

Тема магістерської кваліфікаційної роботи:

“Моделювання теплових та динамічних процесів вібраційної установки для сушіння сипучих органічних матеріалів”

Розробив: магістрант. гр. ТГ-14мн

Кутняк М.М.

Науковий керівник: к.т.н., проф.

Коц І. В.

Актуальність даної роботи полягає у підвищенні ефективності сушіння сипучих органічних матеріалів шляхом подальшого розвитку і вдосконалення конструктивних рішень складових вузлів сушильних агрегатів, вибору та обґрунтування раціональних режимів їх роботи, що сприятиме отриманню якісної вихідної продукції.

Мета роботи полягає в підвищенні ефективності процесу сушіння сипучих матеріалів органічного походження, шляхом розробки конструкції сушарки та вибору раціональних режимів здійснення тепломасообмінних процесів при сушінні сировини з врахуванням впливу вібраційних коливань і потоку повітря.

Задачі роботи:

- *провести аналіз існуючих способів і засобів сушіння зернових культур і класифікувати їх, обґрунтувати перспективну конструктивно-технологічну схему зерносушарки;*
- *теоретично обґрунтувати раціональні параметри процесу сушіння в псевдозрідженому шарі і синтезувати нове конструктивне рішення сушильного устаткування;*
- *виконати математичне моделювання робочих процесів у запропонованій сушильній установці;*
- *розробити методика інженерного розрахунку зерносушарки з псевдозрідженим шаром;*
- *довести економічну доцільність використання у виробництві розробленої зерносушарки.*

Об'єкт дослідження - тепло- і масообмінні процеси в сушильному устаткуванні.

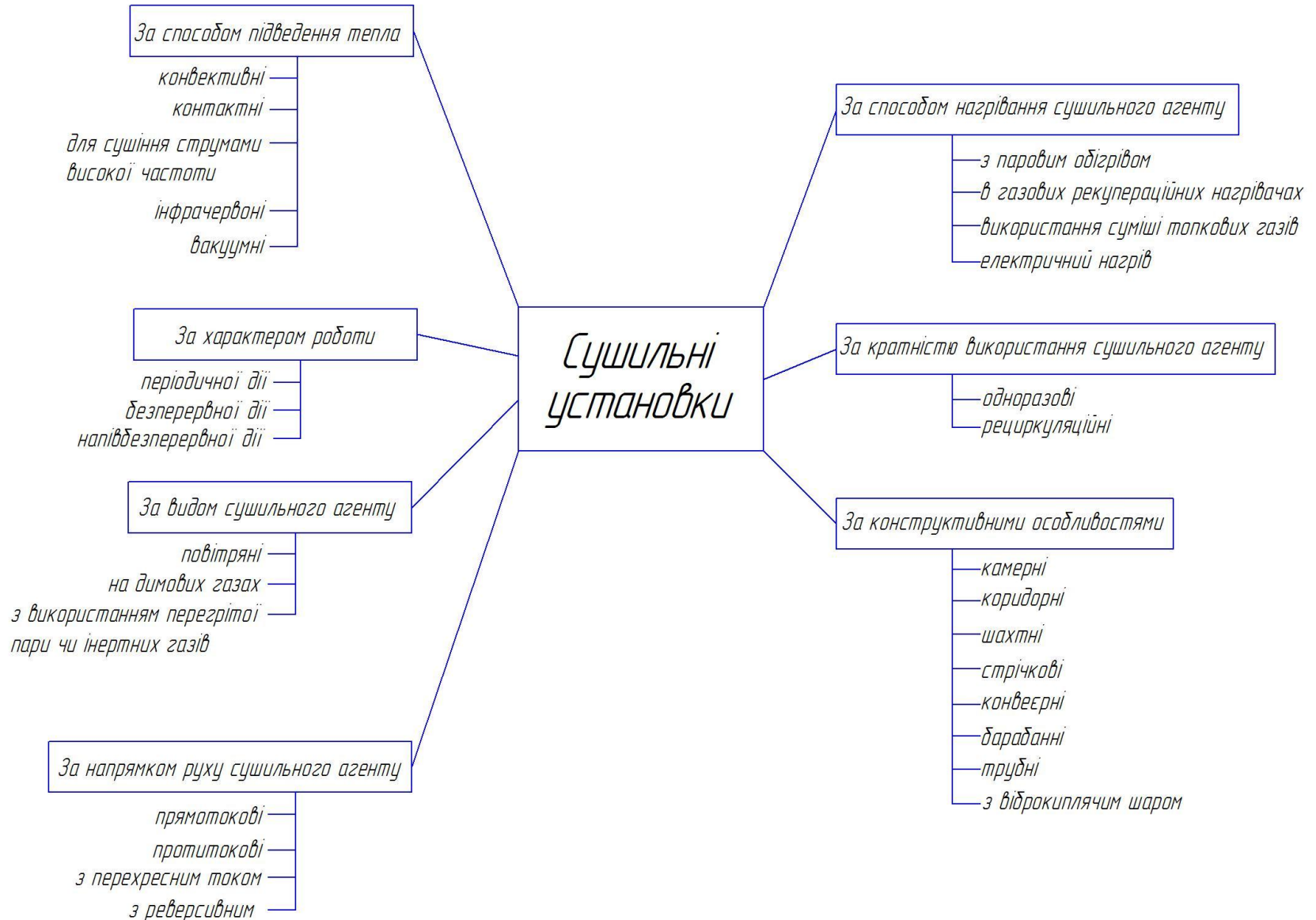
Предмет дослідження полягає у встановленні закономірностей в технологічному процесі сушіння зернових культур, теоретичному обґрунтуванні раціональних параметрів сушарки з псевдозрідженим шаром.

