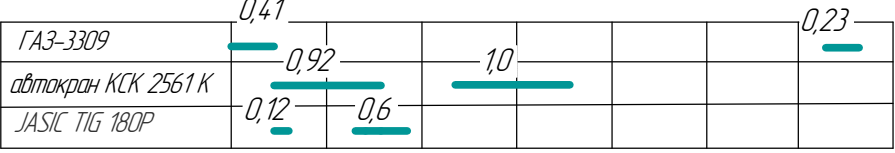
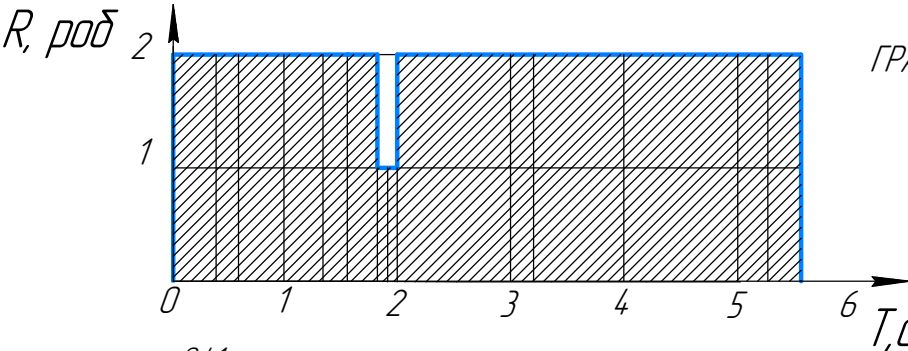
						08-15.МКР.004.05.00.000 АР			
						м. Вінниця			
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Енергозбереження в барабанних сушарках	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив	Дудник В.В.						МКР		1
Перевірив	Співак О.Ю.					План монтажу додаткового обладнання	ВНТУ ТЕ-23М		
Т. Контр.									
Н. Контр.	Співак О.Ю.								
Опонент	Христич О.В.								
Затвердив	Степанов Д.В.								

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН МОНТАЖУ МОДЕРНІЗАЦІЇ СУШАРКИ
СБМ-20 З ВСТАНОВЛЕННЯМ ЦИКЛОНА

№ п/п	Найменування робіт	Одиниця виміру	Об'єми	Норма часу люд./год	Трудо- місткість	Склад бригад	Кількість чоловік	Тривалість	2023					
									Листопад					
									Ср 22	Чт 23	Пт 24	Пн 27	Вт 28	Ср 29
1	Доставлення деталей до місць монтажу та їх складування	т	1,484	4,4	0,82	Робітник, водій	2	0,41	2x0,41					
2	Встановлення несучої конструкції	т	0,07	27,36	0,24	Монтажник 3, 6 розрядів	2	0,12	2x0,12					
3	Монтаж циклона	шт.	1	12,75	1,6	Монтажник 3, 4 розрядів	2	0,8	2x0,8					
4	Прокладання повітропроводів діаметром 480 мм	100 м ²	0,0016	231,2	0,05	Слюсар-вентиляційник 2, 3 розрядів	2	0,025	2x0,025					
5	Прокладання повітропроводів діаметром 300 мм	100 м ²	0,005	231,2	1,15	Слюсар-вентиляційник 2, 3 розрядів	2	0,575	2x0,575					
6	Встановлення запірної арматури Ду 480	100 шт.	0,01	2,5	0,003	Слюсар-сантехнік 4 розряду	1	0,003	1x0,003					
7	Встановлення запірної арматури Ду 300	100 шт.	0,01	2,5	0,003	Слюсар-сантехнік 4 розряду	1	0,003	1x0,003					
8	Монтаж вентилятора	шт.	1	15,91	1,99	Монтажник 3 розряду	2	1,0	2x1,0					
9	Перше робоче випробування системи циркуляції	100 м	0,0658	5,4	0,044	Слюсар-вентиляційник 3, 5 розрядів	2	0,022	2x0,022					
10	Робоча перевірка системи в цілому	100 м	1	2,9	2,9	Слюсар-вентиляційник 3, 5 розрядів	2	1,45	2x1,45					
11	Повернення допоміжного обладнання на склад	т	0,119	3,1	0,046	Робітник, водій	2	0,23	2x0,23					

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ
ГРАФІКУ РУХУ РОБІТНИКІВ

№	Позначення	Формула	Результат	Од.виміру
1	$Q_{зоз}$	Q_i	8,846	люд./дні
2	$T_{зоз}$	-	5,431	дні
3	R_{max}	-	2	люд
4	$R_{сер}$	$Q_{зоз}/T_{зоз}$	1,63	люд
5	$T_{вст}$	-	1,3	дні
6	$\pm_1$	$R_{сер}/R_{max}$	0,815	-
7	$\pm_2$	$T_{вст}/T_{зоз}$	0,239	-



