

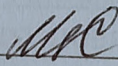
Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра теплоенергетики
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка
до бакалаврської дипломної роботи не тему:


**«Підвищення енергоефективності шахтної сушарки ДСП-50
для сушіння зернових»**

Виконав: студент 2 курсу, групи ТЕ-21мс
спеціальності 144 – теплоенергетика
(шифр і назва спеціальності)


_____ **Слободян М.В.**
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент каф.ТЕ
_____ **Співак О. Ю.**
(прізвище та ініціали)
« 12 » 06 _____ 2023 р.

Рецензент: к.т.н., доцент каф. БМГА
_____ **Попович М.М.**
(прізвище та ініціали)
« 12 » 06 _____ 2023 р.


Допущено до захисту
Зав. кафедри ТЕ
_____ **Степанов Д.В.**
к.т.н., доц.
« 12 » 06 _____ 2023 р.

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



ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Слободяну Максиму Віталійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи «Підвищення енергоефективності шахтної сушарки ДСП-50 для сушіння зернових»

керівник роботи Співак Олександр Юрійович, к. т. н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

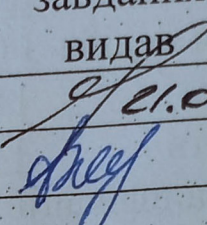
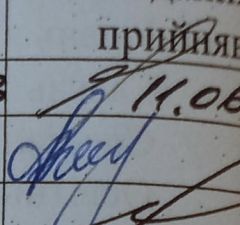
затверджені наказом вищого навчального закладу від 20 березня 2023 р. № 67

2. Термін подання студентом роботи 10.06.2023

3. Вхідні дані до роботи: температура свіжого повітря $t_0 = 10$ °С; вологість свіжого повітря $\varphi_0 = 75\%$; температура сушіння в першій зоні $t'_1 = 110$ °С; температура сушіння в другій зоні $t'_2 = 140$ °С; вологість вихідного сушильного агента з першої зони $\varphi_1 = 75\%$; вологість вихідного сушильного агента з другої зони $\varphi_2 = 50\%$; видатність сушарки $G = 50$ т/год; початкова вологість зерна в першій зоні $\omega'_1 = 22\%$; кінцева вологість зерна в першій зоні $\omega''_1 = 18\%$; температура зерна після першої зони $\vartheta''_1 = 30$ °С; кінцева вологість зерна в другій зоні $\omega''_2 = 15\%$; температура зерна після другої зони $\vartheta''_2 = 50$ °С; кінцева вологість зерна після охолодження $\omega_3 = 14\%$;

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: *аналіз літературних та патентних джерел; багатоваріантний аналіз; розрахунок сушарки ДСП-50; розрахунки обладнання для модернізації; математична модель і числовий експеримент; охорона праці; висновки.*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): *Шахтна зерносушарка ДСП-50; Повітропідігрівник ВНС-1,5; Схема технологічна зерносушарки ДСП-50; Циклон ЦН-15; План монтажу теплообмінника; Схема монтажна аксонометрична.*

6. Консультанти розділів роботи		Підпис, дата	
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	завдання видав	завдання прийняв
1-4	к.т.н., доц. Співак О.Ю.	 21.03.23	 11.06.
Охорона праці	к.т.н., доц. Віштак І.В.		
Нормоконтроль	к.т.н., доц. Співак О.Ю.		

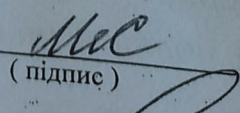
7. Дата видачі завдання 21.03.2023

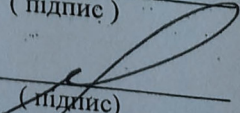
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		П
		початок	закінчення	
1.	Аналіз літературних та патентних джерел	14.03.2023	21.03.2023	
2.	Багатоваріантний аналіз	22.03.2023	01.04.2023	
3.	Розрахунок зерносушарки ДСП-50	05.04.2023	15.04.2023	
4.	Розрахунки обладнання для модернізації	16.04.2023	25.05.2023	
	Розрахунки топки теплогенератора	16.04.2023	27.04.2023	
	ВНС-1,5 на соломі			
	Розрахунок і вибір очисного пристрою	28.04.2023	12.05.2023	
	Розробка технології монтажу ТА для рекуперації теплоти топкових газів	13.05.2023	17.05.2023	
5.	Розробка математичної моделі сушарки та числовий експеримент	18.05.2023	26.05.2023	
6.	Охорона праці			
7.	Оформлення висновків по роботі	27.05.2023	01.06.2023	
8.	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу.	02.06.2023	04.06.2023	
9.	Перевірка на антиплагіат	02.06.2023	04.06.2023	
10.	Нормоконтроль	05.05.2023	06.06.2023	
11.	Попередній захист БДР, доопрацювання, рецензування БДР	07.06.2023	08.06.2023	
12.	Захист БДР ЕК	08.06.23	11.06.23	
		15.06.2023	15.06.2023	

Студент

Керівник роботи


(підпис)


(підпис)

Слободян М.В.
(прізвище та ініціали)

Співак О.Ю.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.33.221

Слободян М.В. Підвищення енергоефективності шахтної сушарки ДСП-50 для сушіння зернових. Бакалаврська дипломна робота зі спеціальності 144 – Теплоенергетика, освітня програма - Теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2023. 68 с.

Бібліогр.: 40 назв; рис.: 5; табл. 16.

У бакалаврській дипломній роботі розроблено спосіб переведення шахтної сушарки «ДСП-50» на альтернативний вид палива, а саме на пшеничну тюковану солому. Запропоновані рішення спрямовані на здешевлення собівартості висушеного зерна.

Здійснено багатоваріантний аналіз модернізації, для розрахунку варіантів складена оригінальна програма в пакеті Mathcad.

Розрахована сушарка ДСП-50, здійснено розрахунок та підбір допоміжного обладнання, такого як топка теплогенератора на соломі, розраховано і підібрано циклон для очищення відпрацьованого теплоносія від пилової фази, Розроблено технологію монтажу теплообмінника для рекуперації теплоти топкових газів.

Розроблено оптимізаційну математичну модель для підбору очисного пристрою, модель реалізовано у вигляді програми в пакеті Mathcad. Проведений числовий експеримент дозволив виявити закономірності впливу витрати палива в топці теплогенератора на ефективність осадження часток пилу в циклоні та оптимізувати вибір діаметра циклона.

Графічна частина складається з 7 креслень і 2 плакатів із результатами математичного моделювання.

У розділі охорони праці опрацьовано такі питання, як причини виникнення шкідливих та небезпечних виробничих факторів у виробничому приміщенні, їх дію на організм людини; розроблена карта умов праці, обґрунтування вибору нормованих значень шкідливих та небезпечних виробничих факторів, здійснені: оцінка факторів виробничого і трудового процесів, гігієнічна оцінка умов праці, оцінка технічного і організаційного рівня, атестація робочого місця; розроблені рекомендації щодо покращення умов праці, а також розглянуто норми пожежної безпеки.

Ключові слова: сушіння, шахтна сушарка, альтернативне паливо, сушительний процес, сушіння зерна.

ABSTRACT

Slobodian M.V. Increasing the energy efficiency of the DSP-50 mine dryer for drying grains. Bachelor's thesis on the specialty 144 - Heat and power engineering, educational program - Heat and power engineering. Vinnytsia: VNTU, 2023. 68 p.

Bibliography: 40 titles; Fig.: 5; table 16.

In the bachelor's diploma work, a method of converting the mine dryer "DSP-50" to an alternative type of fuel, namely to wheat straw, was developed. The proposed solutions are aimed at reducing the cost of dried grain.

A multivariate analysis of modernization was carried out, an original program in the Mathcad package was compiled to calculate the variants.

A DSP-50 dryer was calculated, auxiliary equipment was calculated and selected, such as a furnace for a heat generator on straw, a cyclone was calculated and selected for cleaning the spent heat carrier from the dust phase, a technology for installing a heat exchanger for heat recovery of flue gases was developed.

An optimization mathematical model for the selection of a cleaning device has been developed, the model is implemented as a program in the Mathcad package. The conducted numerical experiment made it possible to reveal the regularities of the effect of fuel consumption in the heat generator furnace on the efficiency of dust particle deposition in the cyclone and to optimize the selection of the cyclone diameter.

The graphic part consists of 7 drawings and 2 posters with the results of mathematical modeling.

In the section on labor protection, such issues as the causes of the occurrence of harmful and dangerous production factors in the production premises, their effect on the human body are elaborated; a map of working conditions was developed, justification for the selection of standardized values of harmful and dangerous production factors, carried out: assessment of factors of production and labor processes, hygienic assessment of working conditions, assessment of technical and organizational level, certification of the workplace; recommendations for improving working conditions were developed, and fire safety standards were also considered.

Key words: drying, mine dryer, alternative fuel, drying process, grain drying.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ТА ПАТЕНТНИХ ДЖЕРЕЛ	8
1.1 Загальні відомості	8
1.2 Огляд сушарок для зернових культур.....	10
1.3 Сушарка ДСП-50.....	12
1.4 Багатоваріантний аналіз	14
2 РОЗРАХУНОК ЗЕРНОСУШАРКИ ДСП-50.....	17
2.1 Визначення параметрів свіжого повітря. Процес в теоретичній сушарці	17
2.2 Процес в дійсній сушарці.....	19
2.3 Теплові втрати через теплову ізоляцію сушарки.....	21
2.4 Відхилення дійсного процесу від теоретичного процесу	25
3 РОЗРАХУНКИ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ.....	29
3.1 Розрахунок топки теплогенератора ВНС-1,5 на соломі.....	29
3.2 Розрахунок і вибір очисного пристрою	36
3.3 Технологія монтажу та для рекуперації теплоти топкових газів.....	43
4 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ І ЧИСЛОВИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ	54
4.1 Опис математичної моделі	54
4.2 Результати числового експерименту та їх обговорення	55
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ.....	58
5.1 Аналіз умов праці.....	58
5.2 Заходи покращення умов праці	60
5.3 Розрахунок штучного освітлення.....	61
ВИСНОВКИ.....	63
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	65
ДОДАТКИ.....	69
Додаток А (обов'язковий) Протокол перевірки роботи на наявність текстових запозичень.....	70
Додаток Б (обов'язковий) ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	71
Додаток В (обов'язковий) ГРАФІЧНА ЧАСТИНА	75
Додаток Г (обов'язковий) ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА	84
Додаток Д (довідниковий) Лістинг програми для розрахунку аналізу варіантів використання видів палива.....	87
Додаток Е (довідниковий) Математична модель очисного пристрою для очищення відпрацьованого теплоносія в сушарці ДСП-50.....	91

ВСТУП

Поширення шахтних зерносушарок (лише в Україні їх побудовано більше як 2000 шт.) можна пояснити їх компактністю (будуються у висоту), простотою монтажу і конструкції, гравітаційним переміщенням зерна в шахтах, надійністю в процесі експлуатації і довговічністю (реальний термін служби часто перевищує три нормативних), відносною дешевизною [1]. Недоліками їх є завищена питома металоємність і високі енергетичні витрати (в порівнянні з зерносушарками кращих світових зразків), нерівномірність сушіння і охолодження зерна, обмеження видалення вологості до 6% за один пропуск зерна через сушарку (цього мало, наприклад при сушінні кукурудзи потрібно знизити його вологість понад 20%), забруднення виносом в зоні сушарки і відносна пожежна небезпека. Саме ці чинники, враховуючи низьку енергетичну ефективність, (тепловий ККД шахтної сушарки не перевищує 45 – 50%), є причинами високої вартості сушіння зерна та насіння олійних культур в Україні [2].

Через це, останнім часом діючі шахтні зерносушарки часто переводяться за повною схемою реконструкції на більш нові технології [2]. Сюди можна віднести такі основні заходи:

- підвищення інтенсивності процесу сушіння і відповідне підвищення видатності зерносушарок до 50-72% при сушінні олійного насіння або зерна колосових культур, внаслідок застосування більш комбінованого способу сушіння. Для прикладу, якщо зерно кукурудзи має вихідну вологість понад 27%, видатність шахтних зерносушарок збільшується в 2 рази. Такий значний вплив на інтенсивність процесу сушіння змін внесених в технологію, пояснюється тим, що залежність коефіцієнтів, які визначають внутрішнє і зовнішнє вологоперенесення в зернині є ступеневою і залежить від температури.

- підвищення теплового коефіцієнта корисної дії зерносушарки. За рахунок більш нових температурних режимів і зміни контролю температури теплоносія на вихідній з вхідного по зонах, підтверджено зниження витрат палива на сушіння на 15-25% (в залежності від параметрів атмосферного повітря і зерна). За

використання інших чинників енергозбереження, перш за все утилізації теплоти відпрацьованих теплоносіїв, економія палива може скласти до 35-40% [1];

- зменшення питомих витрат електроенергії є пропорційним підвищенню видатності зерносушарки, тому, що за спрощених схем енергопідведення немає додаткових енерговитрат при збільшеній продуктивності і, отже вони однакові;

- зростає якість висушеного зерна внаслідок підвищення експлуатаційної надійності, збільшення в 1,5-2 рази швидкості руху зерна по шахтах, рівномірності сушіння й охолодження зерна,

- підвищення пожежної безпеки [3].

Оскільки в Україні зараз енергетична криза, то застосування різних конструкцій теплогенераторів для сушарок, які б працювали на різноманітних видах альтернативного палива є **актуальним**.

Метою бакалаврської дипломної роботи є модернізація зерносушарки ДСП-50 для підвищення її енергоефективності і екологічної чистоти висушеного зерна.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі завдання:

- виконати аналіз можливих варіантів модернізації;
- розрахувати існуючу теплову схему сушарки та визначити параметри теплоносія, що використовується для сушіння;
- вибрати шляхи для модернізації та розрахувати модернізовану теплову схему;
- зробити підбір та розрахунки допоміжного обладнання для роботи модернізованої сушарки;
- забезпечити дотримання вимог охорони праці.

1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ТА ПАТЕНТНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Загальні відомості

Зерносушарка – це обладнання для сушіння зернових, зернобобових та олійних культур шляхом обдування їх потоком нагрітого повітря. Основне завдання зерносушарки - зниження внутрішньої вологості зерна для:

- безпечного тривалого зберігання;
- подальшої переробки (екстракція олії, розмелювання, глибока переробка тощо).

Зерносушарка є найважливішим обладнанням на елеваторі і її робота з полягає у просушуванні зернових культур до кондиційної вологості (найчастіше для зерна вона становить 14%). Якісне, технологічно правильне та своєчасне сушіння зернової культури стане запорукою її тривалого зберігання та відповідності вимогам ринку [1].

Зерносушарка є елеваторним обладнанням, яке підбирається в залежності від сімейства культур, котрі будуть оброблятися на обладнанні, а також для яких цілей використовуватиметься зерно.

Процес роботи агрегату для просушування в залежності від моделі організовується принципово різними способами:

- контактним (продукт втрачає вологу на поверхні подового типу, що рівномірно нагрівається по всій площі);
- газовим (підігріте повітря змішують з деякою кількістю іншого газу);
- повітряним (гаряче повітря пропускається у заданому напрямку).

Зерносушарка є пристроєм, принцип дії якого полягає у спалюванні палива та передачі теплової енергії зерновому продукту для зниження його вологості. Такі агрегати розробляють стаціонарними (нерухомо встановлені) та мобільними (є можливість переміщати в різні зони приміщень заводу).

Всі види зерносушарок укомплектовані нагрівальною піччю (топкою) та камерою для сушіння сировини. Нагрівальні печі можуть працювати на дровах,

кам'яному вугіллі, торфі, газі, дизельному паливі. Залежно від виду та конструкції зерносушильних агрегатів, їх камери відрізняються за формою та об'ємом (залежить від продуктивності).

Під час процесу сушіння в камері зернова суміш може бути нерухомою (сушарки періодичної дії) або безперервно повільно пересуватися (агрегати безперервної дії). Конвективний теплообмін є основним шляхом передачі теплової енергії від топки до зернової маси практично у всьому сучасному сушильному устаткуванні [4-6].

Відомо, що конвекція - це передача теплоти переміщенням потоків нагрітого повітря, суміші повітря з газами топки або рідини.

Повітря отримує теплоту від контакту з гарячою поверхнею топки або металевими трубами з гарячими газами всередині.

Конструкція зерносушарок вважається продуктивнішою та економічнішою, коли вона працює на суміші повітря і топкових газів. ККД топки тоді стає вищим, а витрата палива, відповідно, знижується. Такі топки прямої дії, однак, необхідно ретельно контролювати при експлуатації: дуже важливо запобігти попаданню вогняних іскор з топки в сушильну камеру. Але сушарки такого типу непридатні для сушіння продовольчого зерна.

У всіх зерносушарках має працювати умова: продукт у процесі сушіння повинен прогріватися рівномірно, не пригоряти і не перегріватися в окремих місцях. Максимальна температура нагрівання насінневого зерна встановлена нормативами і складає для продовольчого – 43-45°C, та фуражного зерна – 53-55°C [7].

Типи сушарок для зерна розрізняються за такими основними параметрами [8,9]:

- принцип роботи - конвективні та контактні;
- характер роботи:
 - а) потокові (безперервної дії);
 - б) періодичної дії (силосні та камерні).
- вид сушильного агента:

- а) нагріте повітря;
- б) повітря + топкові гази.

– напрямок руху повітря:

- а) прямотокові;
- б) протитокові;
- в) з перехресним рухом;
- г) змішана схема руху.

У будь-якому випадку, незалежно від характеристик та особливостей, важливо, щоб цей агрегат підводив необхідну кількість теплоти для встановленого рівня вологості зерна після сушіння. Також він повинен рівномірно розподілити потік теплоти, не допустити перегрівання та втрат теплоти.

1.2 Огляд сушарок для зернових культур

Зерновий матеріал необхідно сушити, якщо його початкова вологість (після збирання врожаю) становить понад 15%. Класифікація зерносушарок за видами включає такі агрегати [9-11,13]:

– шахтні сушарки. Це обладнання безперервної дії, що використовується протягом усього сезону. Даний тип сушарок має робочу камеру, влаштовану у вигляді шахти, поперек якої розміщені короби для подачі нагрітого повітря. До такого типу сушарок відносяться М819, ДСП-24, ДСП-32, ДСП-50;

– барабанні сушарки. Робоча ємність такого агрегату - це барабан з лопатями, що перемішують зернову масу. Сюди можна віднести сушарки СБМ-20, СЗСБ-8А, СЗШ-8, ЗСПБ-4;

– рециркуляційні сушарки. Устаткування виконує сушіння зерна будь-якого призначення до необхідної вологості протягом одного проходу. Такі типи зерносушарок діють шляхом перемішування короткочасно розігрітого зерна з вологим. В якості рециркуляційних сушарок можуть використовуватися сушарки будь-якого типу;

– підлогові сушарки. Це камера, з підключеними нагрівачем та

вентиляційною установкою. Розподіл вологості по висоті неоднорідний. При висоті насипу 1 метр вологість може змінюватися від 12 до 16 % від низу до верху.

– колонкові (модульні) зерносушарки. Цей вид обладнання дозволяє нарощувати потужності (додавати нові модулі) зі збільшенням масштабів виробництва або за хорошого врожаю, який необхідно обробити в стислий термін. Будова зерносушарки базується на поперечній подачі гарячого та холодного повітря крізь шар зерна, що просочується між перфорованими стінками. Основні робочі органи зерносушарок – сушильна камера, завантажувальний та розвантажувальний пристрій, топковий блок з вентилятором сушіння. Також машина для сушіння зерна оснащена патрубками підведення теплоносія, майданчиком обслуговування, електрообладнанням та системою зернопроводів. Між двома колонками, з яких складається сушильна камера, простір замкнутий. Завантажувальний пристрій розташований над сушильною камерою. Воно складається з рами, обшитої стінками, а також розрівнюючого шнека і розсікача. Датчики на рамі підтримують певний рівень зерна. Кожна сушильна колонка поділена на 6 секцій, обшитих перфорованими листами. П'ять верхніх секцій працюють для сушіння зернових продуктів, а єдина нижня секція призначена для охолодження сухого зерна [3].

– баштові зерносушарки - це, як і модульні, зерносушарки поперечного потоку, але промислові (більшої продуктивності, ніж модульні). Іноді їх називають на жаргоні "ракетами" і, як і модульні, американськими. Хороша баштова сушарка забезпечує досить велику продуктивність, у ній істотно покращена ефективність системи рекуперації тепла. Як у всіх колонкових зерносушарках, зерно в них тече між двома перфорованими сітками. З боку внутрішньої сітки подається гаряче повітря, яке віддає своє тепло проходячи крізь шар зерна і виходить теплим назовні через іншу перфоровану сітку. Як і всі сушарки поперечного потоку, баштові мають більший ступінь пиловиділення та високу витрату газу (попри навіть ефективніші системи рекуперації тепла, ніж у модульних).

– бункерні зерносушарки можуть бути пересувні без коліс або з колесами

(мобільні). Замовляють їх переважно невеликі фермерські господарства, оскільки для яких така сушарка дуже зручна з трьох основних причин:

а) бункерна сушарка працює в порційному режимі, тому не потребує цілодобової подачі зерна.

б) має невелику ємність (найпоширеніші, які використовують в Україні – 30-35 м³).

в) сушарка досить автономна. Якщо вона оснащена дизельним пальником та валом відбору потужності від мотоблока чи трактора, то сушити зерно можна у будь-якому місці, хоч у полі. (Хоча на практиці в Україні такі сушарки на полях не використовують).

Ці три фактори роблять сушарки бункерного типу зручними в експлуатації в умовах невеликих фермерських господарств, в яких зерно може поставлятися з перебоями (а іноді взагалі припинятися на ніч або на великі терміни) [16].

1.3 Сушарка ДСП-50

Зерносушарка шахтного типу ДСП-50 є модифікованою версією моделі ДСП-32. Порівняно з попереднім поколінням має більшу продуктивність. Набула широкого поширення в елеваторній промисловості. Відноситься до зерносушильних агрегатів безперервної дії та відкритого типу. Призначена для сушіння олійного насіння, різних зернових та зернобобових культур. Автоматика контролює основні вузли та показники роботи цієї зерносушарки. У процесі функціонування агрегату забезпечується ефективно очищення відпрацьованого агента сушіння від різних легких домішок та пилу [14].

Модель ДСП-50Е – це вдосконалений варіант шахтної зерносушарки А1-ДСП-50. Основні відмінності полягають в оцинкованому металевому корпусі зі збільшеним терміном експлуатації, покращеною герметизацією секцій, що дозволяє ефективно висушувати ріпак, кращої теплоізоляції та наявністю трьох додаткових сушильних секцій. Також у моделі встановлено додатковий осьовий вентилятор для кращого охолодження сировини.

Зерносушарка ДСП-50 може працювати як на газоподібному паливі, так і повітряної суміші з топковими газами. Сушильний агрегат складається з двох

спарених вертикальних шахт, зібраних з металевих секцій, шафи управління, теплолаогообмінника, охолоджувача, вентиляторів, випускних механізмів, надсушильних бункерів, норій і топки.

Шахта зерносушарки ДСП-50 має розміри (ВхШхГ): 13275х3770х1200 мм. При цьому висота першої зони сушіння дорівнює 4700 мм, другої зони 3000 мм та зони охолодження зерна 4700 мм. Камера нагріву має 38 рядів коробів, охолодження 19 рядів, кожен непарний ряд має 19 коробів, а парний 18 коробів і 2 напівкороби, що позитивно позначається на зменшенні товщини продуваного шару зерна. Агент сушіння поєднується з нагрітим повітрям із зони охолодження і подається в зону сушіння, це призводить до економії палива та електроенергії.

Топка обладнана засобами автоматичного контролю, що забезпечує підтримання постійного тиску перед форсункою, запалення палива при пуску зерносушарки ДСП-50 та відключення його подачі при несанкціонованому гасінні факелу у процесі роботи. Складається топка з двох камер, а також двох циклонів, призначення яких уловлювати іскри, і камери змішування, рівень подачі повітря в яку регулюється заслінкою [14].

Накопичена сировина подається з оперативного буфера, змішується з підсушеним та нагрітим зерном із другої сушильної шахти. Далі ця суміш надходить у надсушильний буфер і потім звідти в першу сушильну шахту і теплолаогообмінник. Суміш по другій норії подається до надсушильного бункеру другої шахти, де проходить сушильну зону та зону охолодження. Зерно проходить три зони контролю температури та вологості за результатами контролю зерно відправляється на досушування або до вихідної зони. Випускні механізми просушеного та охолодженого зерна мають періодичний принцип дії. Висушене зерно подається на норію, а вже потім у накопичувальний буфер або на зерносклад.