Наукова новизна одержаних результатів:

- ✓ *теоретично обґрунтовано перспективну конструктивно-технологічну схему зерносушарки та раціональні параметри процесу сушіння в псевдозрідженому шарі;*
- ✓ *удосконалена математична модель та розрахунковий алгоритм процесу сушіння, що дозволяє визначити раціональні конструкторські та технологічні параметри нової зерносушарки;*
- ✓ *удосконалена методика проектного розрахунку зерносушарки з псевдозрідженим шаром.*

Публікації. *За матеріалами роботи опубліковані тези доповідей на науково-технічних конференціях, 3 статті у журналах наукових праць (дві з них – у виданнях ВАК) та отримано патент на корисну модель.*

Класифікація сушильних установок





a)

б)

Рисунок 1.1 - Загальний вигляд зерносушарки типу ДСП (а) і зерносушарки фірми "Джевіч" серії СП-100 (б)



а)



б)

Рисунок 1.2 - Зерносушарки фірми "Джевіч": а - М-810; б - М-851

Порівняльні дані різних видів сушарок

Типи сушарок	Час сушіння, хв.	Споживана енергія Вт/кг	Питома витрата тепла Вт·кг	Питома випаровуваність кг/м ³	Питомий об'єм сушильної камери, м ³ кг висушеного матеріалу
Барабанні	20	2,21	2900	0,66	$30 \cdot 10^{-3}$
Шахтні	20-30	2,05	2320	1	$20 \cdot 10^{-3}$
Турбінні	30-60	1,25	1740	0,77	$26 \cdot 10^{-3}$
Вібраційні	4	1,77	1330	2,66	$7,5 \cdot 10^{-3}$

Встановлено, що найбільш ефективним та економічно доцільним методом сушіння сипучих матеріалів є сушіння у віброкиплячому шарі, адже він інтенсифікує процес сушіння при різних методах підведення тепла та створює умови, при яких значна поверхня частинок безперервно обдувається теплоносієм і відбувається інтенсивне видалення вологи.