08-15.МКР.004.06.00.000 АР					
м. Вінниця					
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата
Розробив	Дудник В.В.				
Перевірив	Співак О.Ю.				
Т. Контр.					
Н. Контр.	Співак О.Ю.				
ОпONENT	Христинч О.В.				
Затвердив	Степанов Д.В.				
Енергозбереження в барабанних сушарках				Стадія МКР	Аркуш 1
Календарний план монтажних робіт				ТЕ-23м	

Додаток Г
(довідниковий)

ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ

Аналіз доцільності використання твердого біопалива

Початкові дані

Склад
палива

C=1; H=2; S=3; O=4; N=5; W=6

Параметри
сировини

Gm := 1200

Wn := 3.5

Wk := 0.8

Параметри
сушильного
агента

t0 := 10

φ0 := 0.75

t := 65

ORIGIN := 1

Хімічний склад палива

Гас := 1

Мазут := 2

Пелети_дров'яні := 3

Торфобрикет := 4

Вугілля := 5

Дрова := 6

Лушпиння := 7

Солома := 8

Пелети_соняшникові := 9

Пелети_солом'яні := 10

$$S1 := \begin{pmatrix} 86 & 13.7 & 0.2 & 0.05 & 0.05 & 0 & 0 \\ 84 & 10.1 & 0.9 & 1.1 & 0.8 & 3 & 0.05 \\ 42.5 & 4.9 & 0.2 & 34.6 & 0.4 & 15 & 2.4 \\ 28.3 & 6 & 0.2 & 45 & 2.5 & 8 & 10 \\ 74 & 4.4 & 2 & 5.1 & 2.7 & 8 & 4.8 \\ 50 & 4 & 0.2 & 44 & 0.25 & 18 & 1.7 \\ 50 & 6.1 & 0.1 & 36.1 & 0.1 & 7 & 0.6 \\ 45.6 & 5.8 & 0.08 & 42.4 & 0.48 & 35 & 9 \\ 50 & 6.1 & 0.01 & 36.1 & 0.1 & 10 & 2.6 \\ 45.6 & 5.8 & 0 & 42.4 & 0.48 & 10 & 8 \end{pmatrix}$$

C := S1^{<1>}

Ціна палива

H := S1^{<2>}

S := S1^{<3>}

O := S1^{<4>}

N := S1^{<5>}

W := S1^{<6>}

A := S1^{<7>}

$$v := \begin{pmatrix} \text{Гас} \\ \text{Мазут} \\ \text{Пелети_дров'яні} \\ \text{Торфобрикет} \\ \text{Вугілля} \\ \text{Дрова} \\ \text{Лушпиння} \\ \text{Солома} \\ \text{Пелети_соняшникові} \\ \text{Пелети_солом'яні} \end{pmatrix} \quad \Psi := \begin{pmatrix} 75100 \\ 29000 \\ 11000 \\ 7500 \\ 20000 \\ 3000 \\ 3500 \\ 3300 \\ 5500 \\ 3800 \end{pmatrix}$$

Вища теплота згоряння
палива

$$Q_b := 0.339 \cdot C + 1.25H - 0.109(O - S) \quad Q_b =$$

	1
1	46.3
2	41.08
3	16.78
4	12.21
5	30.25
6	17.18
7	20.65
8	18.1
9	20.64
10	18.09

Нижча теплота згоряння
палива

$$Q_n := Q_b - 2.5 \cdot \left(\frac{9H + W}{100} \right)$$

$Q_n =$

	1
1	43.21
2	38.73
3	15.31
4	10.66
5	29.06
6	15.83
7	19.1
8	15.92
9	19.02
10	16.53

Теоретична кількість повітря для спалювання 1

$$L_0 := 0.115C + 0.345H - 0.043(O - S)$$

$L_0 =$

	1
1	14.62
2	13.14
3	5.1
4	3.4
5	9.89
6	5.25
7	6.31
8	5.43
9	6.3
10	5.42

Ентальпія водяної пари в сушильному агенті

$$h_n := 2500 + 1.84t = 2619.6$$

Кількість випаруваної вологи

$$W := G_m \cdot \frac{1}{3600} \cdot \frac{W_n - W_k}{100 - W_k} = 9.073 \times 10^{-3}$$