Якщо надсушильний буфер порожній, вентилятори сушильної камери відключаються. Обладнання в зерносушарці має заблокований принцип управління, при зупинці одного блоку, що рухається, зерносушарки зупиняються всі пов'язані механізми. Автоматизована система управління забезпечує ефективний та

економний режим управління технологічним процесом сушіння та дозволяє звести до мінімуму людський фактор.

Для контролю показників залишкової вологості зерна використовується вологомір, встановлений у шахті остаточного сушіння. Контроль температури теплоносія, нагрітої та охолодженої сировини здійснюється первинними датчиками, які встановлюються в зонах з максимальними та мінімальними температурними властивостями сировини. У передтопочному приміщенні встановлено пульт контролю та дистанційного керування. Оператор може в ручному режимі стежити за параметрами роботи зерносушарки, контролюються такі вузли: транспортне та вентиляційне обладнання, положення та рівень зерна у зерносушарці, бункері сирого зерна та бункері сухого зерна. Також у шафі управління встановлений вторинний температурний датчик для подвійного контролю температури в заданій точці обробки зерна.

Основні технічні характеристики зерносушарки А1-ДСП-50:

- планова продуктивність при зниженні вологості зерна з 20% до 14%: 50 т/год;
- питома витрата електроенергії на 1 т зернових: 2,2 кВт/год;
- витрата палива для зниження вологості на 1% для 1 т зернових (дизельного палива): 1,2 кг/год;
- витрата палива для зниження вологості на 1% для 1 т зернових (природного газу): 1,73 м³ [19].

1.4 Багатоваріантний аналіз

Зерносушарка ДСП-50 є досить значним споживачем теплоти, а отже і палива, тому є доцільним зробити розрахунок роботи даної сушарки на різних видах палива, в тому числі і альтернативних.

Для аналізу варіантів видів палива нами було вибрано 3 основні види, які найчастіше застосовуються в сушарках (мазут, вугілля, природний газ) і один вид альтернативного – солома пшенична.

Вартість палива, станом на 02.06.23 року склала:

- для мазуту 13500 грн/тонну [20];
- для вугілля 9190 грн/тонну [20];
- для соломи 3000 грн/тонну [20];
- для природного газу, для підприємств 10690 грн/тис. м³ [20].

Розрахунки здійснювалися в середовищі MathCad, результати розрахунків представлені в Додатку Д, тому тут ми подаємо лише результати, оформлені у вигляді графічної залежності.

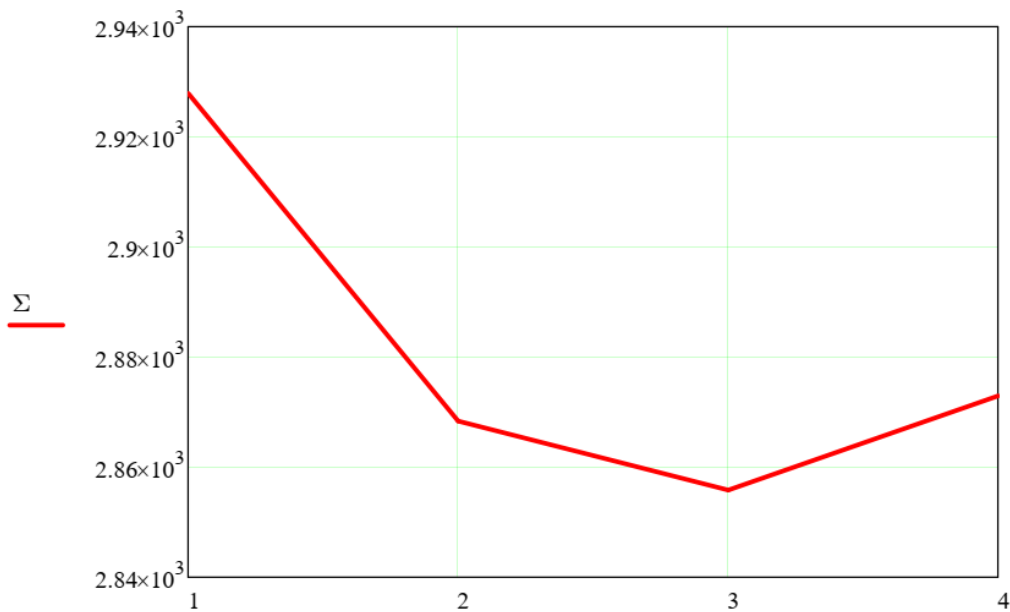


Рисунок 1.1 – Результати багатоваріантного аналізу

1 – мазут; 2 – вугілля; 3 – пелети сосонові; 4 – природний газ

Як видно з графіка, найменш доцільним для роботи сушарки ДСП-50 є мазут, який, крім того, ще й потребує додаткового мазутного господарства для його підігрівання.

Далі йдуть вугілля і газ, причому вартість опалювання сушарки газом в котлі ВНС-1,5 дешевша, ніж вугіллям.

Найвигідніше спалювати солому, але потрібно мати на увазі, що солома потребує двокамерної топки, куди рулони завантажуються почергово, крім того, використовувати її як паливо можна або не для всіх зернових, або робити запас минулорічної.

Висновки до розділу 1.

Сушарки шахтного типу призначені для промислового сушіння зернових на елеваторах, надійні в роботі, але споживають велику кількість теплоти. Сушіння сировини в них рівномірне за рахунок постійного руху зерна, крім того, застосовуючи метод рециркуляції зерна вони дозволяють висушувати зернові за один прохід через шахту. Основною відмінністю шахтних сушарок є те, що вони мають високу продуктивність сушіння зернових культур.

До основних недоліків шахтних сушарок можна віднести їх великі габарити, масивність, а крім того, значні капітальні та експлуатаційні витрати.

Як правило, такі сушарки є застарілими морально та технічно і потребують повної модернізації як окремих складових, так і теплової схеми в цілому.

Багатоваріантний аналіз показав, що в якості альтернативного газу палива в зерносушарках ДСП-50 найвигідніше використовувати пшеничну солому.

2 РОЗРАХУНОК ЗЕРНОСУШАРКИ ДСП-50

2.1 Визначення параметрів свіжого повітря. Процес в теоретичній сушарці

Визначимо параметри свіжого повітря з h - d діаграми на вході в сушарку і теплоносія на виході з обох зон сушарки (табл. 2.1).

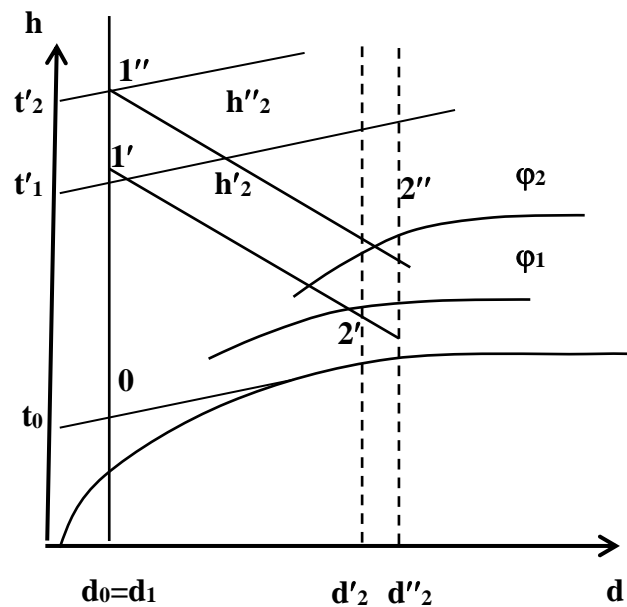


Рисунок 2.1 – Теоретичний процес сушіння в h - d діаграмі

Таблиця 2.1 – Параметри теплоносія по обох зонах сушарки

		$t, ^\circ\text{C}$	$d, \text{г/кг}$	$h, \text{кДж/кг}$	$\varphi, \%$
повітря свіже		10	5,71	24,4	75
теплоносії першої зони	вхід	110	5,71	125	0,64
	вихід	43	32	126	75
теплоносії другої зони	вхід	140	5,71	156,55	0,25
	вихід	56	38	156,55	50

Для теоретичного процесу $h_1 = h_2$.

Питома витрата повітря по зонах:

– в першій зоні

$$\ell_1 = \frac{1000}{d'_2 - d_0}, \quad (2.1)$$

$$\ell_1 = \frac{1000}{32 - 5,7} = 38 \left(\frac{\text{кг}}{\text{кг}} \right);$$

– в другій зоні, за (2.1)

$$\ell_2 = \frac{1000}{38 - 5,7} = 31 \left(\frac{\text{кг}}{\text{кг}} \right).$$

Питома витрата теплоти в обох зонах:

– в першій зоні

$$q_{r1} = \frac{h'_2 - h_0}{d'_2 - d_0}, \quad (2.2)$$

$$q_{r1} = \frac{126 - 24,4}{32 - 5,71} = 3862 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right);$$

– в другій зоні, за (2.2)

$$q_{r2} = \frac{156,5 - 24,4}{38 - 5,71} = 4094 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right).$$

Кількість видаленої вологи за зонами:

– в першій зоні

$$W_1 = G \frac{\omega_1' - \omega_1''}{100 - \omega_1''}, \quad (2.3)$$

$$W_1 = 50 \frac{22 - 18}{100 - 18} = 1561 \left(\frac{\text{кг}}{\text{год}} \right);$$

– в другій зоні, за (2.3)

$$W_2 = (50000 - 1561) \left(\frac{18 - 15}{100 - 15} \right) = 1074 \left(\frac{\text{кг}}{\text{год}} \right) = \frac{1074}{3600} = 0,298 \left(\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right);$$

2.2 Процес в дійсній сушарці

В дійсній сушарці необхідно врахувати температуру сировини на вході і виході з сушарки та тепловтрати через стінки сушарки.

Теплоємність сировини

$$c = \frac{100 - \omega}{100} c_c + \frac{\omega}{100} c_\omega, \quad (2.4)$$

де c_ω – теплоємність води в зерні;

ω – вологість зерна, %;

c_c – теплоємність сухого скелета зерна;

За [21] $c_\omega = 4,19 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$; $c_c = 1,55 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$.

Теплоємність зерна на вході в сушарку визначимо за (2.4)

$$c_1' = \frac{100 - 22}{100} 1,55 + \frac{22}{100} 4,19 = 2,13 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{К}} \right).$$

Теплоємність зерна на виході з першої зони сушарки

$$c_1'' = \frac{100-18}{100} 1,55 + \frac{18}{100} 4,19 = 2,02 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right).$$

Теплоємність зерна на виході з другої зони сушарки

$$c_2'' = \frac{100-15}{100} 1,55 + \frac{15}{100} 4,19 = 1,95 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right).$$

Маса зерна після першої зони

$$G_1 = G - W_1, \tag{2.5}$$

$$G_1 = 50000 - 1561 = 48439 \left(\frac{\text{кг}}{\text{год}} \right);$$

Маса зерна після другої зони, за (2.5)

$$G_2 = 48439 - 1074 = 47365 \left(\frac{\text{кг}}{\text{год}} \right).$$

Теплота на нагрів сировини в першій зоні сушіння

$$Q_{\text{пр}}'' = G_1 (t_1'' - t_0) c_1''; \tag{2.6}$$

$$Q_{\text{пр}}' = \frac{48439 \cdot (30 - 10) \cdot 2,02}{3600} = 341,6 \text{ (кВт)};$$

Теплота на нагрів сировини в другій зоні, за (2.6)

$$Q''_{\text{пр}} = \frac{47365 \cdot (50 - 30) \cdot 1,95}{3600} = 318,1 \text{ (кВт)};$$

Загальна кількість теплоти на нагрівання сировини

$$Q_{\text{пр}} = Q'_{\text{пр}} + Q''_{\text{пр}}, \quad (2.7)$$

$$Q_{\text{пр}} = 341,6 + 318,1 = 659,7 \text{ (кВт)}.$$

2.3 Теплові втрати через теплову ізоляцію сушарки

Прийmemo швидкість теплоносія в камері рівною швидкості його в коробах $w_1 = 0,3 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$, приймаємо швидкість відпрацьованого теплоносія зовні камери $w_2 = 0,1 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$ [21].

Теплові втрати через бокові стіни сушарки

Площу стін виберемо з таблиці 2.1 [14].

Таблиця 2.1 – Орієнтовна площа стін для моделей зерносушарок типу ДСП

	ДСП-12	ДСП-16	ДСП-20	ДСП-24	ДСП-32	А1ДСП-50	М819
1 зона сушіння	15 м ²	20 м ²	25 м ²	30 м ²	36 м ²	46 м ²	26 м ²
2 зона сушіння	9 м ²	12 м ²	15 м ²	18 м ²	20 м ²	27 м ²	16 м ²

Для сушарки ДСП50: площа стін першої зони $F' = 46 \text{ м}^2$, площа стін другої зони $F'' = 27 \text{ м}^2$.

Коефіцієнт тепловіддачі в камері сушарки визначимо методом критеріальних рівнянь. За визначальну температуру прийmemo середню температуру теплоносія [14]. Для 1 зони визначальна температура $t'_b = 110 \text{ }^\circ\text{C}$, для 2 зони визначальна температура $t''_b = 140 \text{ }^\circ\text{C}$.

Відстань між коробами приймаємо за визначальний розмір. Для 1 зони визначальний розмір $\ell_1^* = 90$ мм, для другої зони визначальний розмір $\ell_1^{**} = 70$ мм. [21].

Параметри теплоносіїв визначаємо з таблиць теплофізичних властивостей повітря [17].

Теплофізичні властивості теплоносія для зони 1:

- коефіцієнт теплопровідності $\lambda'_1 = 3,27 \cdot 10^{-2}$ Вт/(м·К);
- коефіцієнт кінематичної в'язкості $\nu'_1 = 24,5 \cdot 10^{-6}$ (м²/с);
- критерій Прандтля $Pr'_1 = 0,687$.

Теплофізичні властивості теплоносія для зони 2:

- коефіцієнт теплопровідності $\lambda''_1 = 3,49 \cdot 10^{-2}$ Вт/(м·К);
- коефіцієнт кінематичної в'язкості $\nu''_1 = 27,8 \cdot 10^{-6}$ (м²/с);
- критерій Прандтля $Pr''_1 = 0,684$.

Число Рейнольдса

$$Re = \frac{w_1 \cdot \ell}{\nu} : \quad (2.8)$$

– для 1 зони

$$Re'_b = \frac{0,3 \cdot 0,9}{24,5 \cdot 10^{-6}} = 11020 \rightarrow \text{ламінальний рух;}$$

– для 2 зони

$$Re''_b = \frac{0,3 \cdot 0,7}{27,8 \cdot 10^{-6}} = 7554 \rightarrow \text{ламінальний рух.}$$

Критерій Нуссельта при вимушеному обтіканні плоских поверхонь ламінарним потоком:

– для 1 зони

$$Nu'_b = 0,57 Re'^{0,5}, \quad (2.9)$$

$$\text{Nu}'_{\text{B}} = 0,57 \cdot 11020^{0,5} = 59,8;$$

– для 2 зони (за (2.9))

$$\text{Nu}''_{\text{B}} = 0,57 \cdot 7554^{0,5} = 49,5.$$

Коефіцієнт тепловіддачі в шахті сушарки:

– для 1 зони

$$\alpha'_{\text{B}} = \frac{\text{Nu}'_{\text{B}} \cdot \lambda'_1}{\ell_1^*}, \quad (2.1)$$

$$\alpha'_{\text{B}} = \frac{59,8 \cdot 0,0327}{0,9} = 2,2 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right),$$

– для 2 зони, за (2.10)

$$\alpha''_{\text{B}} = \frac{49,5 \cdot 0,0349}{0,7} = 2,5 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right)$$

Коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої стінки сушарки. Приймаємо за визначальну температуру процесу температуру навколишнього середовища [28]. Тоді, для $t_{\text{в}} = 10^\circ\text{C}$. З таблиць теплофізичних властивостей повітря визначаємо теплофізичні параметри [28].

– теплопровідність $\lambda_2 = 2,51 \cdot 10^{-2} \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

– кінематична в'язкість $\nu_2 = 14,16 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$;

За визначальний розмір приймаємо загальну висоту шахти сушарки.
 $\ell = 3300 \text{ мм}$.

Число Рейнольдса

$$\text{Re}_3 = \frac{0,1 \cdot 3,3}{14,16 \cdot 10^{-6}} = 23305, \rightarrow \text{рух ламінарний.}$$

Критерій Нуссельта

$$Nu_3 = 0,57 \cdot 23305^{0,5} = 87.$$

Коефіцієнт тепловіддачі від зовнішніх стін

$$\alpha_3 = \frac{87 \cdot 0,0251}{3,3} = 0,66 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right),$$

Переріз стінки шахти сушарки в обох зонах показаний на рис. 2.1,

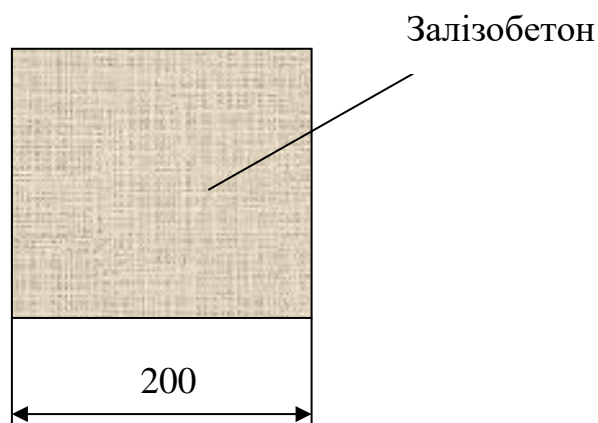


Рисунок 2.2 – Стінка сушарки ДСП-50

Коефіцієнт теплопередачі. Оскільки коефіцієнти тепловіддачі в обох зонах практично однакові, вважатимемо коефіцієнт теплопередачі в обох зонах однаковим

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha'_B} + \frac{\delta}{\lambda_\delta} + \frac{1}{\alpha_3}}, \quad (2.11)$$

де δ – товщина шару залізобетону, 200 мм;

λ_δ – теплопровідність залізобетону, 1,45 Вт/(м·К) [28];

$$k = \frac{1}{\frac{1}{2,2} + \frac{0,2}{1,45} + \frac{1}{0,66}} = 0,47 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right).$$

Втрати теплоти через стінки сушарки

– втрати в 1 зоні

$$Q'_5 = k \cdot F' \cdot (t'_1 - t_0), \quad (2.12)$$

$$Q'_5 = 0,47 \cdot 36 \cdot (110 - 10) = 1708 \text{ Вт};$$

– в 2 зоні, за (2.12)

$$Q''_5 = 0,47 \cdot 20 \cdot (140 - 10) = 1222 \text{ Вт}.$$

2.4 Відхилення дійсного процесу від теоретичного процесу

– для першої зони

$$\Delta' = c_w \cdot t_0 - \frac{Q'_5 + Q'_{\text{пр}}}{W_1} \cdot 3600, \quad (2.13)$$

$$\Delta' = 4,19 \cdot 10 - \frac{341,6 + 1,71}{1,561} \cdot 3,6 = -748 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг вол.}} \right);$$

– для другої зони, за (2.13)

$$\Delta'' = 4,19 \cdot 30 - \frac{318,1 + 1,2}{1074} \cdot 3600 = -943 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг вол.}} \right).$$

Процес сушіння в дійсній сушарці на h-d діаграмі представлений на Рис. 2.3.

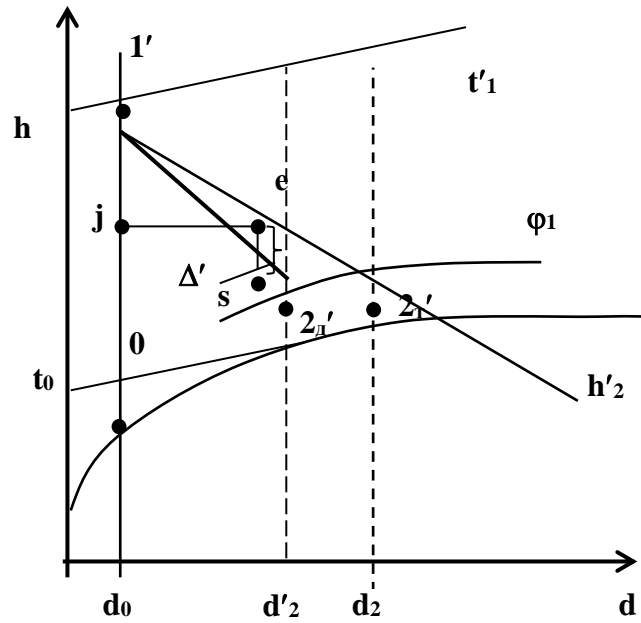


Рисунок 2.3 – Процес в дійсній сушарці

Визначимо довжину відрізка: $e_j = 39$ мм, тоді

$$e_s = e_j \frac{\Delta'}{2500} = 39 \frac{748}{2500} = 11,71 \text{ мм.}$$

На перетині лінії $1's$ і $\varphi_1 = 75\%$ знаходимо точку $2'_d$ і визначаємо вологовміст $d'_2 = 29 \frac{\Gamma}{\text{кг}}$.

Так само будуюмо процес для другої зони. Визначаємо $d''_2 = 33 \frac{\Gamma}{\text{кг}}$.

Витрата повітря для процесу в дійсній сушарці:

– для першої зони

$$L_1 = \frac{1000}{d'_2 - d_0} W_1, \quad (2.14)$$

$$L_1 = \frac{1000}{29 - 5,7} \cdot 1561 = 66996 \left(\frac{\text{кг}}{\text{ГОД}} \right);$$

– для другої зони, за (2.14)

$$L_2 = \frac{1000}{33 - 5,71} \cdot 1074 = 39342 \left(\frac{\text{кг}}{\text{год}} \right).$$

Втрати теплоти в дійсній сушарці, за зонами:

–перша зона

$$Q_1 = \frac{L_1(h'_1 - h_0)}{3600}, \quad (2.15)$$

$$Q_1 = \frac{66996 \cdot (126 - 24,4)}{3600} = 1891 \text{ (кВт)}.$$

– друга зона, за (2.15)

$$Q_2 = \frac{39342 \cdot (156,5 - 24,4)}{3600} = 1443,1 \text{ (кВт)}.$$

Сумарні втрати теплоти в дійсній сушарці

$$Q_{\Sigma} = Q_1 + Q_2, \quad (2.16)$$

$$Q_{\Sigma} = 1891 + 1443 = 3334 \text{ (кВт)} .$$

Корисна теплота на випаровування вологи

$$Q_w = W_1 \cdot r_1 + W_2 \cdot r_2, \quad (2.17)$$

де r_1 і r_2 теплота пароутворення для температур зерна ϑ_1'' і ϑ_2'' відповідно [21],

$$r_1 = 2443 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right) \quad \text{і} \quad r_2 = 2424 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right).$$

$$Q_w = \frac{1561 \cdot 2443 + 1074 \cdot 2424}{3600} = 1783 \text{ (кВт)}.$$

Коефіцієнт корисно дії сушарки

$$\eta = \frac{Q_w}{Q_\Sigma} \cdot 100\% , \quad (2.18)$$

$$\eta = \frac{1783}{3334} \cdot 100 = 53,4\% .$$

Висновки до Розділу 2

В розділі виконано розрахунок робочої камери сушарки ДСП-50.

Підібрано оптимальну швидкість повітря в сушарці, складено матеріальний та тепловий баланси процесу сушіння, розроблено заходи з охорони праці.

Розраховано теоретичний та дійсний процеси сушіння зерна по зонах, визначено теплові втрати сушарки і її ККД, який склав 54,3%.

Встановлено, що сумарна потужність сушарки при сушінні зерна гарячим повітрям має становити 3334 кВт.

Годинна кількість видаленої вологи при цьому $W=2635$ кг/год.

Сушарка працює на газу, тому потребує якісного теплогенератора на альтернативному поновлювальному виді місцевого палива і теплообмінного обладнання для екологічної чистоти висушуваного зерна.

3 РОЗРАХУНКИ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ

3.1 Розрахунок топки теплогенератора ВНС-1,5 на соломі

Повітронагрівник ВНС-1,5 призначений для спалювання місцевого твердого палива (рулонна солома) і подачі теплоносія в сушарку для сушіння зернових культур. Паливом для повітронагрівника служить солома, пресована в рулони: діаметр рулона до 1800мм, довжина рулона до 1800мм, вологість не більше 25%.

Температура теплоносія в сушарці регулюється шляхом зміни тяги димососа, зміною об'єму подачі холодного повітря заслонками на топці і клапанами вентиляторів сушарки ДСП-50.