Параметри свіжого повітря та теплоносія на вході в робочу камеру

$$\eta := 0.9 \quad C_T := 2.2 \quad C_{sa} := 1.006$$

— тиск насичення

$$P_n := e^{[(1500.3 + 23.5 \cdot t_0) / (234 + t_0)]}$$

$$P_n = 1.226 \times 10^3$$

– парціальний тиск

$$P_p := \varphi_0 \cdot P_n$$

$$P_p = 919.843$$

– вологовміст свіжого повітря, $\frac{\text{кг}}{\text{кг}}$

$$d_0 := 622 \cdot \frac{P_p}{101325 - P_p} \quad d_0 = 5.7$$

– теплота пароутворення, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$

$$r := -2.362 \cdot t_0 + 2501 = 2.477 \times 10^3$$

– ентальпія свіжого повітря, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$

$$h_0 := C_{sa} \cdot t_0 + (r + C_{sa} \cdot t_0) \cdot \frac{d_0}{1000} = 24.2$$

Коефіцієнт надлишку повітря

$$\alpha := \frac{Q_b \cdot \eta \cdot 1000 + C_T \cdot t_0 - \left(\frac{9H + W}{100} \right) h_n - \left(1 - \frac{9H + W + A}{100} \right) \cdot C_{sa} \cdot t}{L_0 \cdot \left(\frac{d_0 \cdot h_n}{1000} - h_0 + C_{sa} \cdot t \right)}$$

Вологовміст сушильного агента на вході в робочу камеру сушарки

$$d_1 := 2.14 + \frac{10(9H + W) + \alpha \cdot L_0 \cdot d_0}{\alpha \cdot L_0 + \left(1 - \frac{9H + W + A}{100} \right)}$$

Параметри відпрацьованого теплоносія

Теплота пароутворення

$$r_1 := -2.362 \cdot t + 2501 = 2.347 \times 10^3$$

Ентальпія сушильного агента на вході в робочу камеру сушарки

$$h_1 := C_{sa} \cdot t + 7 + (r_1 + C_{sa} \cdot t) \cdot \frac{d_1}{1000}$$

–тиск насичення

$$\varphi_2 := 0.4$$

$$P_n := e^{[(1500.3 + 23.5 \cdot t) \div (234 + t)]}$$

$$P_n = 2.499 \times 10^4$$

–парціальний тиск

$$P_p := \varphi_2 \cdot P_n$$

$$P_p = 9.998 \times 10^3$$

–вологівміст відпрацьованого теплоносія, $\frac{\text{кг}}{\text{кг}}$

$$d_2 := 622 \cdot \frac{P_p}{101325 - P_p} = 68$$

$$\Omega := \frac{1000}{d_2 - d_1}$$

Витрата повітря, кг/с

$$L_1 := \Omega \cdot W$$

Різниця ентальпій

$$\Delta h := h_1 - h_0 \quad \Delta h := \Delta h^T$$

$$\Delta h =$$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	67.9	67.68	67.36	67.43	67.33	67.31	67.44	67.42	67.44	67.42

Теплова потужність, витрачена на сушіння

$$\Delta h := \Delta h^T$$

Корисна теплота

$$Q_1 := W \cdot r = 22.5$$

$$Q_k := (L_1 \cdot \Delta h) \quad Q_k := Q_k^T$$

$$Q_k =$$

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	10.282	10.234	10.164	10.178	10.157	10.151	10.18	...

ККД сушарки $\eta := \frac{Q_k}{Q_1} \cdot 100$

Витрата палива, кг/с

$$B := \frac{Q_1}{Q_n \cdot 1000}$$

$$B := B^T$$

$$B =$$

	1	2	3	4	5	6	7
1	$5.201 \cdot 10^{-4}$	$5.803 \cdot 10^{-4}$	$1.469 \cdot 10^{-3}$	$2.108 \cdot 10^{-3}$	$7.735 \cdot 10^{-4}$	$1.42 \cdot 10^{-3}$	...

Затрати на паливо,
грн/год $\Psi := \Psi^T$

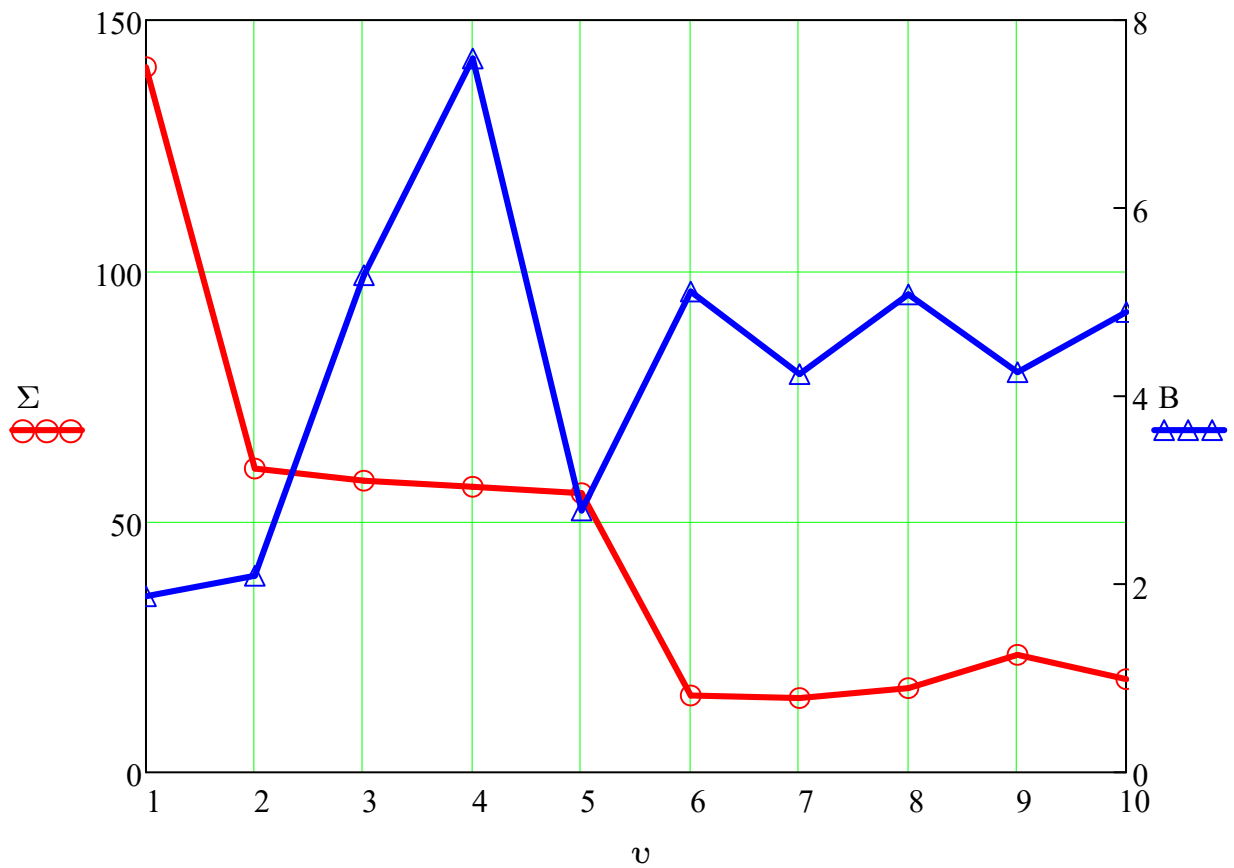
$$\Sigma := \frac{\overrightarrow{(B \cdot \Psi)} \cdot 3600}{1000} =$$

	1	2	3	4	5	6	7
1	140.622	60.584	58.153	56.926	55.691	15.338	...