3.1.1 Формування початкових даних

- зовнішнє повітря, що має параметри: $t_0=15^{\circ}\text{C}$; $\varphi_0=70\%$;
- повітря, яке поступає в I ступінь (зону): $t'_1=120^{\circ}\text{C}$;
- повітря, яке поступає в II ступінь (зону): $t'_2=150^{\circ}\text{C}$;
- повітря, яке поступає в охолоджуючу камеру: $t_0=10^{\circ}\text{C}$;
- теплоносій, який виходить з I зони: $\varphi_1=70\%$;
- теплоносій, який виходить з II зони: $\varphi_2=65\%$;
- повітря, яке виходить з охолоджуючої камери: $t''_{\text{ох}}=30^{\circ}\text{C}$,

Сировина:

- при вході в сушарку: $\omega'_1=28\%$; $\vartheta'_1=15^{\circ}\text{C}$;
- при виході з I зони: $\omega'_2=\omega''_1=20\%$; $\vartheta''_1=30^{\circ}\text{C}$;
- при виході з II зони: $\omega''_2=15\%$; $\vartheta''_2=50^{\circ}\text{C}$;
- при виході з охолоджуючої камери: $\omega_{\text{ох}}=14\%$; $\vartheta=10^{\circ}\text{C}$.

Паливо – солома.

3.1.2 Параметри топкових газів

Елементарний склад палива (рулонна солома), представлений в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Елементарний склад свіжої сухої соломи, % за [15]

W ^p , %	A ^p , %	S ^p , %	C ^p , %	H ^p , %	N ^p , %	O ^p , %	Сума, %
11,55	4,0	0,1	42,0	5,0	0,35	37,0	100

Теплота згоряння палива (вища)

$$Q_B^p = 0,339C^p + 1,25H^p - 0,109(O^p - S^p), \quad (3.1)$$

$$Q_B^p = 0,339 \cdot 42 + 1,257 \cdot 5,0 - 0,109 \cdot (37 - 0,1) = 16,5 \left(\frac{\text{МДж}}{\text{кг}} \right).$$

Теплота згоряння палива (нижча)

$$Q_H^p = Q_B^p - 2,5 \left(\frac{9H^p + W^p}{100} \right), \quad (3.2)$$

$$Q_H^p = 16,5 - 2,5 \left(\frac{9 \cdot 5 + 11,55}{100} \right) = 15,1 \left(\frac{\text{МДж}}{\text{кг}} \right).$$

Теоретична кількість повітря для повного спалювання 1 кг палива

$$L_0 = 0,115C^p + 0,345H^p - 0,043(O^p - S^p), \quad (3.3)$$

$$L_0 = 0,115 \cdot 42 + 0,345 \cdot 5 - 0,043 \cdot (37 - 0,1) = 4,96 \left(\frac{\text{кг}}{\text{кг}} \right).$$

Теоретичний об'єм повітря

$$V^0 = 0,0889 \cdot (C^p + 0,375 \cdot S^p) + 0,265 H^p - 0,0333 \cdot O^p, \quad (3.4)$$

$$V^0 = 0,0889(42,0 - 0,375 \cdot 0,1) + 0,265 \cdot 5,0 - 0,0333 \cdot 37,0 = 3,82 \text{ (м}^3\text{/кг)}.$$

Теоретичний об'єм азоту при спалюванні соломи

$$V_{N_2}^0 = 0,008 \cdot N^P + 0,79 \cdot V^0, \quad (3.5)$$

$$V_{N_2}^0 = 0,008 \cdot 0,35 + 0,79 \cdot 3,82 = 3,02 \text{ (м}^3\text{/кг)}.$$

Теоретичний об'єм триатомних газів

$$V_{RO_2} = 0,0186 \cdot (C^P + 0,375 \cdot S^P), \quad (3.6)$$

$$V_{RO_2} = 0,0186 \cdot (42 + 0,375 \cdot 0,1) = 0,78 \text{ (м}^3\text{/кг)}.$$

Теоретичний об'єм водяної пари при спалюванні соломи

$$V_{H_2O}^0 = 0,111 \cdot H^P + 0,0124 \cdot W^P + 0,0161 \cdot V^0, \quad (3.7)$$

$$V_{H_2O}^0 = 0,111 \cdot 5 + 0,0124 \cdot 11,55 + 0,0161 \cdot 3,82 = 0,76 \text{ (м}^3\text{/кг)}.$$

Ентальпія водяної пари в продуктах згоряння

$$h_{п} = 2500 + 1,84t_{вг}, \quad (3.8)$$

де $t_{вг}$ – температура відхідних газів, приймаємо рівною 800°C [32].

$$h_{п} = 2500 + 1,84 \cdot 800 = 3972 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right).$$

Ентальпію і вологовміст свіжого повітря, що подається в топку, з температурою $t_0 = 10^\circ\text{C}$ і вологості $\varphi_0 = 70\%$ візьмемо з Розділу 2.

$$d_0 = 5,71 \text{ кг/кг}; \quad h_0 = 24,41 \text{ кДж/кг}.$$

Присмоктуванням повітря в газоходах можна знехтувати, оскільки подача повітря здійснюється вентилятором у великому об'ємі.

Коефіцієнт надлишку повітря для топки сушарки

$$\alpha = \frac{Q_b^p \cdot \eta_T + c_T t_T - \left(\frac{9H^p + W^p}{100} \right) h_{II} - \left(1 - \frac{9H^p + W^p + A^p}{100} \right) \cdot c_{вг} \cdot t_{вг}}{L_0 \left(\frac{d_0 \cdot h_{II}}{1000} - h_0 + c_{вг} \cdot t_{вг} \right)}, \quad (3.9)$$

де η_T – к.к.д. топки, рівний 0,9 [3];

$t_{вг}$ – температура відхідних газів, приймаємо рівною 350°C;

t_T – температура палива (соломи), $t_T = 10$ °C;

$c_{вг}$ – теплоємність відхідних газів після топки, $c_{са} = 1,15$ кДж/(кг·К);

c_T – теплоємність палива, $c_T = 2,2$ кДж/(кг·К).

$$\alpha = \frac{16500 \cdot 0,9 + 2,2 \cdot 10 - \left(\frac{9 \cdot 5 + 11,55}{100} \right) 3972 - \left(1 - \frac{9 \cdot 5 + 11,55 + 4,0}{100} \right) \cdot 1,15 \cdot 350}{4,96 \cdot \left(\frac{5,7 \cdot 3972}{1000} - 24,4 + 1,15 \cdot 350 \right)} = 4,2.$$

Дійсний об'єм азоту і двоатомних газів

$$V_{N_2} = V_{R_2} = V_{N_2}^0 + (\alpha - 1)V^0, \quad (3.10)$$

$$V_{N_2} = 3,02 + (4,2 - 1) \cdot 3,82 = 15,2 \text{ (м}^3\text{/кг)}.$$

Дійсний об'єм водяної пари

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161(\alpha - 1)V^0, \quad (3.11)$$

$$V_{H_2O} = 0,76 + 0,0161(4,2 - 1) \cdot 3,82 = 3,76 \text{ (м}^3\text{/кг)}.$$

Дійсний об'єм димових газів в процесі

$$V_r = V_{RO_2} + V_{N_2} + V_{H_2O}, \quad (3.12)$$

$$V_r = 0,78 + 15,2 + 3,76 = 22,7 \text{ (м}^3\text{/кг)}.$$

Результати розрахунків подано в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Характеристики продуктів згорання

Найменування величини	Розмірність	топка
Коефіцієнт надлишку повітря α	---	4,2
Об'єм триатомних газів V_{RO_2}	м ³ /кг	0,78
Об'єм азоту V_{N_2}	м ³ /кг	15,2
Об'єм водяної пари, V_{H_2O}	м ³ /кг	3,76
Об'єм димових газів, V_{Γ}	м ³ /кг	22,7
Об'ємна частка триатомних газів, $r_{RO_2} = V_{RO_2} / V_{\Gamma}$	---	0,0344
Об'ємна частка водяної пари, $r_{H_2O} = V_{H_2O} / V_{\Gamma}$	---	0,166
Сумарна частка триатомних газів, $r_n = r_{RO_2} + r_{H_2O}$	---	0,2

Розраховуємо ентальпію теоретичного об'єму повітря для обраного діапазону температур

$$I_{\Pi} = V^{\circ}(c\vartheta)_{\Pi}, \quad (3.13)$$

де $(c\vartheta)_{\Pi}$ – ентальпія повітря, кДж/кг;

V° – теоретичний об'єм повітря, необхідного для горіння.

Ентальпія теоретичного об'єму продуктів згорання

$$I_{\Gamma}^0 = V_{RO_2} (c\vartheta)_{RO_2} + V_{H_2O}^0 (c\vartheta)_{H_2O} + V_{N_2}^0 (c\vartheta)_{N_2}, \quad (3.14)$$

де $(c\vartheta)_{RO_2}, (c\vartheta)_{H_2O}, (c\vartheta)_{N_2}$ – ентальпії триатомних газів, теоретичного об'єму водяної пари, теоретичного об'єму азоту, відповідно кДж/кг;

$V_{RO_2}, V_{N_2}^0, V_{H_2O}^0$ – об'єм триатомних газів, теоретичний водяної пари і об'єм азоту, м³/кг.

Ентальпія продуктів згорання

$$I_{\Gamma} = I_{\Gamma}^0 + (\alpha - 1) \cdot I_{\text{пов}}^0, \quad (3.15)$$

Ентальпії продуктів згорання в топці подані в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – (I – 9 таблиця)

θ , °C	I _Г ⁰ , кДж/кг	I _{пов} ⁰ , кДж/кг	Ентальпії газів в газоходах
			I _Г = I _Г ⁰ + (α - 1) · I _{пов} ⁰ , кДж/кг топка, α = 4,2
1	2	3	4
100	2675,58	504,24	4289,148
200	5373,50	1016,12	8625,084
300	8135,30	1539,46	13061,572
400	10966,32	2070,44	17591,728
500	13855,12	2612,88	22216,336
600	16809,88	3170,6	26955,800
700	19831,50	3739,78	31798,796
800	22962,32	4316,60	36775,440
900	26213,30	4893,42	41872,244
1000	29392,36	5485,52	46946,024
1100	32642,22	6092,90	52139,500
1200	35895,82	6700,28	57336,716
1400	42682,08	7930,32	68059,104
1600	49531,62	9179,46	78905,892
1800	56516,82	10424,78	89876,116
2000	63592,10	11704,48	101046,436
2200	70750,10	12984,18	112299,476

Теплова потужність топки

$$Q_T = \frac{Q_H \cdot (100 - q_3 - q_4)}{100 - q_4} + Q_{пов}, \quad (3.16)$$

$$Q_T = 15100 \cdot (100 - 0,5 - 4)/(100 - 4) + 10 \cdot 4,2 = 15063 \text{ (кДж/кг)}.$$

Для $Q_T = 15063$ кДж/кг за таблицією 3.3 температура відхідних газів $t'_{вг} = 360$ °C.

Перед розрахунком ми її прийняли рівною 350 °C.

$$\text{Відхилення } \varepsilon = \left| \frac{t'_{вг} - t_{вг}}{t'_{вг}} \right| \cdot 100\% = \left| \frac{360 - 350}{360} \right| \cdot 100\% = 2,7\% \leq 5\% ,$$

перерахунок можна не робити. Надалі в розрахунках приймемо $t'_{\text{вг}} = 360 \text{ }^\circ\text{C}$.

Температура адиабатна

$$g_a = \frac{Q_T}{V_T \cdot C'_T}, \quad (3.17)$$

де C'_T – об'ємна теплоємність відхідних газів, за [4] $C'_T = 1,14 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right)$;

ρ – густина відхідних газів $\rho = 0,58 \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)$.

$$g_a = \frac{15063}{22,7 \cdot 1,14 \cdot 0,58} = 1003 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Розрахунок теплового балансу і витрати палива наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Тепловий баланс і витрата палива

Величина			Розмірність	Розрахунок
Найменування	Позначення	Розрах. формула або спосіб визначення		
1	2	3	4	5
Наявна теплота палива	Q_H	Q_H^P	МДж/кг	15,1
Втрати теплоти від хім. неповноти згорання	q_3	Характеристики шарових механізованих топок	%	0,15
Втрати теплоти від мех. неповноти згорання	q_4	Те ж	%	4
Температура відхідних газів	$t'_{\text{вг}}$	Розрахунок	$^\circ\text{C}$	360
Ентальпія відхідних газів	$I_{\text{вг}}$	Із I – 9 таблиці	кДж/м ³	15063

Продовження таблиці 3.4				
1	2	3	4	5
Температура холодного повітря	$t_{хп}$	Згідно із завданням	°C	10
Ентальпія повітря в топковій	$I^0_{хп}$	$V^0 \cdot (c \cdot t)_{хп}$	кДж/кг	$3,82 \cdot 26,4 = 100,8$
Коефіцієнт надлишку повітря у відхідних газах	$\alpha_{вг}$	$\alpha_{вг} = \alpha''_T + \Delta\alpha$	---	$4,2 + 0 = 4,2$
Втрати теплоти з відх. газами	q_2	$(I_{вг} - \alpha_{вг} \cdot I^0_{хп}) \cdot (100 - q_4) / Q_H$	%	$(15063 - 4,2 \cdot 100,8 \times (100 - 4)) / 15100 = 7,23$
Втрати теплоти через обмурівку топки	q_5	Характеристики обмурівки топки	%	13
Сума теплових втрат	$\sum q$	$q_2 + q_3 + q_4 + q_5$	%	$7,23 + 0,15 + 4 + 13 = 24,38$
ККД топки	$\eta_{пт}$	$100 - \sum q$	%	$100 - 24,38 = 75,62$
Коефіцієнт збереження теплоти	φ	$1 - [q_5 / (\eta_{пт} + q_5)]$	---	$1 - [13 / (75,62 + 13)] = 0,853$
Повна витрата палива	B	$Q_T / (Q_H \cdot \eta_{пт})$	кг/с	$15063 / (15100 \times 0,853) = 1,17$
Розрахункова витрата палива	B_p	$B \frac{100 - q_4}{100}$	кг/с	$1,17 \frac{100 - 4}{100} = 1,12$

3.2 Розрахунок і вибір очисного пристрою

За розрахунками в Розділі 2 сушарка ДСП-50 має теплову потужність 3330 кВт. Тоді, витрата палива для забезпечення даної потужності

$$B_{\Pi} = \frac{B \cdot Q_c}{Q_r}, \quad (3.18)$$

$$B_{\Pi} = \frac{1,17 \cdot 3330}{15063} 3600 = 419,3 \left(\frac{\text{КГ}}{\text{ГОД}} \right).$$

Витрата повітря для спалювання соломи

$$L = \alpha \cdot L_0 \cdot B_{\Pi}, \quad (3.19)$$

$$L = 4,2 \cdot 4,96 \cdot 419,3 = 8735 \text{ (КГ/ГОД)}.$$

Сумарна маса відхідних газів

$$G_{\text{вг}} = L + B_{\Pi} - (B_{\Pi} \cdot A^p), \quad (3.20)$$

$$G_{\text{вг}} = 8735 + 419,3 - (419,3 \cdot 0,04) = 9,137 \left(\frac{\text{КГ}}{\text{ГОД}} \right).$$

Витрату теплоносія знайдемо з теплового балансу теплообмінника сушарки ДСП-50, що змонтований після топки для підігріву теплоносія. Прийmemo, що в шахтах сушарки немає присосів.

$$G_{\text{вг}} C_{p_{\text{вг}}} (t'_{\text{вг}} - t''_{\text{вг}}) \eta = G_{\text{ca}} C_{p_{\text{ca}}} (t''_{\text{ca}} - t'_{\text{ca}}), \quad (3.21)$$

де $t''_{\text{вг}}$ – температура відхідних газів на виході, приймаємо $t''_{\text{вг}} = 160^{\circ}\text{C}$;

$t'_{\text{вг}}$ – температура відхідних газів на вході, $t'_{\text{вг}} = 360^{\circ}\text{C}$;

t'_{ca} – температура повітря на вході, $t'_{\text{ca}} = 10^{\circ}\text{C}$;

t''_{ca} – температура теплоносія на виході, $t''_{\text{ca}} = 150^{\circ}\text{C}$;

$C_{p_{\text{вг}}}$ і $C_{p_{\text{ca}}}$ середні теплоємності відхідних газів і повітря відповідно.

З (3.21) визначаємо витрату теплоносія

$$G_{\text{ca}} = \frac{9,137 \cdot 1,041 \cdot (360 - 160)}{1,008 \cdot (150 - 10) \cdot 3600} = 4,13 \left(\frac{\text{КГ}}{\text{С}} \right).$$

Сформуємо початкові дані:

- витрата теплоносія $G_{ca} = 4,13 \left(\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right)$;
- медіанний розмір часток пилу $d_m = 9 \text{ мм}$;
- густина теплоносія, за [6] $\rho = 1,008 \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)$;
- стандартне відхилення функції розподілу парціальних коефіцієнтів очищення $\lg \delta_4 = 0,497$;
- кінематична в'язкість $\nu = 21,09 \cdot 10^{-6} \left(\frac{\text{м}^2}{\text{с}} \right)$;
- густина пилових часток $\rho_{\text{ч}} = 2000 \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)$;
- концентрація пилу на вході в циклон $C_{\text{вх}} = 20 \left(\frac{\text{г}}{\text{м}^3} \right)$;
- задаємо ефективність очищення газу в циклоні $\eta = 0,8$.

Об'ємна витрата повітря для циклона

$$V = \frac{G}{\rho}, \quad (3.22)$$

$$V = \frac{4,13}{1,008} = 4,1 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right).$$

Діаметр циклона

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \omega_{\text{опт}} \cdot N}}, \quad (3.23)$$

Приймаємо кількість циклонів $N = 4$.

Оптимальні параметри для циклона ЦН-15 беремо з літератури [26]

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

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,1}{3,14 \cdot 3,5 \cdot 4}} = 0,61 \text{ (м)}.$$

Беремо найближче значення типового діаметра циклону $D = 0,6 \text{ м}$ [26]

Теоретичний діаметр часток, які осаджуються з ефективністю 50%

$$d_{50}^T = \frac{d_m}{2}, \quad (3.24)$$

$$d_{50}^T = 9 / 2 = 4,5 \text{ (мкм)}.$$

Дійсна швидкість руху газу в циклоні

$$w_p = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot N \cdot D^2}, \quad (3.25)$$

$$w_p = \frac{4 \cdot 4,1}{3,14 \cdot 4 \cdot 0,6^2} = 3,62 \text{ (м/с)}.$$

Дійсна швидкість в циклоні не повинна відхилятися від оптимальної більш ніж на 15%. Виконуємо перевірку

$$100 \cdot \left| \frac{3,62 - 3,5}{3,5} \right| = 3,42 \leq 15\%.$$

Циклон придатний для наших цілей.

Діаметр частинок, які осаджуються з ефективністю 50% в робочих умо-

вах

$$d_{50} = d_{50}^T \sqrt{\frac{D_{ц}}{D_T} \cdot \frac{v}{v_T} \cdot \frac{w_T}{w_p}}, \quad (3.26)$$

$$d_{50} = 4,5 \sqrt{\frac{0,6}{0,61} \cdot \frac{21,09 \cdot 10^{-6}}{22,2 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{3,5}{3,42}} = 4,4 \text{ (мкм)}.$$

$d_{50} = 4,4 < d_M = 9$ мкм. Умова виконується.

Параметр X

$$X = \frac{\lg(d_M / d_{50})}{\sqrt{\lg^2 \delta_\eta^T + \lg^2 \delta_\chi}}, \quad (3.27)$$

де $\lg^2 \delta_\chi = 0,497$ стандартне відхилення розмірів часток пилу [26];

$\lg^2 \delta_\eta^T = 0,352$ стандартне відхилення функції розподілу парціальних коефіцієнтів очищення [9]

$$X = \frac{\lg\left(\frac{9}{4,4}\right)}{\sqrt{0,352^2 + 0,497^2}} = 0,1674.$$

За величиною X визначаємо значення нормальної функції розподілу $\Phi(X)$ або повного коефіцієнта очищення газу, (в частках).

$$\Phi(X) = \begin{cases} 1 - \frac{1}{5,8 \cdot X + 0,5} & \text{якщо } X > 0,6 \\ 0,3762 \cdot X + 0,5 & \text{якщо } 0 \leq X \leq 0,6 \end{cases}, \quad (3.28)$$

$$\Phi(X) = 0,3762 \cdot 0,1674 + 0,5 = 0,562.$$

Ефективність очищення в циклоні

$$\eta = \frac{1 + \Phi(X)}{2}, \quad (3.29)$$

$$\eta = \frac{1 + 0,562}{2} = 0,812.$$

Для даного розрахунку отримане значення заданої ефективності очищення газу в циклоні співпадає із заданим.

Коефіцієнт гідравлічного опору циклона

$$\xi = K_1 \cdot K_2 \cdot \xi_{600}, \quad (3.30)$$

де ξ_{600} – коефіцієнт гідравлічного опору циклона діаметром 600 мм.

K_1 – коефіцієнт на діаметр циклона, $K_1 = 1$ [19],

K_2 – поправковий коефіцієнт запиленості газу, $K_2 = 0,93$ [26],

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

Повний гідравлічний опір циклона

$$\Delta P = \xi \frac{\rho \cdot \omega_p^2}{2}, \quad (3.31)$$

де ω_p – швидкість газу в циклоні, м/с;

ρ – густина газу, кг/м³.

$$\Delta P = 142,6 \cdot \frac{1,008 \cdot 3,62^2}{2} = 942 \text{ (Па)}.$$

Потужність приводу для подачі запиленого теплоносія

$$N = \frac{K_3 \cdot \Delta P \cdot V}{\eta_m \cdot \eta_v}, \quad (3.32)$$

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

η_m – ККД передачі, приймаємо $\eta_m = 0,8$ [4].

η_v – ККД нагнітальних вентиляторів, приймаємо $\eta_v = 0,8$ [9].

$$N = \frac{1,2 \cdot 942 \cdot 4,1}{0,8 \cdot 0,8} = 7242 \text{ (Вт)}.$$

Концентрація пилу на вихлопі циклона

$$C_{\text{вих}} = C_{\text{вх}} \cdot (1 - \eta), \quad (3.33)$$

$$C_{\text{вих}} = 20 \cdot (1 - 0,812) = 4,01 \left(\frac{\text{Г}}{\text{М}^3} \right).$$

Обрана збірка циклонів на базі ЦН-15 забезпечує необхідний ступінь очищення.

Довжина шляху потоку теплоносія в циклоні

$$L = 2 \cdot (\pi \cdot D) = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,6 = 3,8 \text{ (м)}.$$

Швидкість потоку теплоносія у вхідному патрубку

$$v_{\text{окр}} = \frac{V}{N \cdot b \cdot a}, \quad (3.34)$$

де $b = 0,208$ – ширина патрубка, м [26];

$a = 0,528$ – висота патрубка, м [26].

$$v_{\text{окр}} = \frac{4,1}{4 \cdot 0,208 \cdot 0,528} = 9,33 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}} \right).$$

Швидкість осадження часток пилу

$$\omega_{oc} = \frac{d_q^2 \cdot (\rho_q - \rho_{вп}) \cdot v_{окр}^2}{g \cdot \nu_{вх} \cdot D}, \quad (3.35)$$

де d_q – діаметр часток для осаджування.

ρ_q – густина часток пилу в теплоносієві, кг/м³;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

$\mu_{вх}$ – динамічна в'язкість теплоносія на вході в циклон, Н·с/м²;

$$\omega_{oc} = \frac{(4,5 \cdot 10^{-6})^2 \cdot (2000 - 1,008) \cdot 9,33}{9,81 \cdot 21,09 \cdot 10^{-6} \cdot 0,6} = 1,35 \text{ (м/с)}.$$

Час перебування частинок в циклоні (мінімальний)

$$\tau = \frac{L}{\omega_{oc}}, \quad (3.36)$$

$$\tau = \frac{3,8}{1,35} = 2,81 \text{ (с)}.$$

За розрахунками вибираємо збірку циклонів ЦН-15-600×4УП [26].

3.3 Технологія монтажу ТА для рекуперації теплоти топкових газів

Теплообмінник пластинчастий призначений для роботи разом з топковим пристроєм ВНС-1,5, що працює на тюкованій соломі і використовується для запобігання подачі топкових газів у шахту сушарки ДСП-50.