$$\Sigma := \Sigma^T \quad B := B^T \quad B := B \cdot 3600$$

Затрати на паливо,
грн/год

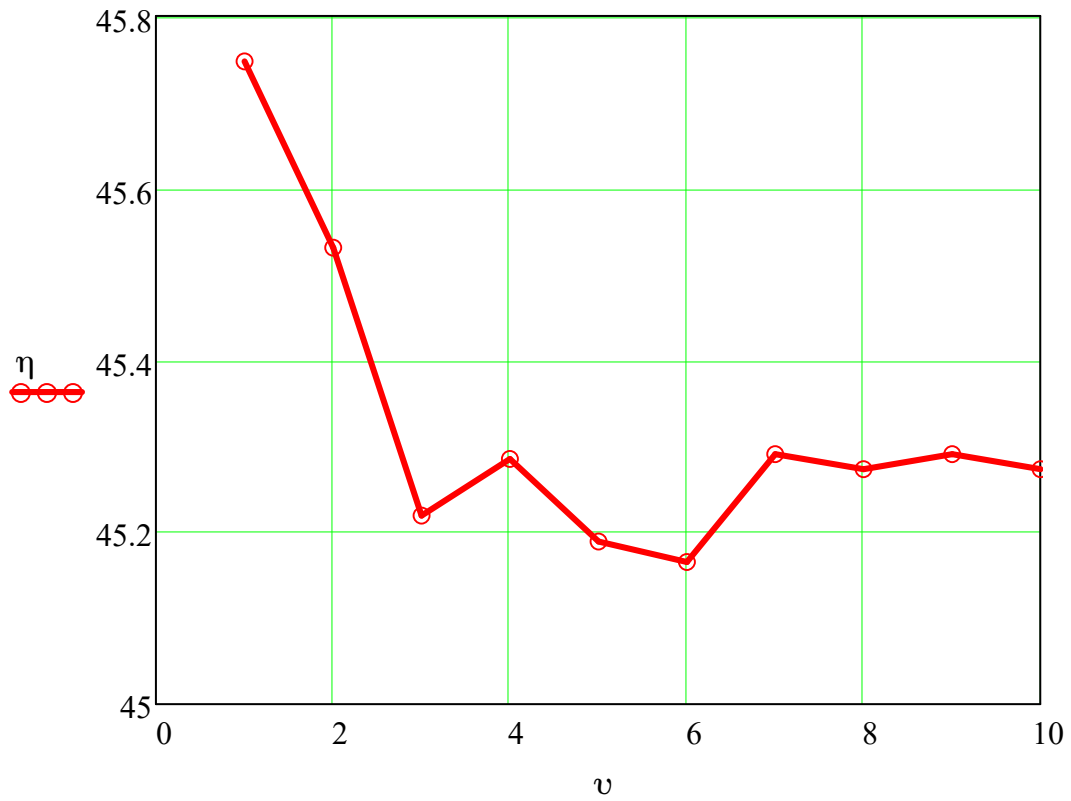
Витрата палива,
кг/год



$$\text{asm} := \text{ksmooth}(v, B, 5)$$

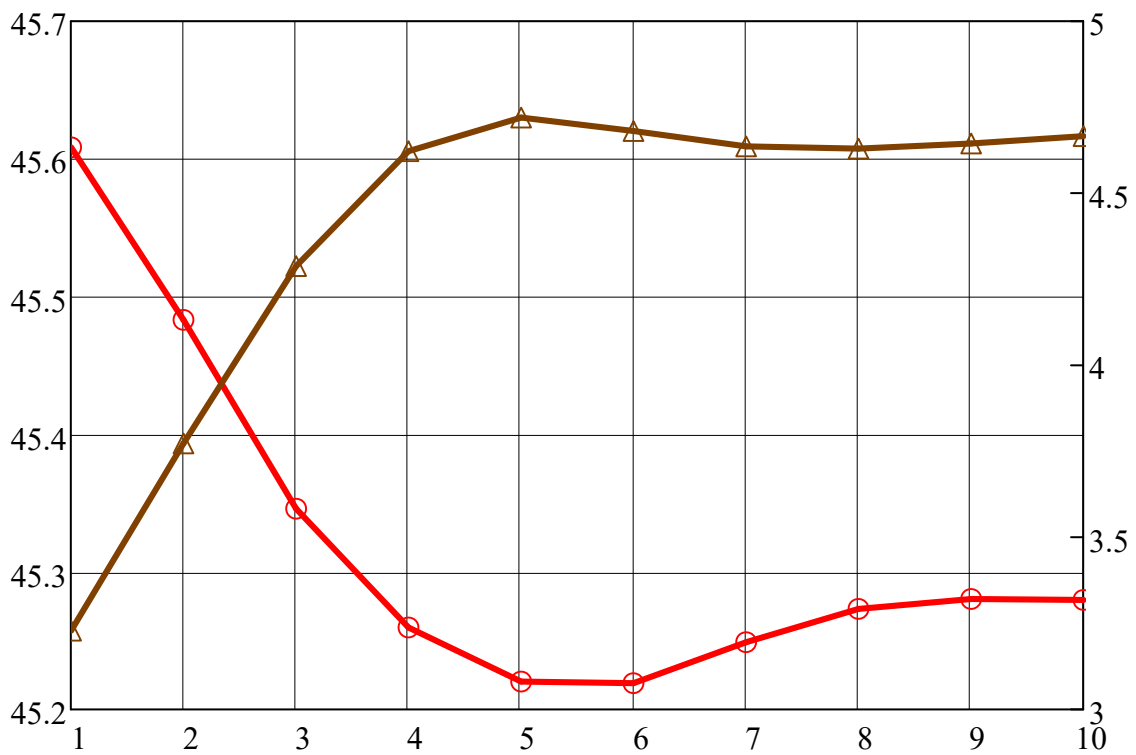
$$\text{as} := \text{ksmooth}(v, \eta, 3)$$





Коефіцієнт корисної дії

Витрата палива, кг/год



Сумарні затрати