Монтаж ТА починають з установки на фундамент опорних вертикальних стоек з опорами, що з'єднані між собою перемичками з швелерів і кутників. Перед монтажем теплообмінника окремі його секції перевіряють на надійність і щільність вальцювання кромки листів, при цьому кожену секцію по черзі укладають на стіл і перевіряють якість вальцювання. Якщо виявлено пошкодження, секцію додатково обробляють герметизуючою мастикою чи замінюють на нову.

Секції оглядають з обох боків, перевертають, оглядаючи другу сторону.

Оглянуті секції почергово вставляють в раму, яка виготовлена з кутників, при цьому кожного разу змінюючи напрямок гребенів на 90 °. Кути секцій додатково ущільнюють мастикою.

Термін служби для пластинчастих ТА – не менше 10 років. Надійність і простота обслуговування такого теплообмінника полягає в тому, що при засміченні його можна розібрати, промити і зібрати протягом 4-6 годин. Невисока засміченість поверхні теплообміну отримується внаслідок високої турбулентності потоку теплоносія, який утвореною гофрами, а також якісною механічною обробкою поверхні пластин теплообміну. Термін надійної роботи компактних газоповітряних теплообмінних апаратів сягає 20 – 25 років. Вартість заміни ущільнень змінюється в межах 10 – 15 % від собівартості пластинчастого теплообмінника. Вартість монтажу такого пластинчастого теплообмінника становить 2 – 4 % від вартості обладнання.

Для встановлення теплообмінника необхідно змонтувати монтажну раму для ТА і нагнітальних відцентрових вентиляторів ВЦ-4-76-6,3Ж-02.

Димові гази надходять до пластинчастого теплообмінника, в якому відбувається їх теплообмін із свіжим повітрям.

Для встановлення ТА потрібні матеріали, які подані в таблиці 3.5 [33].

Таблиця 3.5 – Матеріали для встановлення та обв'язки пластинчастого теплообмінника

№ п.п.	Найменування матеріалу	Одиниці вимірювання	Кількість	Маса одиниці, кг	Маса, кг
Основні матеріали					
1	Повітропроводи нержавіючі класу Н з зварними стиками та фланцями, на умовний тиск не більше 2,5 МПа. Монтуються з готових вузлів, діаметр 450×0,7 мм.	м ²	24,8	5,8	143,84

Продовження таблиці 3.5

2	Повітропроводи нержавіючі класу Н зі зварними стиками та фланцями на умовний тиск не більше 2,5 МПа, які монтуються з готових вузлів, діаметр 500×0,7 мм.	м ²	21,2	6,4	135,68
3	Теплообмінник пластинчастий розбірний тип ГЛ – 0,9	шт	2	926	1852
4	Шибери ножеві Ду 450РУ10 СМО (Іспанія)	шт	4	168	672
5	Шибери ножеві Ду 500РУ10 СМО (Іспанія)	шт	4	174	696
6	Відвід 90° 450×1 вентиляційний ДСТУ EN 12599:2006	шт	4	4,08	16,3
7	Відвід 90° 500×1 вентиляційний ДСТУ EN 12599:2006	шт	4	4,71	18,8
8	Адаптер з прямокутного перерізу на круглий AD-PSKK-3-500-NS05	шт	3	5,6	16,8
Допоміжні матеріали					
8	Азбестовий шнур загального призначення [ШАОН-1] діаметр 8 мм.	т	0,00084		1,82
9	Виріб гумовий технічний морозостійкий	кг	7,58		16,5
10	Болти будівельні з гайками і шайбами	т	0,011		23,9
12	Зварювальні електроди, марка ЭА400, або їх аналоги	т	0,00039		8,5
13	Мастика герметизуюча нетвердіюча "Гэлан"	т	0,00513		11,1

Загальна маса матеріалів 3594,44 кг.

Для встановлення вентиляторів підбираємо матеріали (таблиця 3.6).

Таблиця 3.6 – Матеріали для встановлення відцентрових вентиляторів

№ п.п	Найменування матеріалу	Одиниці вимірювання	Кількість	Маса одиниці, кг	Маса, кг
Потреба в основних матеріалах					
1	Вентилятори відцентрові ВЦ 4-75-6,3НЖ-02, з електродвигуном типу АИР80В4У2, 1,5 кВт, на віброопорах	шт	4	130,3	521,2
Потреба у допоміжних матеріалах					
2	Болти анкерні металеві	т	0,0014		5,6
3	Болти будівельні з гайками і шайбами	т	0,0016		6,2

Загальна маса матеріалів на встановлення 4 вентиляторів – 533 кг.

Для кріплення вентиляторів та теплообмінника використано несучу конструкцію (металеву монтажну раму), масу якої потрібно також врахувати при транспортуванні. Монтажна рама виготовлена з мірного прокату (швелери і кутники), сортамент і маса представлена в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Сортамент, довжина і маса прокату для монтажної рами

№ п.п	Найменування прокату	Од. вимір.	Довж. м	Кількість	Маса один., кг	Маса, кг
1	Швелер 14У	м	6,2	6	12,3	457
2	Швелер 10У	м	5	14	8,59	515,4
3	Кутник 75×75×6	м	5	6	6,89	206,7
Допоміжні матеріали						
	Електроди, марка Э55, 4 мм	т		0,00072		8,4

Маса матеріалів для монтажної рами 1187,5 кг

Загальна маса усіх матеріалів, котрі потрібні на встановлення системи, становить 5429,26 кг.

Склад робіт:

- доставка деталей до місць їх монтажу та складування;
- розмітка місць прокладання необхідних повітропроводів;
- монтаж теплообмінника;

- прокладання повітропроводів діаметром 450 мм;
- прокладання коробів-повітропроводів діаметром 500 мм;
- встановлення запірної арматури з Ду 450 та 500 мм;
- монтаж відцентрових вентиляторів;
- перше випробування системи циркуляції теплоносія;
- кінцева перевірка системи і здача її в експлуатацію;
- повернення залишків та допоміжного обладнання на склад.

Визначення об'ємів робіт:

- доставка деталей до місць монтажу та складування. Одиниці вимірювання – в тоннах. Загальна маса деталей 5427,26 кг (див. табл 3.5 – 3.7). Приймаємо об'єм робіт $V = 5,427$;
- встановлення монтажної рами. Одиниці вимірювання в тоннах. Приймаємо об'єм робіт $V = 1,1875$;
- монтаж ТА. Одиниці вимірювання в штуках. Планується встановити два теплообмінники, кожен масою 925 кг. Приймаємо $V = 2$;
- прокладання повітропроводів діаметром 450 мм. Одиниці вимірювання 100 метрів. Довжина труб з діаметром 450 мм складає 24,8 м. Приймаємо об'єм робіт $V = 0,248$;
- прокладання повітропроводів діаметром 500 мм. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина коробів з діаметром 500 мм складає 21,2 м. Приймаємо об'єм робіт $V = 0,212$;
- монтаж запірної арматури для повітропроводів діаметром 450 мм. Одиниці вимірювання 100 штук. Встановлюється 4 шибири масою 672 кг. Приймаємо об'єм робіт $V = 0,04$;
- монтаж запірної арматури для повітропроводів діаметром 500 мм. Одиниці вимірювання 100 штук. Встановлюється 4 шибири масою 696 кг. Приймаємо об'єм робіт $V = 0,04$;
- монтаж нагнітальних відцентрових вентиляторів для подачі повітря та димових газів. Одиниці вимірювання – штуки. Планується встановити 4

- вентилятори масою 521,2 кг кожен. Приймаємо об'єм робіт $V = 4$;
- перше випробування системи циркуляції теплоносія. Одиниці вимірювання в метрах. Повна довжина труб становить 46 м. Приймаємо $V = 46$;
 - робоча перевірка системи в цілому. Одиниці вимірювання штуки. Отже, $V = 1$;
- Доставлені на будівельний майданчик прилади групуємо згідно заявочних специфікацій.

Монтаж газоповітряного компактного ТА виконується так:

- розмітка місць встановлення кріплень на перекритті;
- виготовлення і встановлення несучої рами;
- монтаж теплообмінного апарату;
- кріплення до ТА повітропроводів.

Повітропроводи-короба, через які подається грійний теплоносій, прокладається на висоті 2,5 м від поверхні підлоги. Повітропровід, яким нагріваний теплоносій відводиться з ТА, прокладається на висоті 5 м від перекриття. Повітропровід яким подається холодне повітря прокладається на висоті 2,5 м.

Повітропровід, яким відводяться відпрацьовані димові гази, прокладається на висоті 5 м від перекриття. ТА розташовується від топки на відстані 2,9 м та від бетонної основи 5,2 м.

Деталі, ТА, матеріали та обладнання для встановлення всієї системи завозяться централізовано автомашиною вантажною "ГАЗ – 3309". Технічні характеристики автомашини "ГАЗ – 3309" наведені в таблиці 3.8 [34].

Для монтажу вузлів ТА та несучої конструкції необхідно застосувати автокран КС-2561К на базі автомобіля ЗіЛ – 130, технічні характеристики якого наведено в таблиці 3.9 [35].

Для зварювання стиків повітропроводів планується до використання зварювальний апарат інверторного типу JASIC TIG 180P (W211). Його технічні характеристики подані в таблиці 3.10 [36].

Таблиця 3.8 – Характеристики автомашини "ГАЗ – 3309"

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

Таблиця 3.8 – Характеристики автокрана КС-2561К

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	т	6,3
Висота підйому стріли	м	8
Розміри в транспортному положенні		
довжина	м	8,5
висота		3,6
ширина		2,5
Маса автокрана	т	9,25

Таблиця 3.9 – Характеристики зварювального апарата JASIC TIG 180P (W211)

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

Короба комплектуються за гілками. Короба подаючих та зворотних магистралей зв'язують в пакети, котрі мають відповідне маркування, яке не допускає помилок між ділянками.

Для монтажних робіт використовують інструменти, список яких наведено в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Набір інструментів та пристосувань для монтажників [2]

Найменування	ДСТУ, марка	К-ть, шт.	Загальна маса, кг
Ключ гайковий двосторонній марки М19х22 мм	ДСТУ ISO 42299 : 2015	6	1,2
Плоскогубці комбіновані	ДСТУ ISO 1173 : 2 015	6	1,6
Викрутки	ДСТУ EN 60745-2 : 2014	6	0,31
Молоток слюсарний	ДСТУ ISO 3316 : 2015	6	1,8
Зубило слюсарне довжиною 200 мм	ДСТУ ISO 3316 : 2015	6	2,1

Продовження таблиці 3.10			
Молоток гумовий	ДСТУ ISO 3316 : 2015	6	1,9
Стрічка вимірювальна, 20 м	ДСТУ ISO 3316 : 2015	6	0,12
Рівень металевий	ДСТУ ISO 3316 : 2015	2	0,22
Висок	ДСТУ ISO 3316 : 2015	2	0,2
Ящик переносний для інструменту		6	3,2
Всього:			38,65

При випробуваннях повітропроводів на щільність та міцність використовуємо вентилятор НВВ-2-450/71-300Т, його характеристика подані в таблиці 3.11 [37].

Таблиця 3.11 – Технічні характеристики вентилятора НВВ-2-450/71-300Т

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

Монтаж системи планується виконати в такій послідовності:

- розмітити місця установки всього обладнання;
- розмітити місця установки кріплень ТА та вентиляторів;
- встановити опори та обладнання на місця.

Монтаж повітропроводів виконати в такій послідовності:

- розмітити осі та встановити кронштейни і підвіски;
- прокласти повітропроводи згідно з кресленнями;
- розставити вузли і заготовки за наміченими осями;
- приєднати до них необхідне обладнання;
- вивірити та встановити задані для обладнання та коробів уклони;

- закріпити короби-повітропроводи на підвісках та опорах.

Систему випробовують на справність запірної арматури та інших пристроїв обладнання і на її герметичність тільки після виконання повністю всіх монтажних робіт. Випробування на герметичність виконують до накладання теплоізоляції (якщо вона передбачена) і фарбування. Повітропроводи випробовують за ДСТУ ГОСТ 3845-82 тиском, який перевищує робочий на 0,5 МПа, протягом 10 хвилин; зниження тиску при цьому допускається не більше ніж на 0,1 МПа [33].

Випробування системи оформляють актом приймання-здачі. При прийманні системи в експлуатацію готують такі основні документи:

- документи, акти, креслення погоджень на додаткові роботи та зміни, які допущені при монтажних роботах;
- акти на приховані роботи (якщо є);
- акти випробувань окремих елементів (пристроїв, монтажних вузлів, обладнання) з доданням усіх паспортів на елементи;
- акти на ефективність роботи обладнання (баків, насосів, пожежних кранів тощо) та випробувань на герметичність мережі.

Під час приймання перевіряють:

- відповідність монтажу затвердженому проектом;
- міцність кріплень;
- наявність ухилів для спорожнення повітропроводів від конденсату;
- відсутність витоків повітря в запірній арматурі, з'єднаннях, обладнанні;
- ефективність вмикання і вимикання системи;
- роботу систем автоматизації.

Усі виявлені дефекти і неполадки вказують у відповідних актах приймання, відхилення від затвердженого проекту, результатів випробування окремого обладнання і системи в цілому, актів на якість виконаних робіт, на наявність недоробок, вказують терміни для їх усунення.

Висновки до Розділу 3.

В цьому розділі здійснено розрахунок топки для шахтної зерносушарки ДСП-50, яка працює на пшеничній соломі.

Визначено ККД топки, який склав 75,62%, витрату палива $B = 419,3$ кг/год і необхідну кількість повітря для роботи топки $L = 8735$ кг/год.

Для очищення відпрацьованого сушильного агента розраховано блок циклонів. Визначено ефективність його роботи $\eta_{\text{ц}} = 0,812$, потужність приводу вентилятора для стабільної роботи блока циклонів $N = 7242$. Час перебування часточок пилу в циклоні складає 2,81 с.

Виконано аеродинамічний розрахунок конденсаційного ТА і підібрано нагнітальний вентилятор для тракту повітря ВЦ 4-75, №4 і насос для тракту води 40QY-6 SS.

Розроблено технологію монтажу розбірного пластинчастого теплообмінного апарата для підігріву холодного теплоносія відхідними газами з топки шахтної зерносушарки ДСП-50.

Виконано підбір обладнання і матеріалів для монтажу газоповітряного теплообмінника та нагнітальних вентиляторів ВЦ 4-76-6,3Ж-02, визначено загальну масу обладнання, яка склала 5247,26 кг.

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

Розроблено заходи з організації та забезпечення технології монтажу системи та технічної частини.

4 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ І ЧИСЛОВИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

4.1 Опис математичної моделі

В роботі розроблено математичну модель циклона для очищення відпрацьованого теплоносія від пилової фази і числовими методами дослідити вплив витрати палива в топці теплогенератора на його роботу за різних режимів.

Розрахунок збірки циклонів ЦН-15 виконаний у Розділі 3, тому адекватність математичної моделі перевіримо на ньому, використавши його в якості контрольного прикладу.

Розроблена структурно-функціональна аналітична математична модель містить 18 лінійних та нелінійних рівняння. Дана математична модель є дискриптивно-оптимізаційною, параметром оптимізації в моделі є ефективність очищення теплоносія в циклоні. Модель детермінована, її результат залежить від вхідних даних. Універсальність моделі дозволяє використовувати її для оптимізаційних розрахунків різних типів циклонів і збірок на їх базі.

Вхідними даними є:

- теплова потужність зерносушарки ДСП-50;
- витрата умовного палива;
- коефіцієнт надлишку повітря в топці;
- температура відхідних газів на виході;
- температура відхідних газів на вході;
- температура повітря на вході;
- температура теплоносія на виході;
- середні теплоємності відхідних газів і повітря;
- медіанний розмір часток пилу;
- густина теплоносія;
- стандартне відхилення функції розподілу парціальних коефіцієнтів очищення;
- концентрація пилу на вході в циклон;
- густина пилових часток.

Розрахунковими величинами є:

- діаметр циклона;
- ефективність очищення газу в циклоні;
- швидкість осадження часток в циклоні;

Варіаційна змінна – витрата палива в топці сушарки.

При створенні моделі прийняті такі допущення та спрощення:

- оптимальна величина ефективності очищення газу в циклоні $\eta = 0,8$;
- оптимальна швидкість теплоносія в циклоні $w_{\text{опт}} = 3,5 \text{ м/с}$;
- теоретичний оптимальний діаметр часток $d_{\text{опт}}^T = 4,5 \text{ мкм}$.

4.2 Результати числового експерименту та їх обговорення

Матмодель процесу очищення складена в пакеті MathCad, а самі результати числових досліджень подані у вигляді графіків на рисунках 4.1-4.4.

Лістинг програми представлено в Додатку Е.

Рисунок 4.1 показує залежність ефективності очищення теплоносія в циклоні ЦН-15 від загальної витрати палива (солома пшенична) в топці теплоагрегату сушарки. Як видно з графіка, зі збільшенням витрати палива (а отже і зі збільшенням теплової потужності і швидкості відпрацьованого теплоносія) ефективність очищення знижується, хоча в досліджуваному діапазоні витрат вона повністю задовольняє початкові умови. Сама залежність має вигляд ламаної лінії, причому в інтервалах подачі палива 2-2,5 і 4-4,5 ефективність очищення залишається сталою.

На Рисунку 4.2 показано, як залежить ефективність очищення газового середовища від діаметра самого циклона. Зі збільшенням діаметра ефективність зменшується, тому для великих витрат очищуваного середовища доцільно не збільшувати діаметр циклона, а саму кількість циклонів в батареї. З Рисунка 4.2 видно, що зменшення ефективності очищенні від діаметра циклона має монотонний характер.

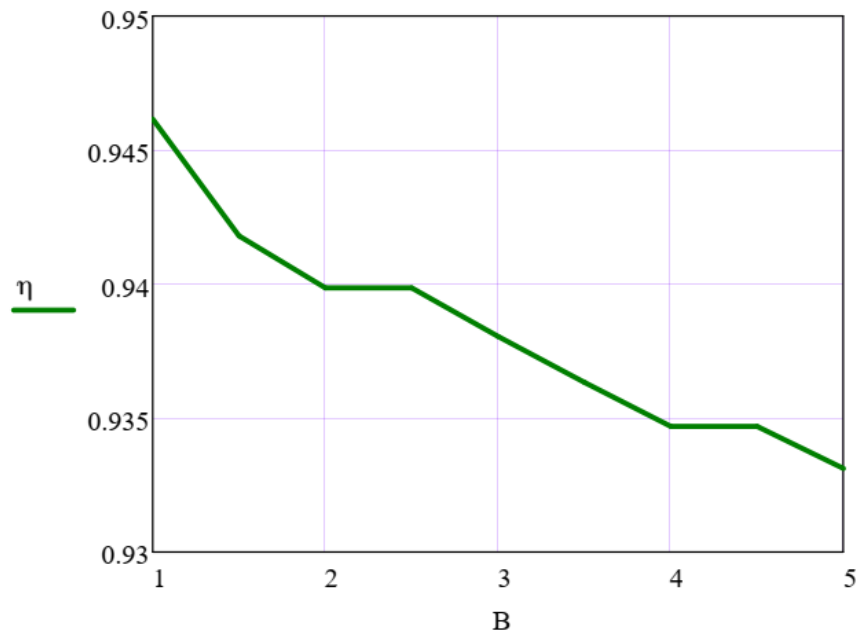


Рисунок 4.1 – Залежність ефективності очищення теплоносія від витрати палива в топці сушарки

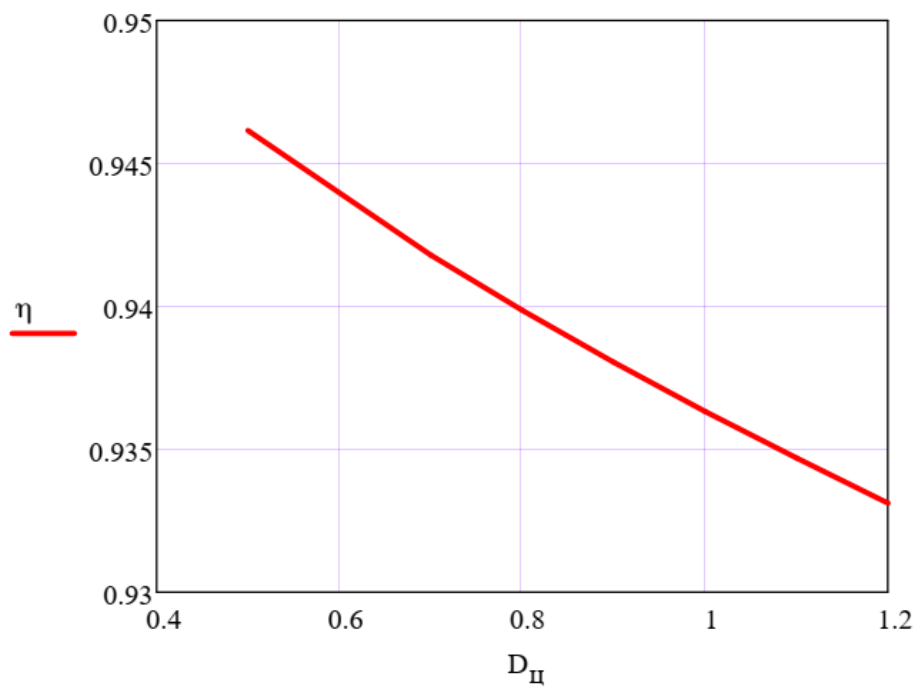


Рисунок 4.2 – Залежність ефективності очищення теплоносія від діаметра циклона

На Рисунку 4.3 показано як залежить діаметр одиночного циклона ЦН-15 від витрати палива, (фактично від витрати теплоносія в сушарці). Для підтримання оптимальної швидкості в циклоні, зі збільшенням витрати палива його діаметр зростає.

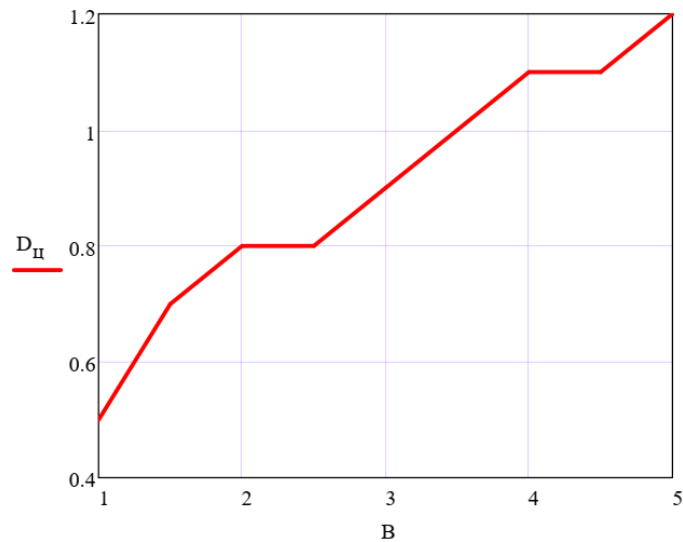


Рисунок 4.3 – Залежність діаметра циклона від витрати палива

На Рисунку 4.4 показаний вплив витрати палива в сушарці на оптимальну швидкість осадження часток пилу. Процес носить коливальний характер, коливаючись відносно значення оптимальної швидкості 3,5 м/с.

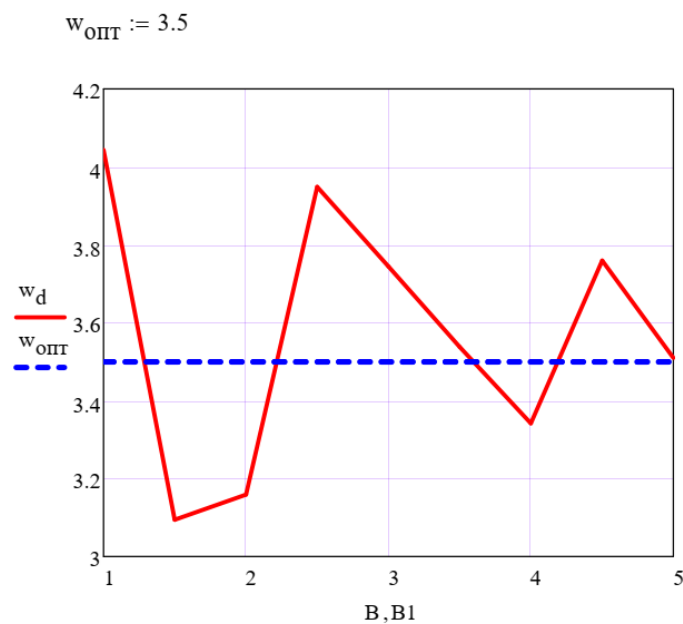


Рисунок 4.4 – Вплив витрати палива в сушарці на швидкість осадження часток в циклоні

Висновки до розділу 4: розробка математичної моделі і її реалізація у вигляді розрахункової програми в пакеті MathCad, дозволила дослідити вплив витрати палива в сушарці на основні характеристики циклона ЦН-15.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

5.1 Аналіз умов праці

Об'єктом дослідження аналізу небезпечних та шкідливих факторів у приміщенні є приміщення для сушіння яблук.

Перелік основних небезпечних і шкідливих факторів :

1) Підвищена або знижена температура повітря робочої зони. Приміщення має автоматичну систему підтримки температури повітря в межах, що відповідають групі 2 за ГОСТ 22261-76, за допомогою кондиціонерів та обігрівачів.

Таблиця 5.1 – Оптимальні норми мікроклімату приміщень

Період Року	Холодний	Теплий
Температура повітря, °С не більше	19 ... 22	20 ... 23
Відносить. вологість повітря, %	60 ... 80	60 ... 80
Швидкість руху повітря, м/с	0,1	0,2

2) Підвищений рівень шуму на робочому місці. Основним джерелом шуму є вентилятори, які перекачують повітря в сушарки. Вплив шуму відбивається як на органах слуху, так і на загальному психологічному стані людини. Можливі глухота, нервові розлади.

Підтримування параметрів мікроклімату в приміщенні забезпечується кондиціонуванням та виходом відпрацьованого повітря с сушарки. Кліматичні умови, підтримуються в межах:

- температура, °С 15 ... 30;
- відносна вологість повітря, % 60 ... 80;
- концентрація пилу в повітрі не більше 0,5 мг/м³

Так як джерел виділення шкідливих речовин у приміщенні немає, то місцевої вентиляції не потрібно.

5.1.1 Освітлення

Природне і штучне освітлення в приміщеннях регламентується нормами ДБН В.2.5-28-2006 залежно від характеру зорової, системи та виду освітлення, фону, контрасту об'єкта з фоном. Дане виробниче приміщення за ДБН, відноситься до п'ятого розряду зорової роботи.

Таблиця 5.2 – Норми освітлення

Характеристика зорової роботи	Найменший об'єкт розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фону	Штучне освітлення		Природне освітлення	
						Освітленість, лк		КПО e_n^{III} , %	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або комбіноване	Бокове
Малої точності	Більше 1 до 5	V	а	малий	темний	300	200	3	1
			б	малий середній	середній темний	200	150		
			в	малий середній великий	світлий середній темний	-	150		
			г	малий середній великий	світлий світлий середній	-	100		

Штучне освітлення передбачається у всіх виробничих та побутових приміщеннях, де недостатньо природного світла, а такожі для освітлення приміщень в темний період доби. При організації штучного освітлення необхідно забезпечити сприятливі гігієнічні умови для зорової роботи і одночасно враховувати економічні показники [37].

Для забезпечення нормованих значень освітленості в приміщенні слід проводити чищення скляних рам і світильників не рідше двох разів на рік і проводити своєчасну заміну ламп, що перегоріли.

Для штучного освітлення приміщення слід використовувати головним чином люмінесцентні лампи. Найбільш прийнятними є люмінесцентні лампи білого і тепло - білого світла.

5.1.2 Шум

Шум створюють вентилятори - 60 дБА Відповідно до ДСТУ-Н Б А 3.2-1:2007, для промислових приміщень допустимий рівень звукового тиску складає 80 дБА [38].

Засоби та методи захисту від шуму визначені в ДСТУ 2867-94. Для зниження шуму слід:

- послабити шум самих джерел, зокрема, передбачити застосування в їх конструкції акустичних екранів, кожухів тощо;
- застосовувати раціональне розташування обладнання;
- використовувати архітектурно - планувальні та технологічні рішення, спрямовані на ізоляцію джерел шуму [39].

5.2 Заходи покращення умов праці

Негативна дія шуму призводить до уповільнення швидкості нервових реакцій, знижує увагу. Діючи на вегетативну нервову систему, надмірний шум викликає зміну ритму діяльності пульсу, негативні зрушення кров'яного тиску, що може призводити до стомлення і навіть деяким захворювань. Одним з важливих профілактичних засобів попередження стомлення при дії інтенсивності шуму є чергування періодів роботи і відпочинку при дії шуму. Відпочинок знижує негативний вплив шуму на працездатність лише в тому випадку, якщо тривалість та кількість відпочинку відповідає умов, при яких відбувається найбільш ефективно поновлення організму Тому при виборі раціональних засобів для підвищення працездатності конкретного виробництва необхідно враховувати вплив відпочинку на обмеження впливу інтенсивного шуму на організм людини [39].

Великий рівень шуму та вібрації. Передбачені такі заходи з шумогасіння :

- 1) використання шумоглушників;
- 2) застосування індивідуальних засобів захисту у вигляді різних навушників, вкладишів, шлемів.

Швидкість зорового сприйняття підвищується в міру збільшення освітлення.

Вона швидко зростає при освітленні в 70 - 75 лк. Повільніше - при освітленні в 1000 - 1200 лк. і більше. Чітке сприйняття предмета очей зберігає певний час. Спокійно очі утримувати виразне зображення розглянутої деталі, тобто стійкість ясного бачення, виражається відношенням часу ясного бачення до загального часу розглянутої деталі. Стійкість ясного бачення залежить від характеру виконуваної роботи, умов виробничого середовища, зокрема, від тривалості освітлення (з поліпшенням освітлення різко підвищується тривалість ясного бачення). Недостатня освітленість робочої зони. Освітленість на робочих місцях повинна відповідати характеру зорової роботи. Збільшення освітленості робочих поверхонь підвищує продуктивність праці. Однак існує межа, при якій подальше збільшення освітленості не дає ефекту та є економічно недоцільно [40].

Для забезпечення додаткового освітлення в місцях проведення робіт з недостатнім освітленням встановлюється штучне освітлення – світильники типу TL3017.

5.3 Розрахунок штучного освітлення

Перевірити достатність загальної освітленості в приміщенні завдовжки 10 м, завширшки 6 м і заввишки 3,6 м, в якому встановлено 10 стельових дволампових світильників серії ЛПО-01 з лампами ЛД-40. Характеристика зорових робіт: найменший розмір об'єкта розрізнення – 1–5 мм, фон – темний, контраст – малий. Висота робочої поверхні 0,8 м. Стіни і стеля – побілені, робоча поверхня середньої світлості. Світильники розташовані рядами, перпендикулярними довшій стороні приміщення, по два у кожному ряді.

Лампа ЛД – 40 має номінальний світловий потік $\Phi_{л} = 2340$ лм; світильник ЛПО-01 належить до умовної групи 8. Норма освітленості для загального освітлення за точністю виконуваної зорової роботи становить 200 лк (V розряд, підрозряд "а").

Відстань між світильниками у ряді $\lambda = 1600$ мм, висота підвісу $h = 2700$ мм, $0,5h = 0,5 \cdot 2700 = 1350$ мм, тобто $h > 0,5h$. За цієї умови для розрахунку горизонтальної

освітленості можна застосувати метод коефіцієнта використання світлового потоку. Коефіцієнти відбивної здатності ρ стелі, стін і робочої поверхні приймаємо відповідно 0,7; 0,5 та 0,3.

Індекс приміщення

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \quad (5.1)$$

$$i = \frac{10 \cdot 6}{2,7 \cdot (10 + 6)} = 1,38.$$

Коефіцієнт використання для світильників групи 8, прийнятих коефіцієнтів відбивання ρ і для індексу приміщення 1,38 становить $\eta = 0,47$. Приймаємо коефіцієнт запасу $k = 1,5$, коефіцієнт нерівномірності $z = 1,1$.

Визначаємо фактичну мінімальну освітленість

$$E = \frac{N \cdot n \cdot \Phi_{\text{л}} \cdot \eta}{S \cdot k \cdot z}, \quad (5.2)$$

$$E = \frac{10 \cdot 2 \cdot 2340 \cdot 1,38}{10 \cdot 1,5 \cdot 1,1} = 222,18 \text{ (лк)}.$$

Розрахункова фактична освітленість у приміщенні задовольняє вимоги норм за “ДБН В.2.5-28-2006” (перевищення становить лише 11 %) [41].

В результаті виконаного розрахунку встановлено, що 10 стельових дволампових світильників серії ЛПО-01 з лампами ЛД-40 буде достатньо для загальної освітленості в приміщенні завдовжки 10 м, завширшки 6 м і заввишки 3,6 м.

Висновки до Розділу 5: Розглянуто питання освітленості і шуму на робочих ділянках. Виконано розрахунок штучного освітлення для задовільнення вимог ДБН В.2.5-28-2018.

ВИСНОВКИ

До основних недоліків шахтних сушарок можна віднести їх великі габарити, масивність, а крім того, значні капітальні та експлуатаційні витрати.

Як правило, такі сушарки є застарілими морально та технічно і потребують повної модернізації як окремих складових, так і теплової схеми в цілому.

Багатоваріантний аналіз показав, що в якості альтернативного газу палива в зерносушарках ДСП-50 найвигідніше використовувати пшеничну солому.

В розділі виконано розрахунок робочої камери сушарки ДСП-50.

Підібрано оптимальну швидкість повітря в сушарці, складено матеріальний та тепловий баланси процесу сушіння, розроблено заходи з охорони праці.

Розраховано теоретичну та дійсну сушарки, процеси сушіння зерна по зонах, визначено теплові втрати сушарки і її ККД, який склав 54,3%.

Встановлено, що сумарна потужність сушарки при сушінні зерна гарячим повітрям має становити 3334 кВт.

Годинна кількість видаленої вологи при цьому $W=2635$ кг/год.

Розраховано топку теплогенератора на пшеничній соломі. Визначено ККД топки, який склав 75,62%, витрату палива $B = 419,3$ кг/год і необхідну кількість повітря для роботи топки $L = 8735$ кг/год.

Для очищення відпрацьованого сушильного агента розраховано блок циклонів на базі циклона ЦН-15. Визначено ефективність його роботи $\eta_{\text{ц}} = 0,812$, діаметр циклона, розраховано потужність приводу вентилятора для стабільної роботи блока циклонів $N = 7242$ Вт. Час перебування часточок пилу в циклоні складає 2,81 с.

Розроблено технологію монтажу розбірного пластинчастого теплообмінного апарата для підігріву холодного теплоносія відхідними газами з топки шахтної зерносушарки ДСП-50.

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

Розроблено заходи з організації та забезпечення технології монтажу системи та технічної частини.

Розроблено математичну модель роботи очисного пристрою, яка реалізована у вигляді розрахункової програми в пакеті MathCad, це дозволило числовими методами дослідити вплив витрати палива в сушарці на основні характеристики циклона ЦН-15.

Розглянуто питання охорони праці, зокрема освітленості і шуму на робочих ділянках. Виконано розрахунок штучного освітлення для задоволення вимог ДБН В.2.5-28-2018.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Станкевич Г. М., Страхова Т. В., Атаназевич В. І. Сушіння зерна: підручник, Київ: Либідь, 1997. 352 с.
2. Подпряттов Г. І., Скалецька Л. Ф., Сеньков А. М., Хилевич В. С. Зберігання і переробка продукції рослинництва: навч. посібн. Київ: Мета, 2002. 495 с.
3. Станкевич Г. М. Модульних зерносушарок у нас ще немає, а шахтні і рециркуляційні досить енергоємні // *Зерно і хліб*, 2006. № 4. С. 47.
4. Котов Б. І., Калінченко Р.А. Застосування імпульсно-періодичних режимів вентилявання при реалізації енергоощадної двостадійної технології сушіння зерна // *Електрифікація та автоматизація сільського господарства*. 2003. № 2. С. 69 – 74.
5. Автоматизація виробничих процесів. Дифузійні процеси (обладнання для сушіння). Навчально-методичний посібник до практичних робіт для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» галузей знань 15 «Автоматизація та приладобудування» та 18 «Виробництво та технології» усіх форм навчання [Електронний ресурс] / [упоряд. 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.
6. Процеси і апарати харчових виробництв: Підручник / За ред.. проф. І. Ф. Малевича. Київ: НУХТ, 2003. 400с.
7. McLean K. A. Drying and storing combinable crops// Farming Press Ltd. London. 1980. P. 28.
8. Сорочинський В. Зневоднення зерна за різних схем утилізації сушильного агента й охолоджуючого повітря може бути доволі ефективно // *Зерно і хліб*, 2011, №3. С. 40 – 41.
9. Процеси і апарати харчових виробництв. Курсове проектування: Навч. посіб. / За ред. проф. І.Ф. Малевича. Київ: НУХТ, 2012. 543 с.
- 10.Осокіна Н. М., Гайдай Г. С. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва. Умань: 2005. 120 с.
- 11.Дацишин О. В., Гвоздев О. В., Ялпачик Ф. Ю. Рогач Ю. П. Механізація переробки і зберігання плодоовочевої продукції: Київ: Мета, 2003. 213 с.

12. Снежкін Ю. Ф., Пазюк В. М., Петрова Ж. А. Вплив режиму сушіння на якісні показники зерна насінневого призначення // Наукові праці ОДАХТ, Одеса. 2011. Вип. 40, Т.1. С. 39 – 43.
13. Машина та обладнання переробних виробництв. За редакцією проф. Дацишина О.В. Київ: Вища освіта. 2005. 319 с.
14. Сушіння в шахтних сушарках. URL : <https://sushilki.info/articles/archive3/sushka-v-shahtnih-sushilkah.html> . (Дата звернення 30.04.2023) .
15. Методичні вказівки та завдання до виконання курсового проекту з дисципліни «Теплотехнологічні процеси і установки» для студентів напряму підготовки 6.050601 «Теплоенергетика» / В.В. Куба, В.В. Серета. Рівне: НУВГП, 2011р. 43 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/673/>. (Дата звернення 02.05.2023) .
16. Снежкін Ю. Ф., Пазюк В. М. Енергозберігаючі технології сушіння зерна. Техніко-економічні характеристики існуючих зерносушарок // Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування: 1 міжнародний конгрес, 28 – 29 травня 2009 р.: тези доп. Львів: Нац. університет «Львівська політехніка», 2009. С. 92.
17. Бібліотека визначення фізичних властивостей речовин CoolProp. URL: <http://www.coolprop.org/>. (Дата звернення 02.05.2023) .
18. Мінаковський В. М. Теплотехнологічні процеси та установки, посібн. : Мін-во освіти і науки України, Київ: НТУУ «КПІ», 2009. 128 с.
19. Снежкін Ю. Ф., Пазюк В. М., Петрова Ж. О., Чалаєв Д. М. Теплонасосна зерно-сушарка для насінневого зерна. Київ: ТОВ «ПоліграфСервіс», 2012. 154 с.
20. НБУ прогнозує подорожчання палива у 2023 році. URL : https://news.infocar.ua/nbu_prohnozue_podorozhchannya_palyva_u_2023_rotsi_159017.html. (Дата звернення 02.06.2023.)
21. Ткаченко С. Й., Співак О. Ю. Сушильні процеси та установки : навч. посібник. Вінниця : ВНТУ, 2007. 76 с.
22. Методичні вказівки до виконання комплексного курсового проекту з дисциплін спеціалізації для студентів спеціальності 7.090220, 8.090220 «Обладнання

- хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів» / Укл.: А.П. Врагов, Л.Г. Кірний. Суми: Вид-во СумДУ, 2003, 37 с.
23. Sugar Technology. Beet and Cane Sugar Manufacture// [P.W van der Poel, H. Schiweck, T. Shwartz ets all.]. Berlin: Bartens KG, 1998. 1102 s.
24. Гребенюк С. М. Технологічне обладнання цукрових заводів. Київ: Цукор України, 1983. 520 с.
25. Методики по визначенню нормативних показників питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів в цукровій промисловості. Київ: Цукор України, 2006. 150 с.
26. Драганов Б. Х. Теплотехніка : підр. для студентів ВТНЗ. Київ, Інкос, 2005. 504 с.
27. Фізичні властивості води. Підручник для студентів онлайн. URL : https://stud.com.ua/177659/ekologiya/fizichni_vlastivosti_vodi . (Дата звернення 22.05.2023).
28. Чепурний М. М., Ткаченко С. Й. Розрахунки тепломасообмінних апаратів : навч. посібник. Вінниця: ВНТУ, 2006. 120 с.
29. Як розрахувати пластинчастий теплообмінник. URL : <https://termoprom.com.ua/uk/chasto-zadavaemye-voprosy/kak-rasschitat-plastinchatyj-teploobmennik.php> . (Дата звернення 23.05.2023).
30. Wiesław Pudlik. Wymiana i wymienniki ciepła. Gdansk : 2012, 336 s.
31. 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 02.06.2021).
32. Чепурний М. М., Степанов Д. С. Корженко Є. С. Теплові розрахунки парогенераторів : навч. посібник. Вінниця: ВНТУ, 2005. 155 с.
33. Кінаш Р. І., Жуковський С. С. Технологія заготівельних та спеціальних монтажних робіт. Львів : Видавництво науково-технічної літератури, 1999. 448 с.
34. Каталог вантажних автомобілів ГАЗ. URL: <http://avtomarket.ru/catalog/>. Дата звертання 28.11. 2022 р.
35. Каталог будівельних машин ЗіЛ. URL: <http://powertools.co.nz>. Дата звертання 28.11.2022 р.

36. Каталог зварювальних апаратів JASIC TIG. URL: <http://domsvarki.lg.ua>. Дата звертання 24.11.2022 р.
37. Вентилятори відцентрові. URL : http://www.venture.pl/wentylatory/wentylatory-promieniowe/hbb/450_71_400t/ / Дата звертання 23.11. 2022 р.
38. 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 використанні в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва : Київ, Мінбуд України, 2007. 89 с.
39. ДСТУ 2867-94. Шум. Методи оцінювання. Виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги : Київ, Мінрегіонбуд України, 1994. 46 с.
40. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення Київ, Мінбуд України, 2006. 96 с.

ДОДАТКИ

(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Підвищення енергоефективності шахтної сушарки ДСП-50 для сушіння зернових

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра теплоенергетики, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
(кафедра, факультет)

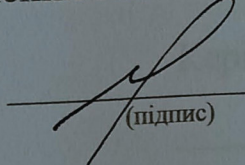
Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність 87,7 Схожість 12,3

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. 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.

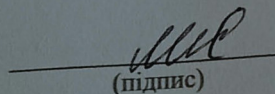
Особа, відповідальна за перевірку


(підпис)

Співак О.Ю.
(прізвище, ініціали)

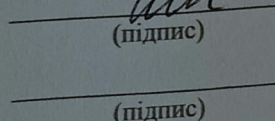
Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

Автор роботи


(підпис)

Слободян М.В.
(прізвище, ініціали)

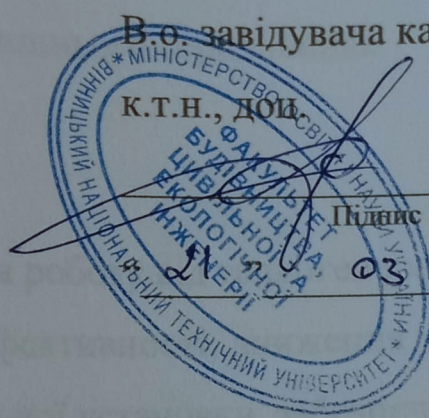
Керівник роботи


(підпис)

Співак О.Ю.
(прізвище, ініціали)

Додаток Б
(обов'язковий)

ЗАТВЕРДЖУЮ



В.о. завідувача кафедри ТЕ

К.Т.Н., доц.

Д.В. Степанов

Підпис

2023 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на бакалаврську дипломну роботу:

**ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ШАХТНОЇ СУШАРКИ ДСП-50
ДЛЯ СУШІННЯ ЗЕРНОВИХ**
08-15.БДР.008.00.00.000 ТЗ

Керівник роботи: к.т.н., доц.

Співак О.Ю.

Виконавець: студент гр. ТЕ – 21мс

Слободян М.В.

Вінниця 2023

1 Тематика розробки та галузь її застосування

Розробка стосується промислової теплоенергетики і присвячена питанню енергозбереження і переробки шахтної сушарки на альтернативний вид палива та підвищення екологічної чистоти навколишнього середовища.

2 Мета і призначення розробки

Переведення шахтної сушарки з на роботу від теплогенератора на пшеничній соломі з метою підвищення її енергоефективності, зниження енергоспоживання, підвищення екологічної чистоти сушильної установки, забезпечення високоякісної сушеної продукції стабільно високої якості з мінімізацією вимог щодо кваліфікації обслуговуючого персоналу, розрахунок необхідного допоміжного обладнання.

3 Основа для виконання робіт

Основою для виконання робіт є наказ ректора ВНТУ № 65 від 09.03.2021 р., документація на шахтну сушарку ДСП-50, розробки і патентна документація фірми «ТЕХНОПРОМ » та матеріали роботи інституту технічної теплофізики НАН України, потреба знаходження нових альтернативних відновлювальних джерел теплоти, зниження енергетичних витрат. Це дає можливість отримати в результаті використання ефективної сушильної техніки високоякісні сушені продукти найвищого ґатунку, котрі користуються великим попитом на внутрішньому і міжнародному ринках. Для підвищення енергоефективності сушарки і зменшення втрат корисної теплової енергії в атмосферу використовується додаткове теплоенергетичне та теплообмінне обладнання.

4 Технічні вимоги

4.1 Використання спалювання соломи для одержання теплоти у теплогенераторі. Визначення температури повітря на всіх етапах підігріву та сушіння, витрати повітря для основного технологічного процесу та для рециркуляції. Схематичне зображення сушарки на плакатах, креслення додаткового обладнання. Дотримання

стандартів щодо виготовлення готової продукції та її якості.

4.2 Основні технічні показники:

- температура свіжого повітря $t_0 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$;
- вологість свіжого повітря $\varphi_0 = 75\%$;
- температура сушіння в першій зоні $t'_1 = 110 \text{ }^\circ\text{C}$;
- температура сушіння в другій зоні $t'_2 = 140 \text{ }^\circ\text{C}$;
- вологість вихідного сушильного агента з першої зони $\varphi_1 = 75\%$;
- вологість вихідного сушильного агента з другої зони $\varphi_2 = 50\%$;
- видатність сушарки $G = 50 \text{ т/год}$;
- початкова вологість зерна в першій зоні $\omega'_1 = 22\%$;
- кінцева вологість зерна в першій зоні $\omega''_1 = 18\%$;
- температура зерна після першої зони $\vartheta''_1 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$;
- кінцева вологість зерна в другій зоні $\omega''_2 = 15\%$;
- температура зерна після другої зони $\vartheta''_2 = 50 \text{ }^\circ\text{C}$;
- кінцева вологість зерна після охолодження $\omega_3 = 14\%$;

5 Стадії і етапи роботи

5.1 Аналіз літературних та патентних джерел

5.2 Багатоваріантний аналіз

5.3 Розрахунок шахтної сушарки ДСП-50

5.4 Розрахунок джерела теплоти для підігріву сушильного агента

5.5 Розрахунок очищувача сушильного агента

5.6 Розробка технології монтажу додаткового обладнання

5.6 Розробка математичної моделі сушарки

5.7 Охорона праці та безпека життєдіяльності

6 Перелік графічного матеріалу:

- шахтна зерносушарка ДСП-50;
- повітропідігрівник ВНС-1,5;
- схема технологічна зерносушарки ДСП-50;
- циклон ЦН-15;
- план монтажу теплообмінника;
- схема монтажна аксонометрична.

7 Порядок контролю та прийняття бакалаврської роботи

Виконання етапів графічної та розрахункової документації бакалаврської роботи контролюється керівником згідно з графіком виконання БДР.

Прийняття роботи здійснюється комісією затвердженою зав. кафедри згідно з графіком захисту.

Корегування технічного завдання допускається з дозволу керівника роботи.

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

Додаток В
(обов'язковий)

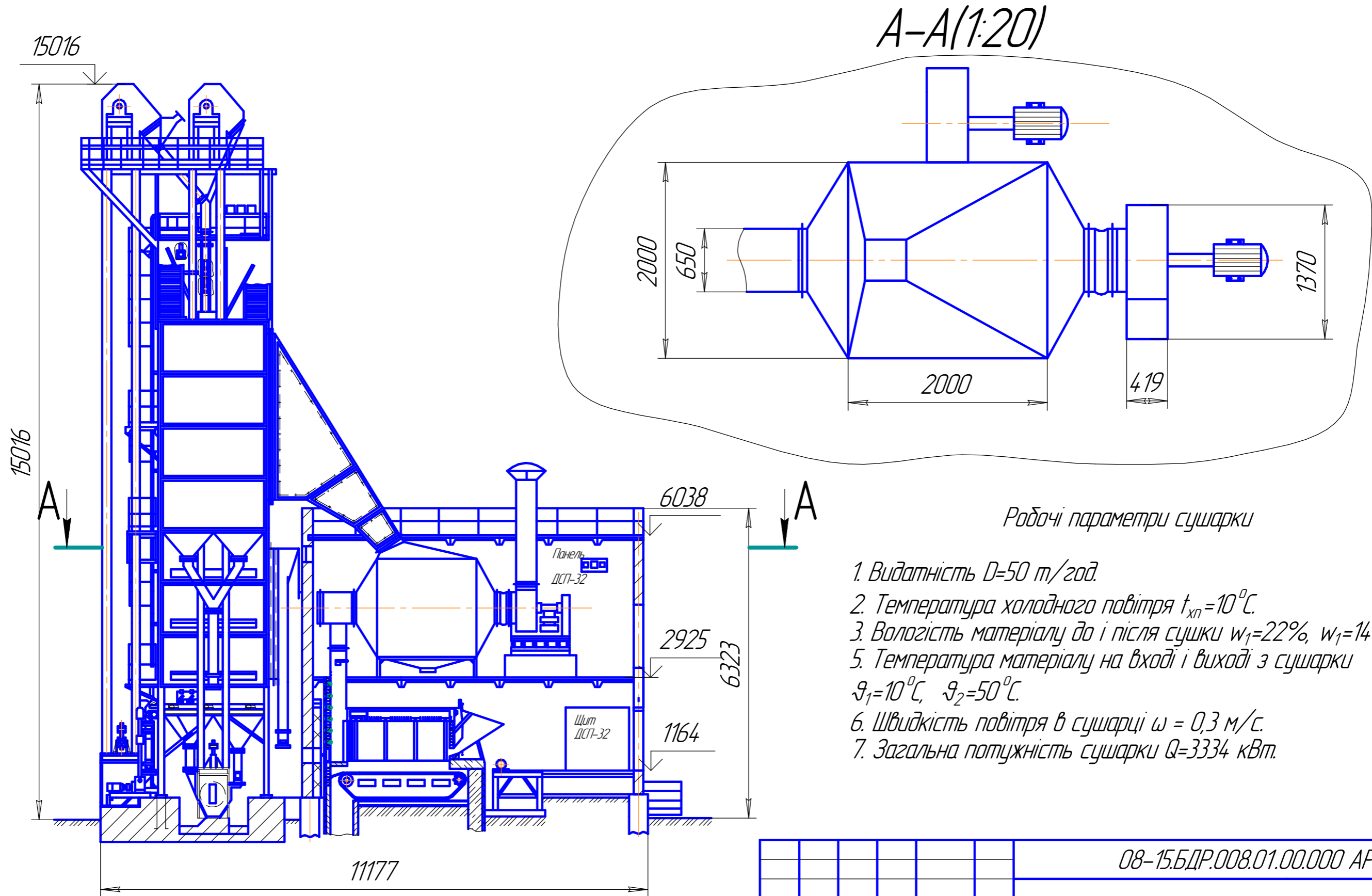
ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

**ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ШАХТНОЇ СУШАРКИ ДСП-50
ДЛЯ СУШІННЯ ЗЕРНОВИХ**

Перв. примен.	Позначення	Назва	Кіл.	Примітка	
	позиції				
	1	Короба 1 зони	3		
	2	Короба 2 зони	3		
	3	Короб охолодної зони	1		
	4	Теплообмінник в зборі	1		
	5	Топка в зборі	1		
	6	Витяжна труба	1		
Справ. №	7	Норія	1		
	8	Щит керування	1		
	9	Завантажувальні люки	1		
	10	Вузол вивантаження	1		
	11	Верхні бункери	2		
	12	Оглядові люки	2		
	13	Нагнітальні вентилятори	5		
		14	Повітряпровід	1	
		15	Зовнішня рама	1	

Подп. и дата	Инва. № дѣл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

08-15.БДР.008.01.00.000				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Розрад.		Слободян М.В.		
Перев.		Співак О.Ю.		
Реценз.		Попович М.М.		
Н.контр.		Співак О.Ю.		
Затверд.		Степанов Д.В.		
Зерносушарка ДСП-50			Літ.	
			Аркуш	Аркушів
				1
ТЕ-21мс				



Робочі параметри сушарки

1. Видатність $D=50$ т/год.
2. Температура холодного повітря $t_{хп}=10^{\circ}\text{C}$.
3. Вологість матеріалу до і після сушки $w_1=22\%$, $w_2=14\%$.
5. Температура матеріалу на вході і виході з сушарки $\vartheta_1=10^{\circ}\text{C}$, $\vartheta_2=50^{\circ}\text{C}$.
6. Швидкість повітря в сушарці $\omega = 0,3$ м/с.
7. Загальна потужність сушарки $Q=3334$ кВт.

Согласовано
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

						08-15.БДР.008.01.00.000 АР				
						м. Вінниця				
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Шахтна зерносушарка ДСП-50	Стадия	Лист	Листов	
Разр.	Слободян М.В.									1
Проб.	Слівак О.Ю.									
Т.Контр.	Слівак О.Ю.									
Рецензент	Попович М.М.									
Н.Контр.	Слівак О.Ю.					Габаритне креслення ДСП-50	ВНТУ ст. гр. ТЕ-21мс			
Утв.	Степанов Д.В.									

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Прим.
				<i>Документація</i>		
A3			<i>08-15.БДР.008.02.00.000СК</i>	<i>Складальне креслення</i>		
				<i>Складальні одиниці</i>		
		1	<i>08-15.БДР.008.02.01.000</i>	<i>Корпус</i>	1	
		2	<i>08-15.БДР.008.02.02.000</i>	<i>Камера горіння</i>	1	
		3	<i>08-15.БДР.008.02.03.000</i>	<i>Камера горіння</i>	1	
		4	<i>08-15.БДР.008.02.04.000</i>	<i>Стінка</i>	1	
		5	<i>08-15.БДР.008.02.05.000</i>	<i>Перезгородка</i>	5	
		6	<i>08-15.БДР.008.02.06.000</i>	<i>Теплоізоляція</i>	1	
		7	<i>08-15.БДР.008.02.07.000</i>	<i>Колосникова решітка</i>	6	
		8	<i>08-15.БДР.008.02.08.000</i>	<i>Зольник</i>	5	
		9	<i>08-15.БДР.008.02.09.000</i>	<i>Зольникові дверцята</i>	6	
		10	<i>08-15.БДР.008.02.10.000</i>	<i>Завантажувальні дверцята</i>	2	
		11	<i>08-15.БДР.008.02.11.000</i>	<i>Шторка</i>	2	
		12	<i>08-15.БДР.008.02.12.000</i>	<i>Топкові дверцята</i>	2	
		13	<i>08-15.БДР.008.02.13.000</i>	<i>Ніша</i>	1	
		14	<i>08-15.БДР.008.02.14.000</i>	<i>Клапан</i>	2	
		15	<i>08-15.БДР.008.02.15.000</i>	<i>Гвинт</i>	2	
		16	<i>08-15.БДР.008.02.16.000</i>	<i>Зольник</i>	1	
		17	<i>08-15.БДР.008.02.17.000</i>	<i>Дах</i>	1	
		18	<i>08-15.БДР.008.02.18.000</i>	<i>Клапан</i>	2	
		19	<i>08-15.БДР.008.02.19.000</i>	<i>Клапан</i>	2	
		20	<i>08-15.БДР.008.02.20.000</i>	<i>Ручка</i>	2	

08-15.БДР.008.02.00.000

Ізм. Лист № док. Подп. Дата

Разрад.	Слободян М.В.		
Пров.	Співак О.Ю.		
Реценз.	Попович М.М.		
Н.контр.	Співак О.Ю.		
Утв.	Степанов Д.В.		

*Повітропідігрівник
ВНС-15*

Лист. Лист Листов

2

TE-21MC

<i>Форм.</i>	<i>Зона</i>	<i>Поз.</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Примеч.</i>
		21	08-15.БДР.008.02.21.000	Завантажувальна камера	2	
		22	08-15.БДР.008.02.22.000	Люк	2	
		23	08-15.БДР.008.02.23.000	Глазок	2	
			<i>08-15.БДР.008.02.00.000</i>			<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		2

08-15.БДР.008.02.00.000СК

Перв. примен.

Справ. №

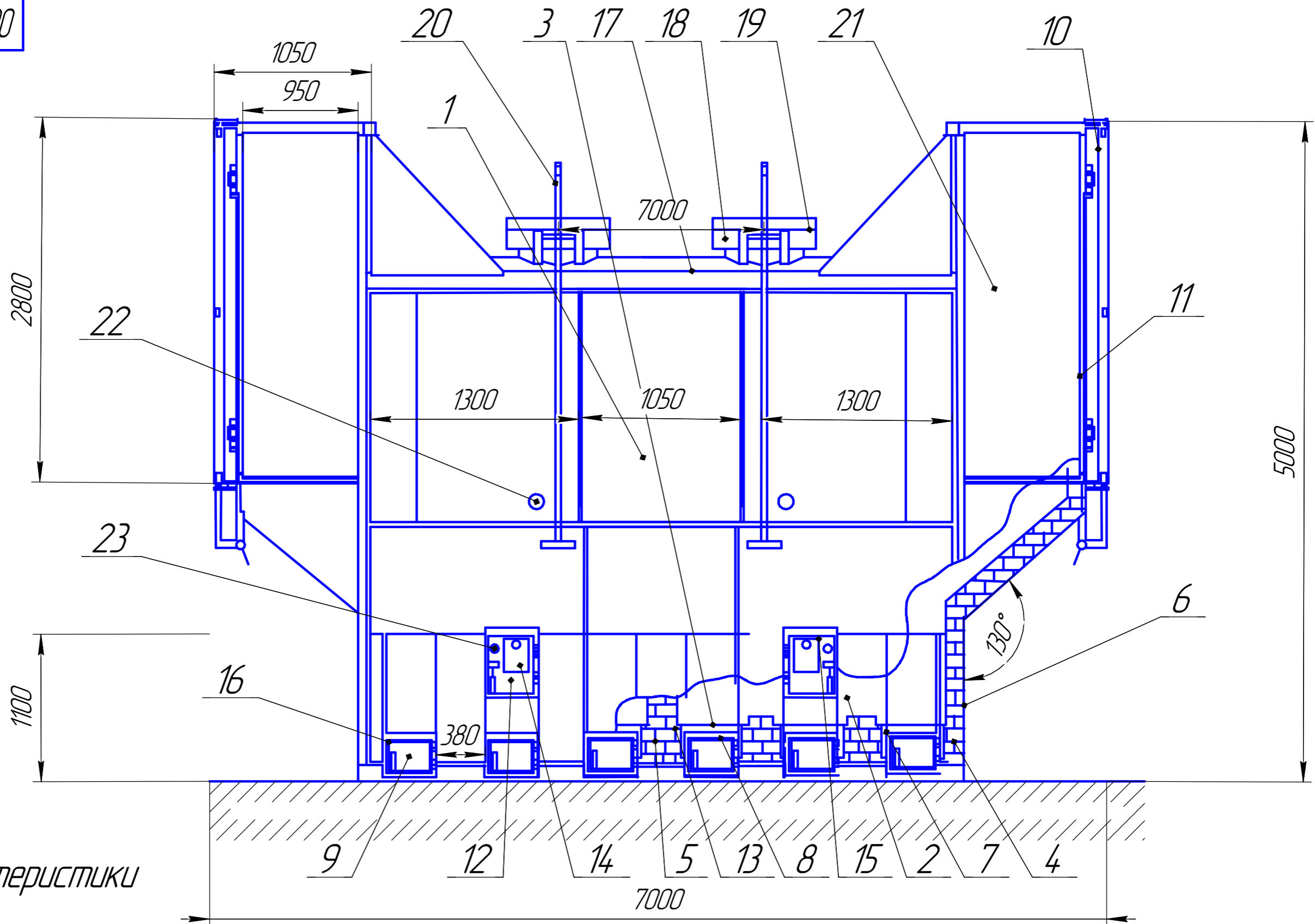
Подп. и дата

Инд. № дѣл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



Технічні характеристики

Витрата палива 0,45 кг/кВт;
 Температура топкових газів 300-600 °C;
 Межа регулювання температури теплоносія 50-110 °C;
 Температура відхідних газів 60-125 °C;
 Коефіцієнт корисної дії 75%;
 Кількість обслуговуючого персоналу 2 чол.;
 Номінальна теплова потужність на соломі вологістю 18%.

				08-15.БДР.008.02.00.000СК				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Повітропідігрівник ВНС-15 Складальне коєслення	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Слободян М.В.						1:1
Проб.		Співак О.Ю.				Лист	Листов	1
Т.контр.		Співак О.Ю.				TE-21MC		
Реценз.		Попович М.М.						
Н.контр.		Співак О.Ю.						
Утв.		Степанов Д.В.						

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Прим.
				<u>Документація</u>		
АЗ			08-15.БДР.008.03.00.000.Т8	Схема технологічна	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	08-15.БДР.008.03.01.000	Транспортер шкредковий	1	
		2	08-15.БДР.008.03.02.000	Бункер надсушильний	1	
		3	08-15.БДР.008.03.03.000	Шахта	2	
		4	08-15.БДР.008.03.04.000	Камера напоророзподільча	1	
		5	08-15.БДР.008.03.05.000	Конфузор	2	
		6	08-15.БДР.008.03.06.000	Мультициклон	2	
		7	08-15.БДР.008.03.07.000	Пилувідділювач інерційний	2	
		8	08-15.БДР.008.03.08.000	Заслонка шиберна повітряна	2	
		9	08-15.БДР.008.03.09.000	Заслонка шиберна зернова	2	
		10	08-15.БДР.008.03.10.000	Мішок для домішок	1	
		11	08-15.БДР.008.03.11.000	Мішок для пилу	2	
		12	08-15.БДР.008.03.12.000	Пристрій випускний	1	
		13	08-15.БДР.008.03.13.000	Підсушильний бункер	1	
		14	08-15.БДР.008.03.14.000	Шнек вивантажувальний	1	
		15	08-15.БДР.008.03.15.000	Вентилятор	2	
		16	08-15.БДР.008.03.16.000	Норія	1	

08-15.БДР.008.03.00.000Т8

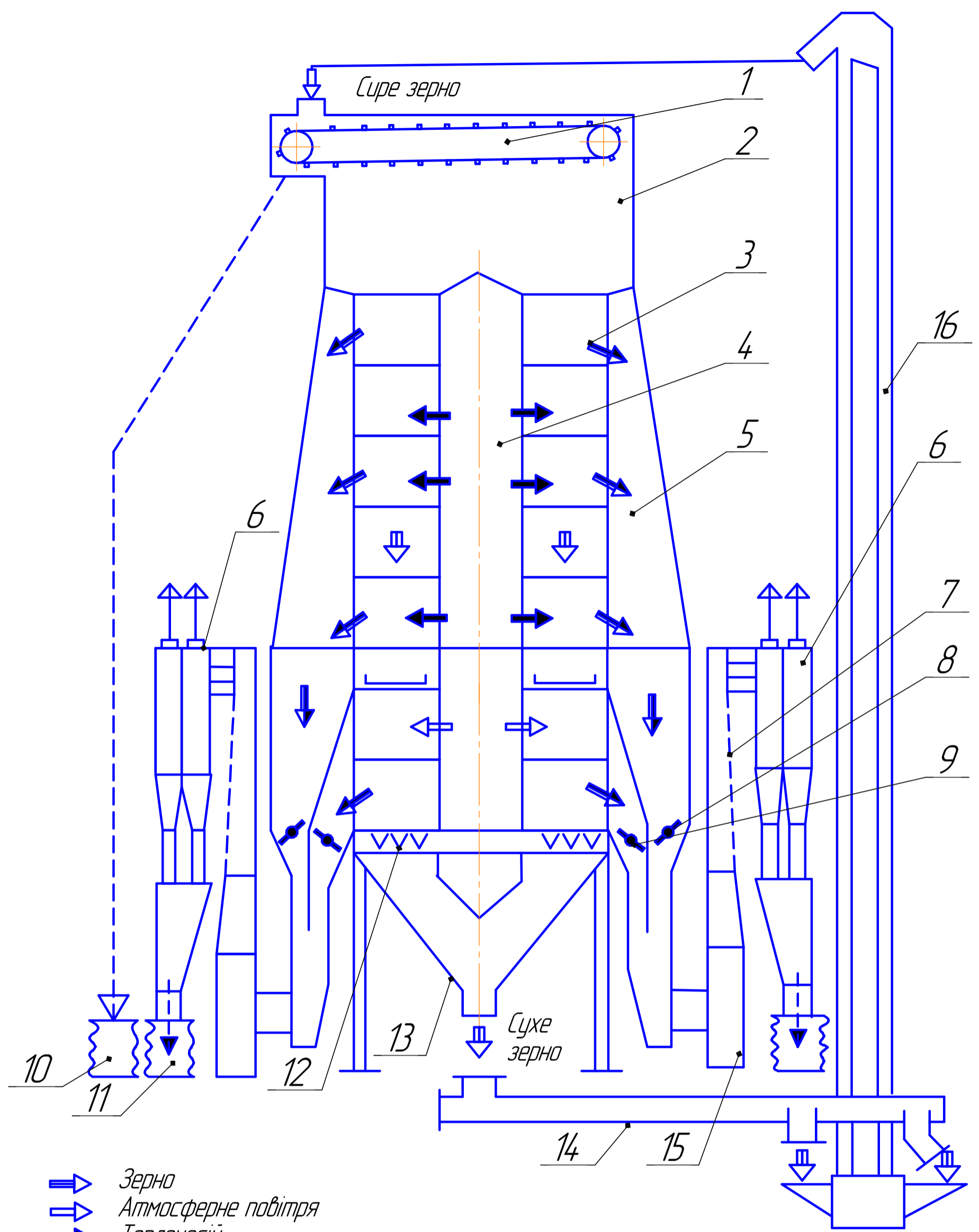
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата
Разраб.		Слободян М.В.		
Пров.		Співак О.Ю.		
Реценз.		Попович М.М.		
Н.контр.		Співак О.Ю.		
Чтв.		Степанов Д.В.		

Схема технологічна
зерносушарки ДСП-50

Лит.	Лист	Листов
		1

ТЕ-21мс

08-15.БДР.008.03.00.000Т8



- Зерно
- Атмосферне повітря
- Теплоносії
- Важкі домішки
- Легкі домішки
- Відпрацьовані теплоносії

Спроб. №
Перв. примен.

Инд. № подл.
Взам. инв. №
Инд. № дубл.
Подп. и дата
Подп. и дата

					08-15.БДР.008.03.00.000Т8			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Схема технологічна зерносушарки ДСП-50	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Слободян М.В.						18000	
Проб.	Співак О.Ю.					Лист		Листов 1
Т.контр.	Співак О.Ю.					TE-21MC		
Реценз.	Попович М.М.							
Н.контр.	Співак О.Ю.							
Утв.	Степанов Д.В.							

08-15.БДР.008.04.000СК

Перв. примен.

Справ. №

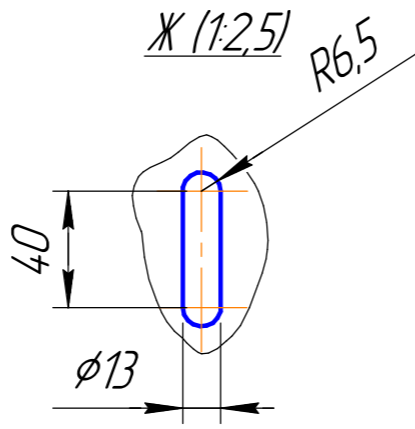
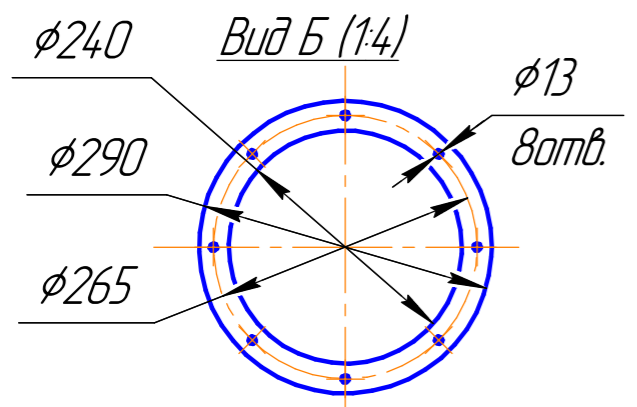
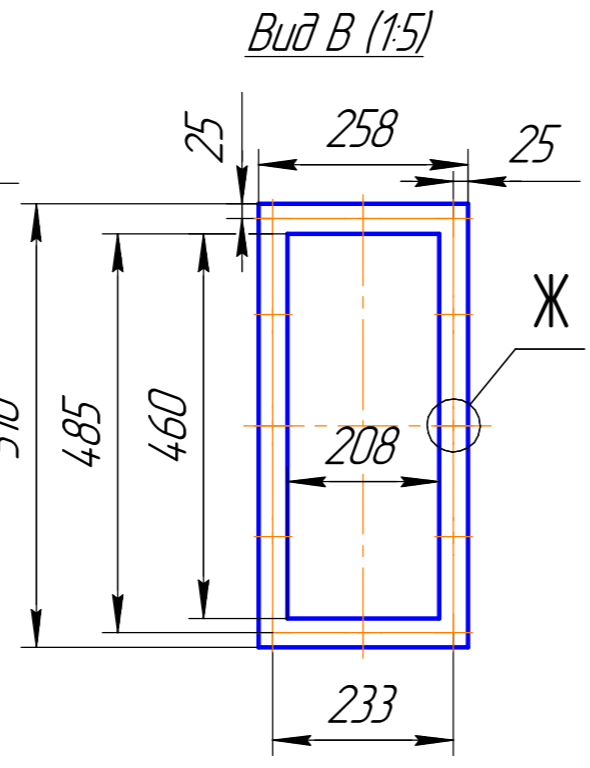
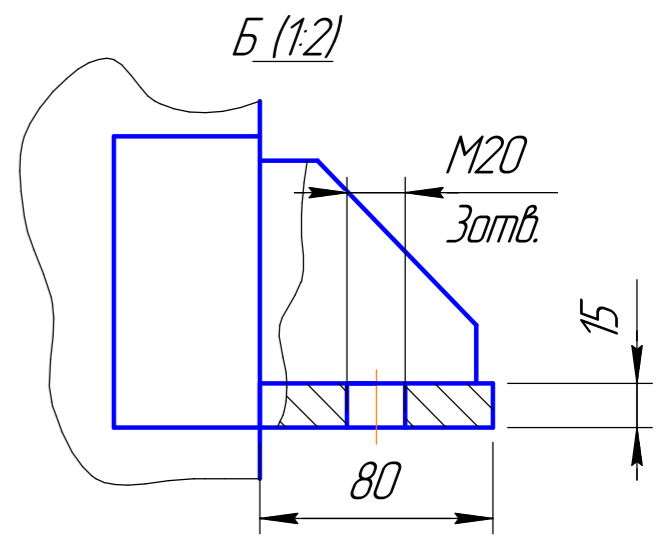
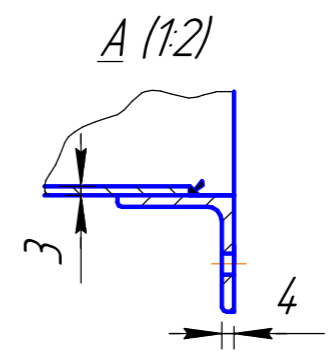
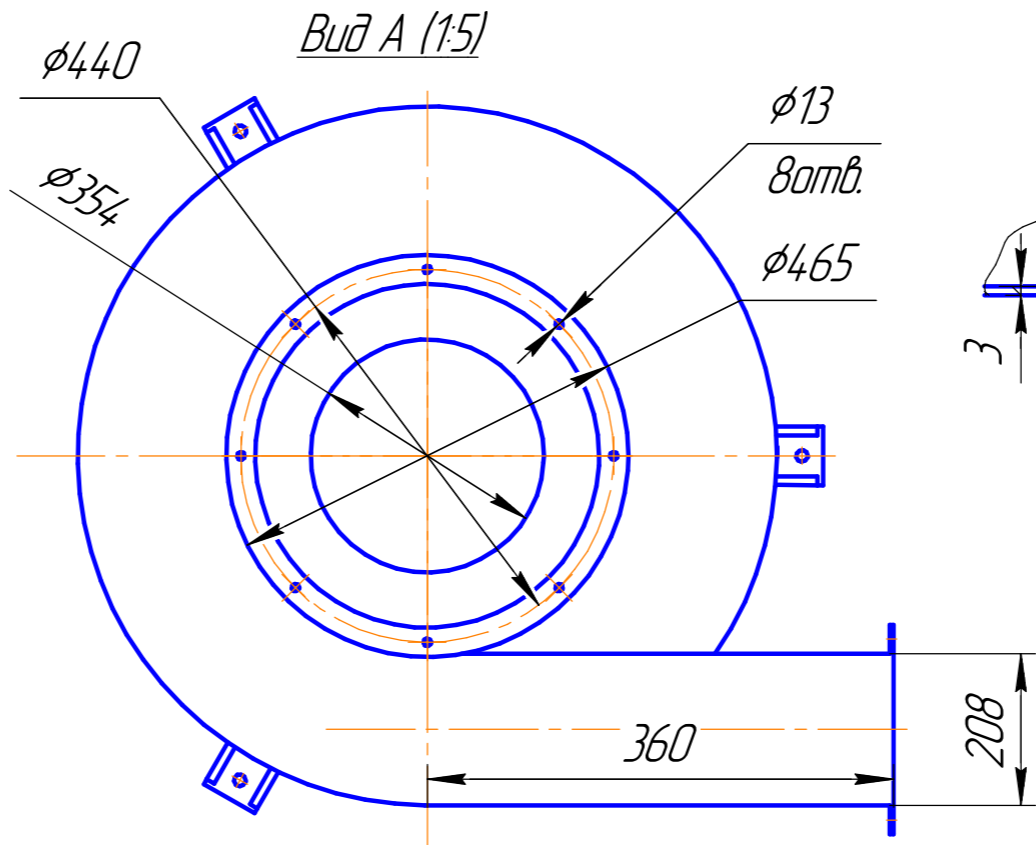
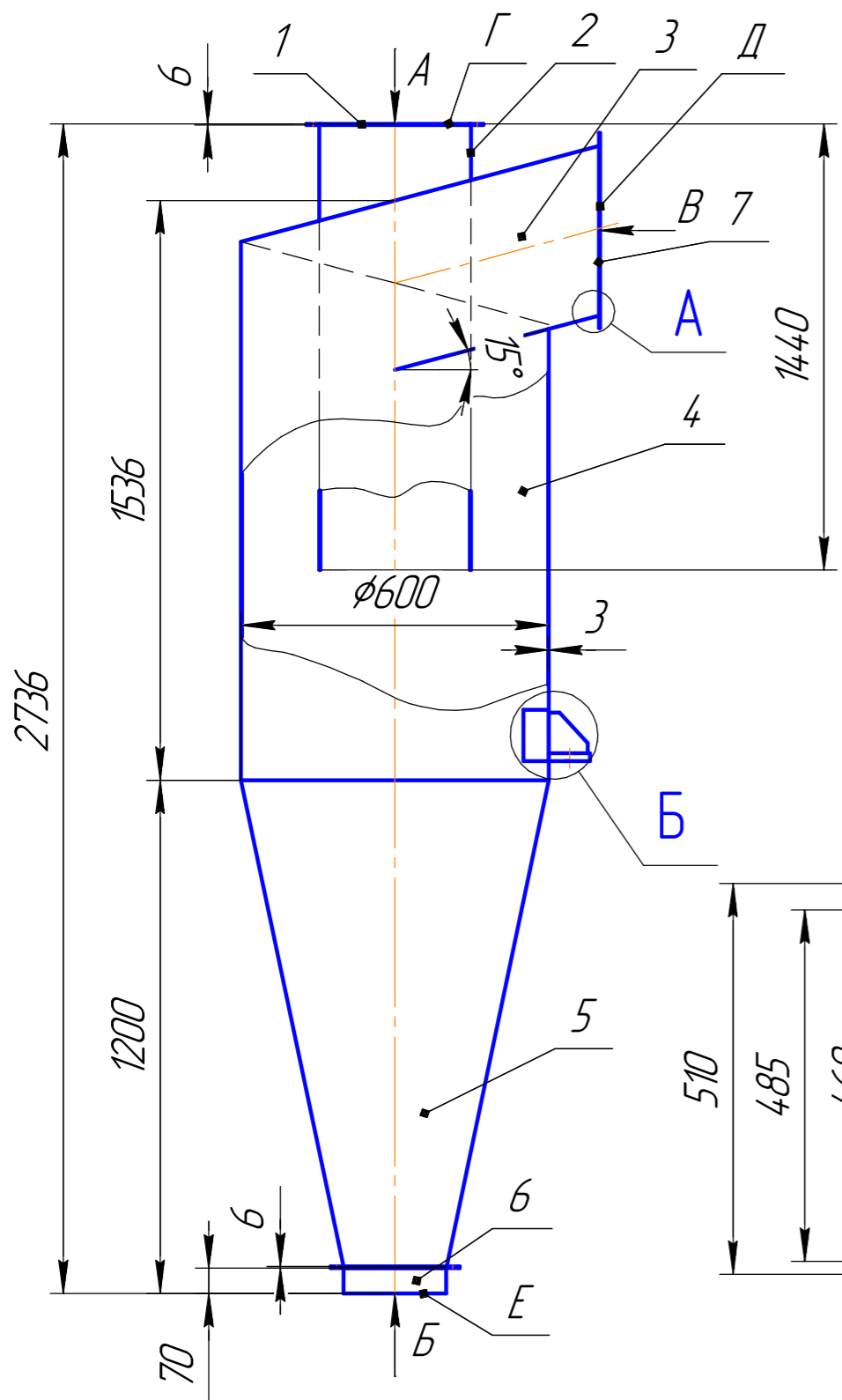
Подп. и дата

Изм. № дораб.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.



Таблиця штуцерів

Позн.	Назва	Кіл	D _y , мм	P _y , кПа
Д	Вхід запиленого повітря	1	309	5
Г	Вихід очищеного повітря	1	354	5
Е	Вивантаження пилу	1	240	5

Технічні характеристики

Видатність по запиленому сушильному агенту 3810 м³/год.
Маса 162 кг.

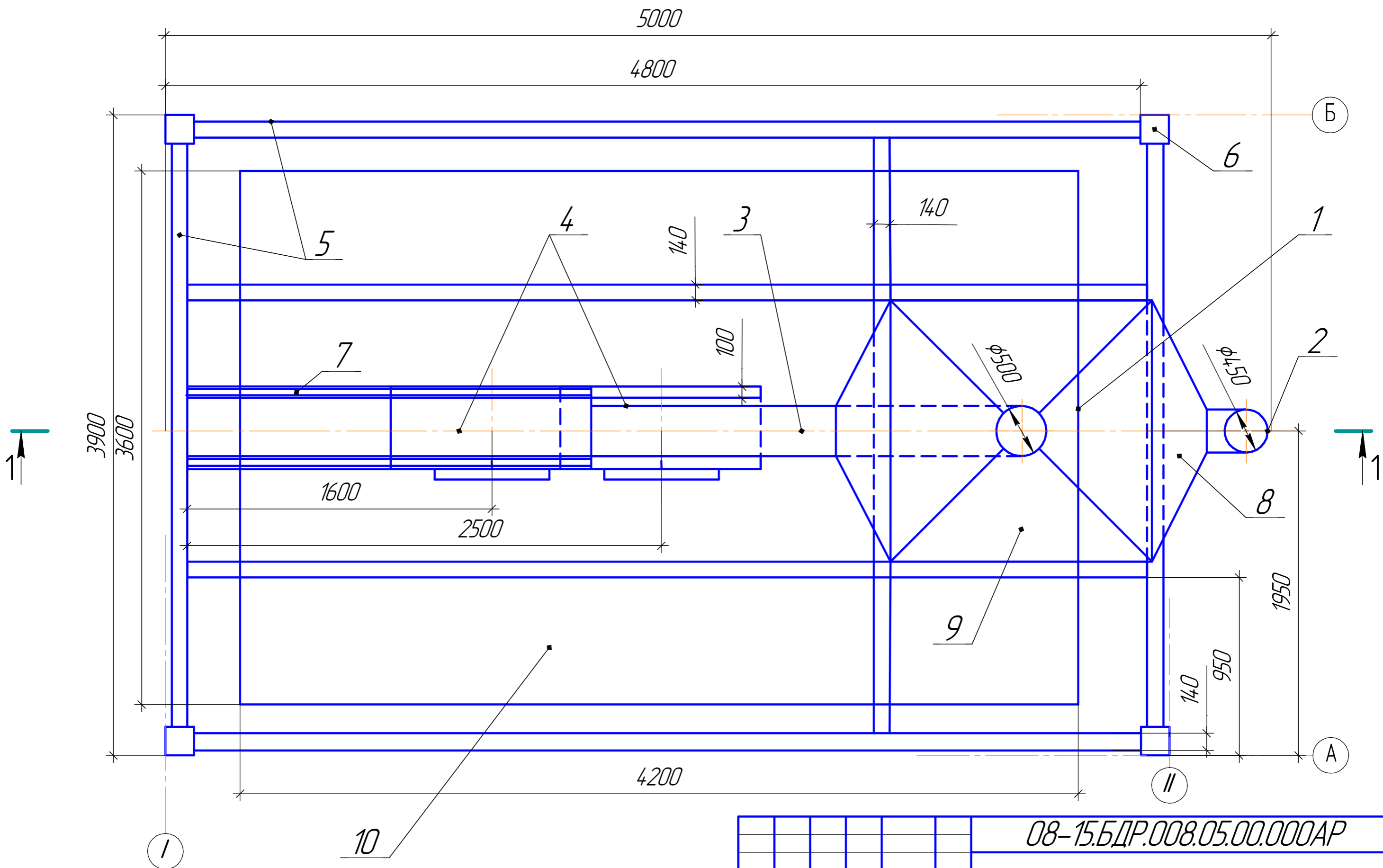
Технічні вимоги

Зварні шви виконати ручним електродуговим зварюванням за ГОСТ 5264-83.
Зварні шви розташувати зовні і зачистити до Rz=350.
Перевірка на герметичність тиском P_d = 0,6 МПа.
Неспівпадання осей фланців Г і Е не повинно перевищувати 5 мм.

08-15.БДР.008.04.000СК			
Циклон ЦН-15		Лист	Маса
Складальне креслення		162	1:10
		Лист	Листов 1
ВНТУ, гр. ТЕ-21мс			
Копіював		Формат А3	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Слободян М.В.		
Проб.		Співак О.Ю.		
Т.контр.		Співак О.Ю.		
Рецензент		Попович М.М.		
Н.контр.		Співак О.Ю.		
Утв.		Степанов Д.В.		

Поз. обозна- чення	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Инв. № д/д/л	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Лист	Листов															
																			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Теплообмінник	1																															
2	Повітропровід круглий Ø450x1	24,8	м. кв.																														
3	Повітропровід круглий Ø500x1	21,2	м.кв.																														
4	Вентилятори нагнітальні	2																															
5	Швелер 100У	60	метри																														
6	Швелер 150У	37,1	метри																														
7	Кутник 75x75	30	метри																														
8	Перехід 1000x1000/Ø450	2																															
9	Перехід 1000x1000/Ø500	2																															
10	Топка сушарки	1																															
08-15.БДР.008.05.00.000																																	
План монтажу																																	
теплообмінника																																	
ВНТУ ТЕ-21мс																																	
Копіював																Формат А4																	



Согласовано

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Креслив	Слободян М.В.				
Перевірів	Слівак О.Ю.				
Т. Контр.	Слівак О.Ю.				
Рецензент	Попович М.М.				
Н. Контр.	Слівак О.Ю.				
Затвердив	Степанов Д.В.				

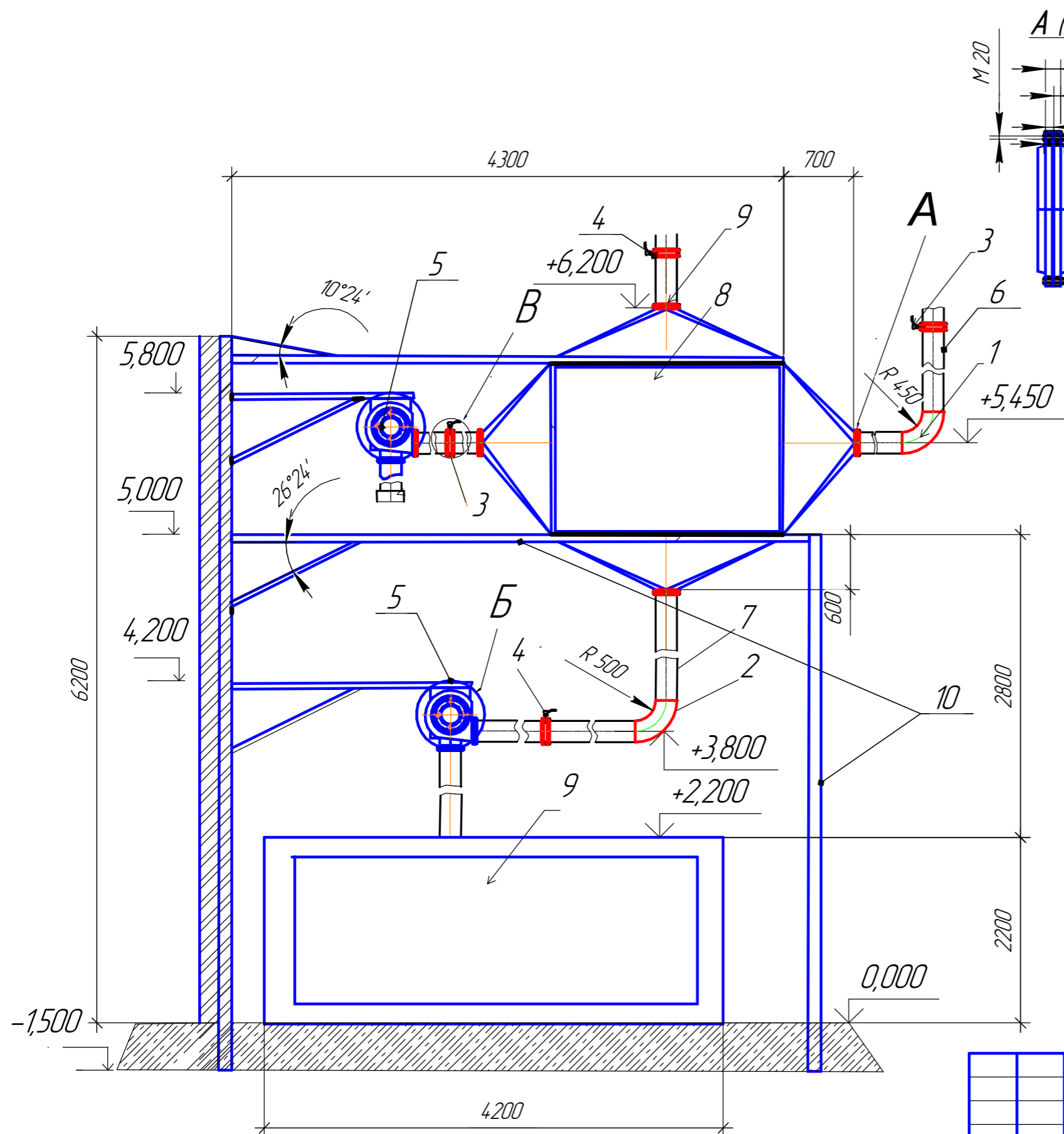
08-15.БДР.008.05.00.000АР

м. Вінниця

Підвищення енергоефективності шахтної зерносушарки ДСП-50

Стадія	Лист	Листов
		1

План монтажу теплообмінника ВНТУ ТЕ-21МС



Експлікація обладнання

№ п/п	Найменування	Одиниці вимірювання	Кількість	Вага 1 м, (1 шт) [кг]	Заг. вага, [кг]
1	Відвід 90° Ду 450 ГОСТ 17375-2001	шт	1	25	5
2	Відвід 90° Ду 500 ГОСТ 17375-2001	шт	1	81	16,2
3	Задвижка Ду 450 ГОСТ 9698-77	шт	2	49,60	99,2
4	Задвижка Ду 500 ГОСТ 9698-77	шт	2	97	194
5	Вентилятор відцентровий ВЦ 4-76-10ж-02 з електро- двигуном типу АИР80 В4	шт	2	890	1780
6	Підвітропровід Ø450x1 ГОСТ 10705-80	м	12,4	4,9	41,2
7	Підвітропровід Ø500x1 ГОСТ 10705-80	м	10,6	7,4	56,2
8	Теплообмінник пластинчастий	шт	1	925	925
9	Топка газова	шт	1	-	-
10	Монтажна рама	шт	1	3181	3181

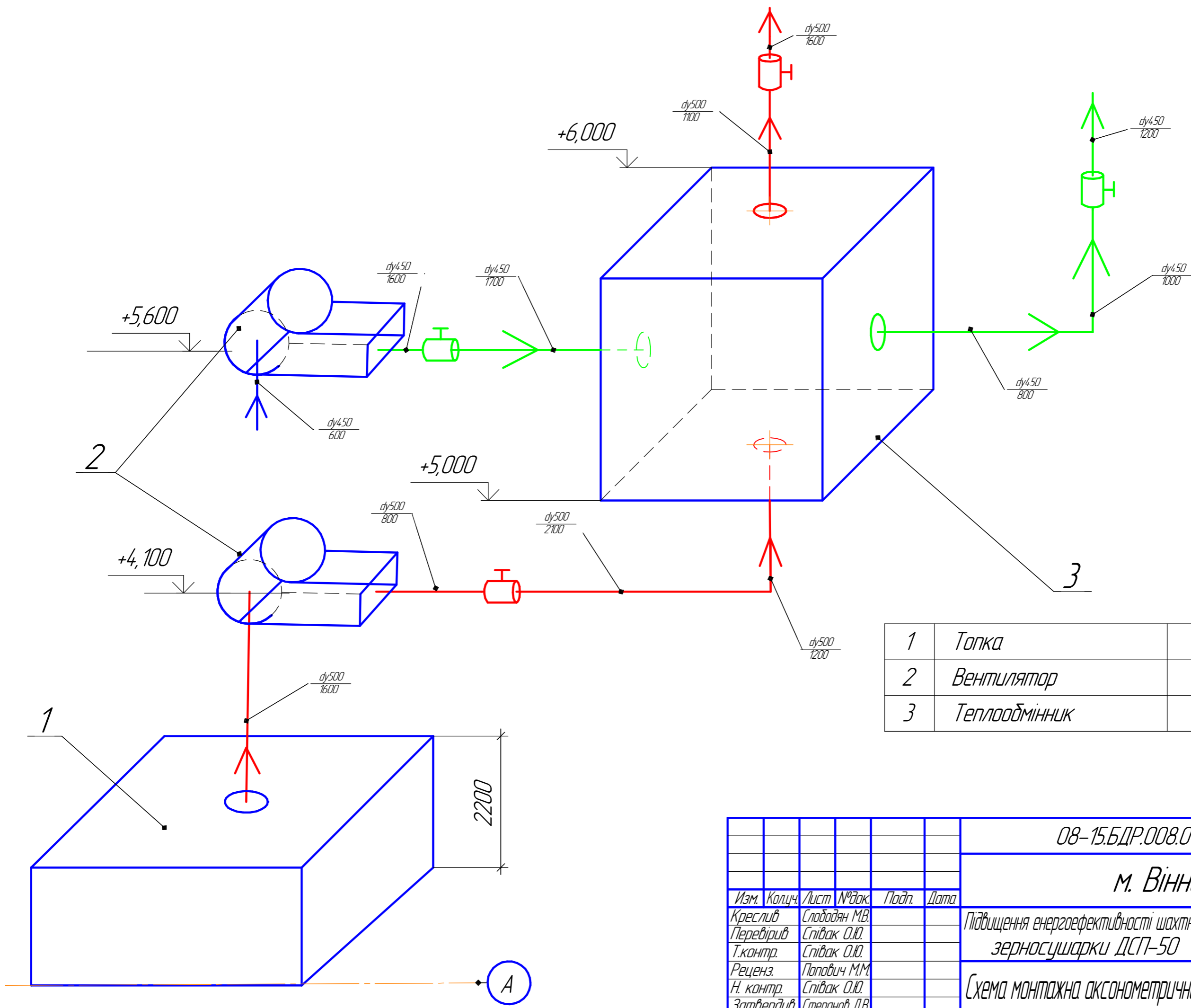
Соголасовано

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

08-15.БДР.008.06.00.000 АР					
м. Вінниця					
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Креслив	Слободян М.В.				
Перевірів	Слівак О.Ю.				
Н. Контр.	Слівак О.Ю.				
Реценз.	Попович М.М.				
Т. Контр.	Слівак О.Ю.				
Затвердив	Степанов Д.В.				
Підвищення енергоефективності шахтної зерносушарки ДСП-50				Стадія	Лист
План монтажу теплообмінника Розріз 1-1					1
				ВНТУ ТЕ-21МС	

Согласовано

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №



1	Топка	1
2	Вентилятор	2
3	Теплообмінник	1

08-15.БДР.008.07.00.000 AP					
м. Вінниця					
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Креслив	Слободян М.В.				
Перевірив	Слівак О.Ю.				
Т.контр.	Слівак О.Ю.				
Реценз.	Попович М.М.				
Н. контр.	Слівак О.Ю.				
Затвердив	Степанов Д.В.				
Підвищення енергоефективності шахтної зерносушарки ДСП-50				Стадія	Лист
Схема монтажна аксонометрична					1
ВНТУ ТЕ-21МС					

Додаток Г
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ШАХТНОЇ СУШАРКИ ДСП-50
ДЛЯ СУШІННЯ ЗЕРНОВИХ

Студент _____ Слободян М.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Співак О.Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали)

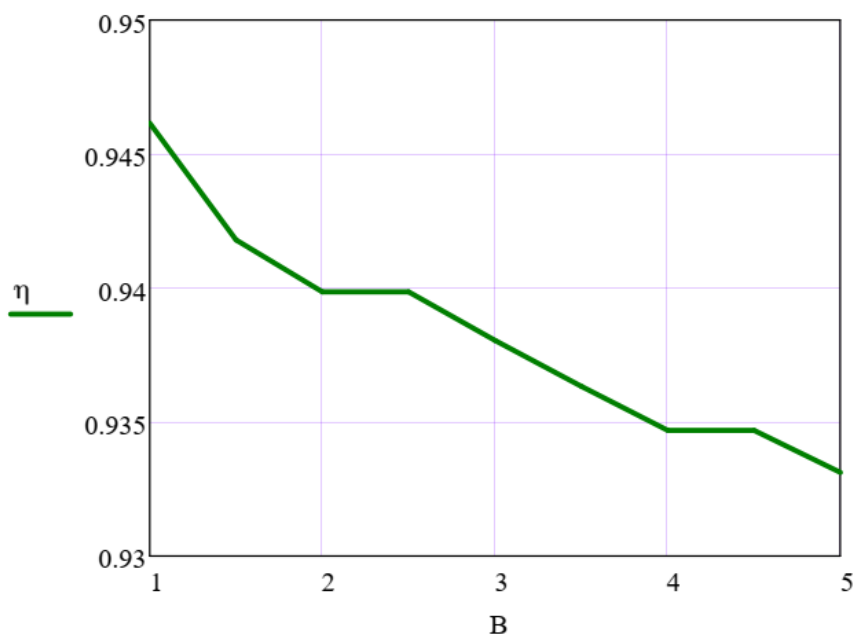


Рисунок Г.1 – Залежність ефективності очищення теплоносія від витрати палива в топці сушарки

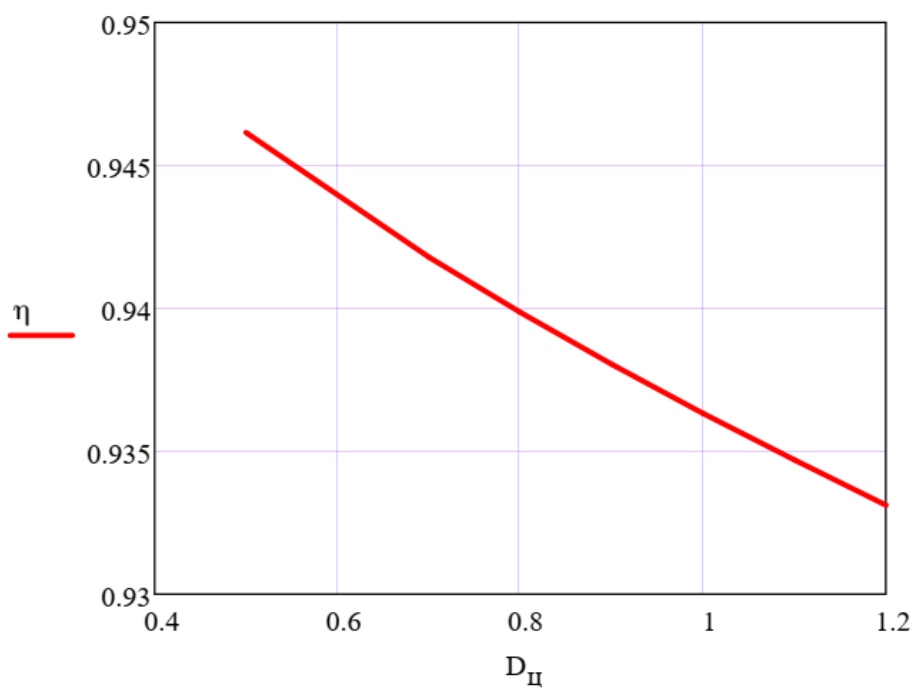


Рисунок Г.2 – Залежність ефективності очищення теплоносія від діаметра циклона

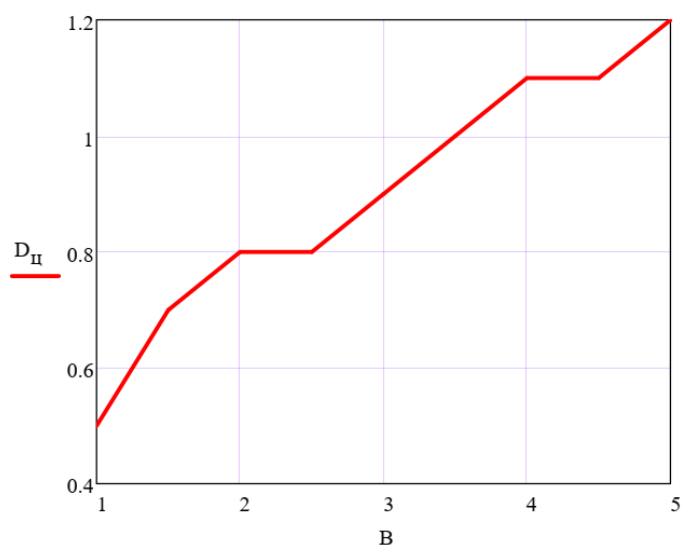


Рисунок Г.3 – Залежність діаметра циклона від витрати палива

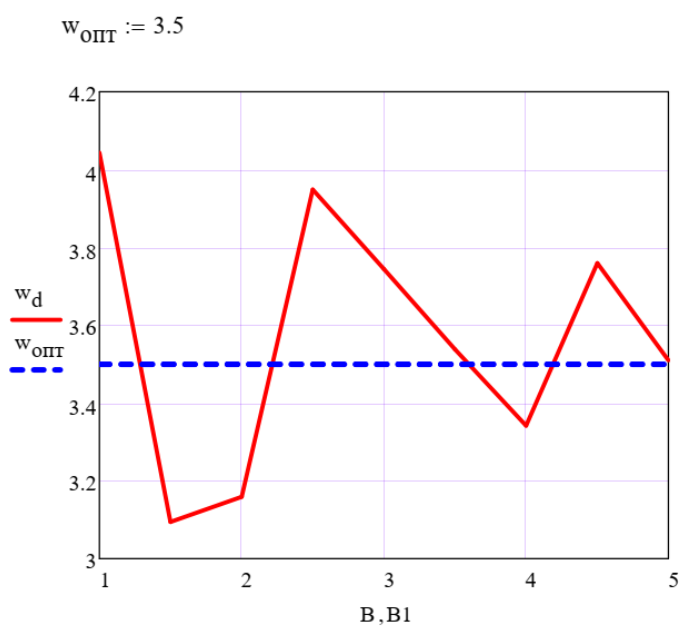


Рисунок Г.4 – Вплив витрати палива в сушарці на швидкість осадження часток в циклоні

Додаток Д
(довідниковий)

ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ АНАЛІЗУ ВАРІАНТІВ
ВИКОРИСТАННЯ ВИДІВ ПАЛИВА

Початкові дані

Склад
палива

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

Температура сушильного агента

$$t := 120 \quad \text{°C} \quad t_0 := 10$$

$$\text{ORIGIN} := 1$$

$$\varphi := 0.75$$

$$\text{Газ} := 4$$

$$\text{Мазут} := 1$$

$$\text{Вугілля} := 2$$

$$\text{Пелети} := 3$$

$$S1 := \begin{pmatrix} 84 & 10.1 & 0.9 & 1.1 & 0.8 & 3 & 0.05 \\ 74 & 4.4 & 2 & 5.1 & 2.7 & 8 & 4.8 \\ 42.5 & 4.9 & 0.2 & 34.6 & 0.4 & 15 & 2.4 \\ 86 & 13.7 & 0.2 & 0.05 & 0.05 & 0.1 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{matrix} C := S1^{(1)} & O := S1^{(4)} \\ H := S1^{(2)} & N := S1^{(5)} \\ S := S1^{(3)} & W := S1^{(6)} \\ A := S1^{(7)} \end{matrix} \quad v := \begin{pmatrix} \text{Мазут} \\ \text{Вугілля} \\ \text{Пелети} \\ \text{Газ} \end{pmatrix}$$

Вища теплота згоряння
палива

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

Нижча теплота згоряння
палива

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

Теоретична кількість повітря для спалювання 1 кг палива

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

Ентальпія водяної пари в сушильному агенті

$$h_n := 2500 + 1.84t = 2720.8$$

Параметри свіжого повітря та відхідних газів

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

– тиск насичення

$$P_n := e^{[(1500.3 + 23.5 \cdot t_0) \div (234 + t_0)]} \quad P_n = 1.226 \times 10^3$$

– парціальний тиск

$$P_p := \varphi \cdot P_n \quad P_p = 919.843$$

– 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

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

	1
1	23.405
2	23.367
3	23.593
4	23.423

Вологовміст сушильного агента на вході в робочу камеру сушарки

$$d_1 := 2.14 + \frac{10(9H + W) + \alpha \cdot L_0 \cdot d_0}{\alpha \cdot L_0 + \left(1 - \frac{9H + W + A}{100}\right)} = \begin{pmatrix} 8.78 \\ 8.31 \\ 8.43 \\ 9.07 \end{pmatrix}$$

Ентальпія сушильного агента на вході в робочу камеру сушарки

$$r1 := -2.362 \cdot t + 2501 = 2.218 \times 10^3$$

$$h1 := C_{sa} \cdot t + 7 + (r1 + C_{sa} \cdot t) \cdot \frac{d1}{1000} = \begin{pmatrix} 148.2 \\ 147.2 \\ 147.4 \\ 148.9 \end{pmatrix} \quad h1 := h1^T$$

$$h1 := h1^{(1)}$$

– тиск насичення

$$P_n := e^{[(1500.3 + 23.5 \cdot t) \div (234 + t)]} \quad P_n = 1.996 \times 10^5$$

– парціальний тиск

$$P_p := 0.0338 \cdot P_n \quad P_p = 6.748 \times 10^3$$

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

$$d2 := 622 \cdot \frac{P_p}{101325 - P_p} = 44$$

Питома витрата повітря, кг/кг

Кількість випаруваної води, кг/с

$$\Omega := \frac{1000}{d2 - d1} = \begin{pmatrix} 28.089 \\ 27.727 \\ 27.816 \\ 28.325 \end{pmatrix} \quad M := \frac{576.5}{3600}$$

Витрата повітря, кг/с

$$L1 := \Omega \cdot M = \begin{pmatrix} 4.498 \\ 4.44 \\ 4.454 \\ 4.536 \end{pmatrix}$$

Теплова потужність, витрачена на сушіння

$$Q1 := L1 \cdot (h1 - h0) + 220 = \begin{pmatrix} 777.8 \\ 770.6 \\ 772.4 \\ 782.5 \end{pmatrix}$$

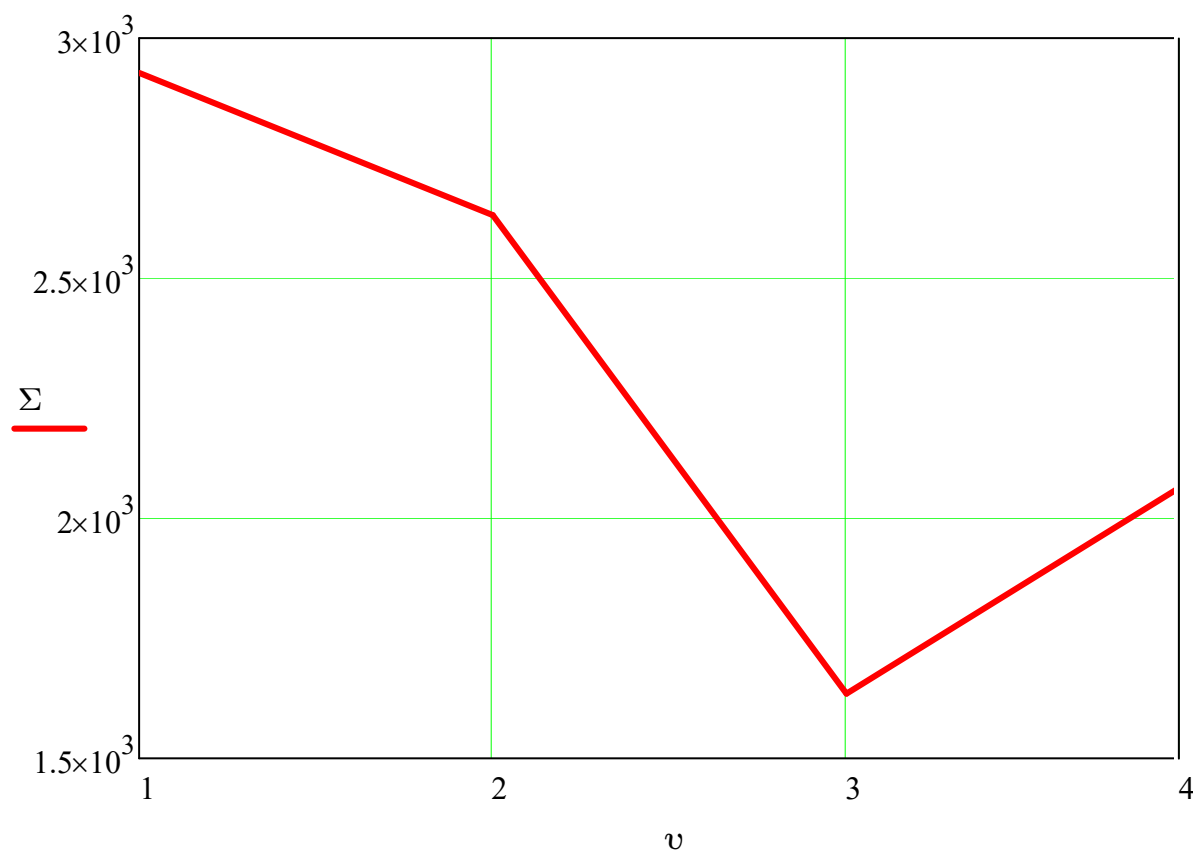
Корисна теплота $Q_k := M \cdot r = 396.7$

ККД сушарки η Ціна на паливо, грн/т Ψ

$$\eta := \frac{Q_k}{Q_1} \cdot 100 = \begin{pmatrix} 51 \\ 51.5 \\ 51.4 \\ 50.7 \end{pmatrix} \quad \Psi := \begin{pmatrix} 13500 \\ 9190 \\ 3000 \\ 10690 \end{pmatrix}$$

Витрата палива, кг/год $B := \frac{Q_1 \cdot 3600}{Q_n \cdot 1000}$

Затрати на паливо, грн/год $\Sigma := 3 \frac{(B \cdot \Psi)}{1000} = \begin{pmatrix} 2.928 \times 10^3 \\ 2.632 \times 10^3 \\ 1.635 \times 10^3 \\ 2.091 \times 10^3 \end{pmatrix}$



Додаток Е
(довідниковий)

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОЧИСНОГО ПРИСТРОЮ
ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВІДПРАЦЬОВАНОВОГО ТЕПЛОНОСІЯ В СУШАРЦІ ДСП-50

Вхідні дані для розрахунку

				ORIGIN := 1	
Параметри сушарки і теплоносія					B :=
Q := 1500	Q _t := 15063	C _{p2} := 1.008	α := 4.2	1	
t ₁₁ := 360	t ₁₂ := 160	t ₂₁ := 10	t ₂₂ := 150	1.5	
L ₀ := 4.96	ν := 21.09 · 10 ⁻⁶	ρ := 1.008	N := 4	2	
Параметри пилової фази				2.5	
C _{p1} := 1.041	d _m := 9	ρ _x := 2000	lgδ ₄ := 0.497	3	
C _x := 20	ω := 3.5	lgδ _n := 0.352	d _{op} := 4.5	3.5	
			A _p := 0.04	4	
				4.5	
				5	

РОЗРАХУНОК

Годинна витрата палива	$B_1 := \frac{B \cdot Q}{Q_t} \cdot 3600$	
Витрата повітря для соломи	$L := \alpha \cdot L_0 \cdot B_1$	
Сумарна маса відхідних газів	$G_1 := L + B_1 - (B_1 \cdot A_p)$	
Витрата теплоносія	$G_2 := \frac{G_1 \cdot C_{p1} \cdot (t_{11} - t_{12})}{C_{p2} \cdot (t_{22} - t_{21})}$	
Об'ємна витрата повітря в циклоні	$V := \frac{G_2}{\rho}$	
n := 1		
Діаметр циклона	$D := \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \omega \cdot N}}$	$D_{ц} := \text{round}(D, n) =$
Теоретичний діаметр часток, що осаджуються з ефективністю 50%	$d_t := \frac{d_m}{2}$	

Дійсна швидкість в циклоні

$$w_d := \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot N \cdot D_{\text{ц}}^2}$$

Діаметр частинок, що осаджуються з ефективністю 50% за робочих умов

$$d_{50} := d_t \cdot \sqrt{\frac{D_{\text{ц}} \cdot \nu \cdot \omega}{D \cdot 22.2 \cdot 10^{-6} \cdot w_d}}$$

Параметр X

$$X := \frac{\log\left(\frac{d_m}{d_{50}}\right)}{\sqrt{\lg\delta_4^2 + \lg\delta_n^2}}$$

Нормальна функція розподілу

$$Y := 1 \dots 9$$

$$\Phi(X) := \left(\begin{array}{l} \text{for } i \in Y \\ \left| \begin{array}{l} F_i \leftarrow 0.3762 \cdot X_i + 0.5 \quad \text{if } 0 \leq X_i \leq 0.6 \\ F_i \leftarrow 1 - \frac{1}{5.8 \cdot X_i + 0.5} \quad \text{otherwise} \end{array} \right. \\ F \end{array} \right)$$

Ефективність очищення в циклоні

$$\eta := \frac{1 + \Phi(X)}{2}$$

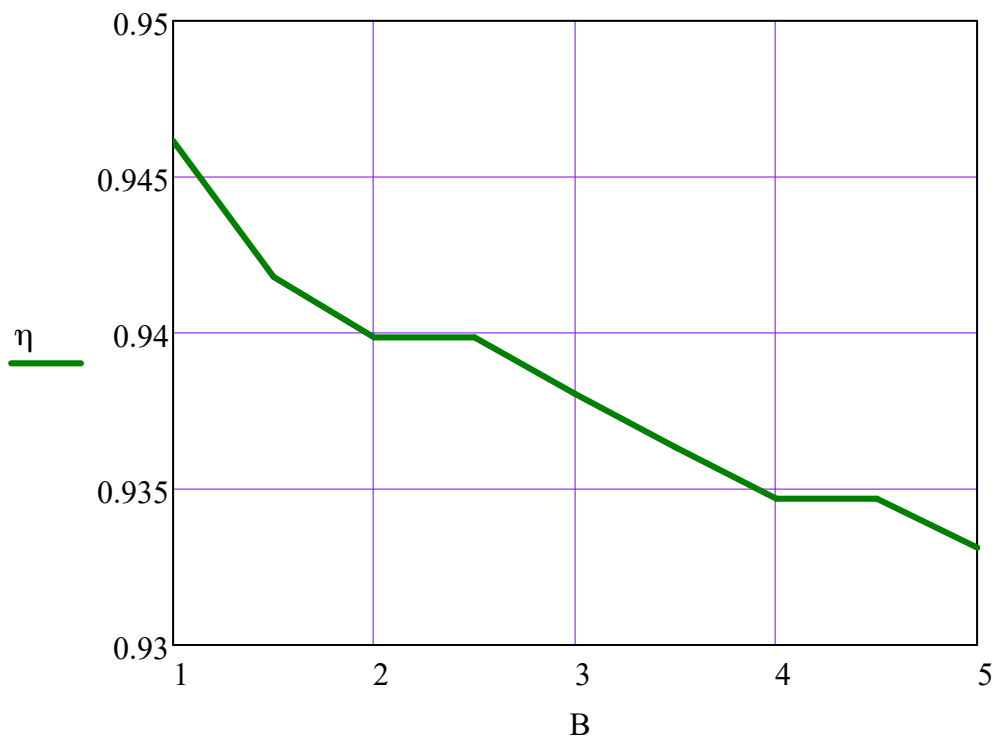


Рисунок Е.1 - Залежність ефективності очищення теплоносія в циклоні від витрати палива в топці сушарки

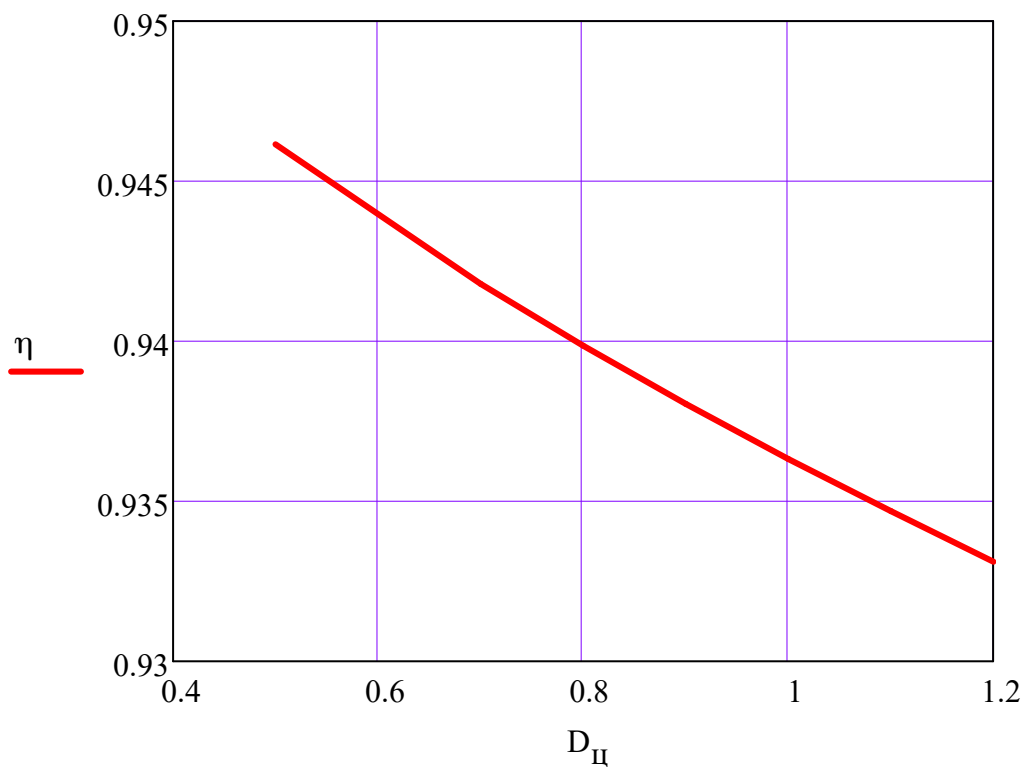


Рисунок Е.2 - Залежність ефективності очищення теплоносія в циклоні від діаметра циклона

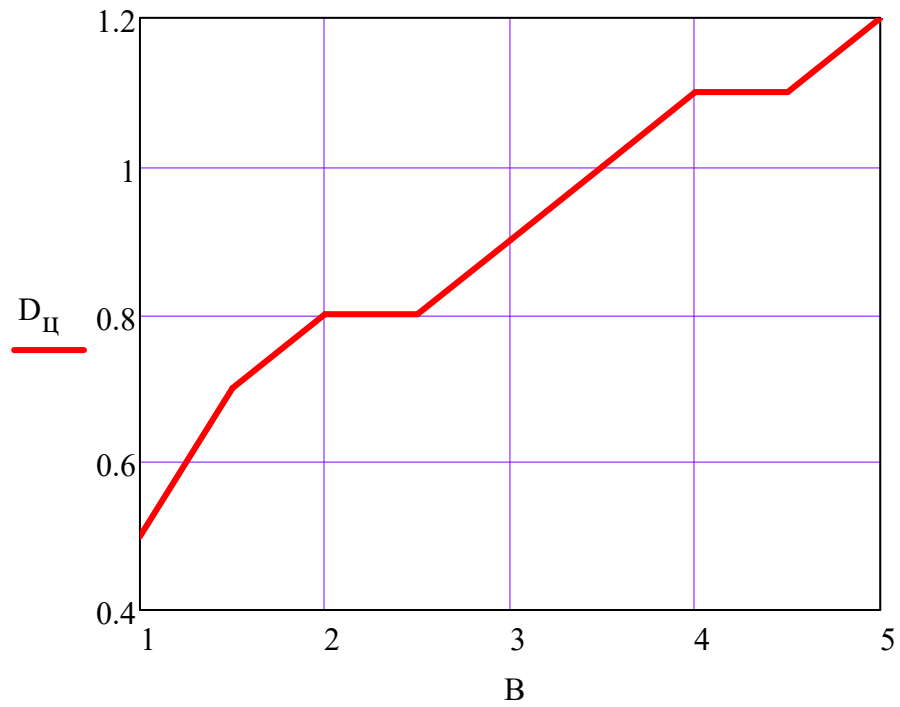


Рисунок Е.3 - Залежність діаметра циклона від витрати палива

$$w_{\text{ОПТ}} := 3.5$$

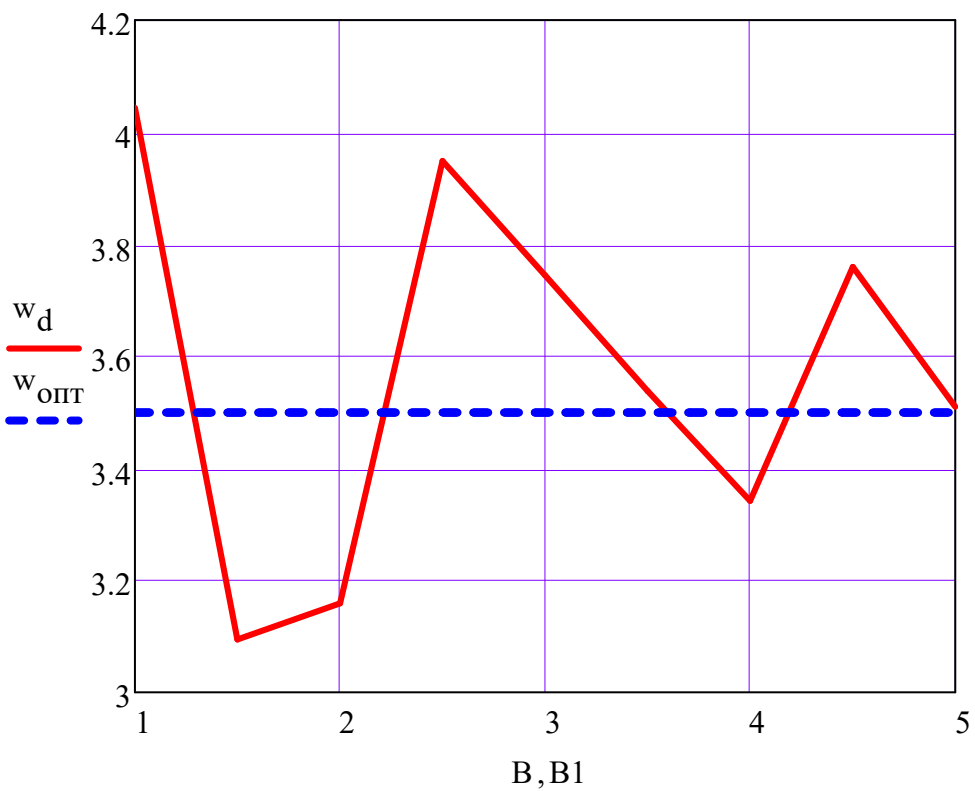


Рисунок Е.4 - Вплив витрати палива в сушарці на швидкість осадження часток в циклоні