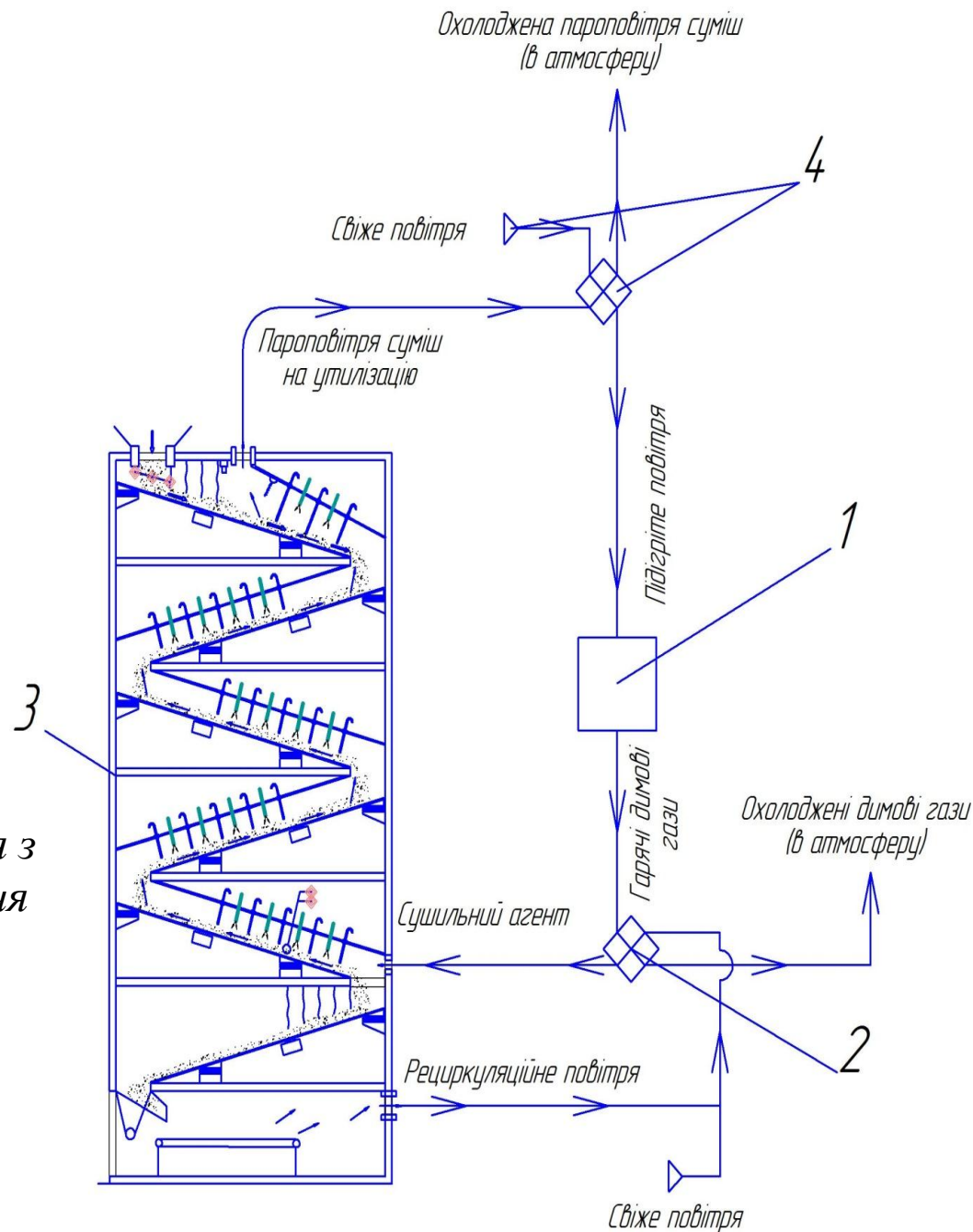
Принципова схема устаткування з вібраційним приводом для сушіння сипучих матеріалів:

1- генератор тепла;

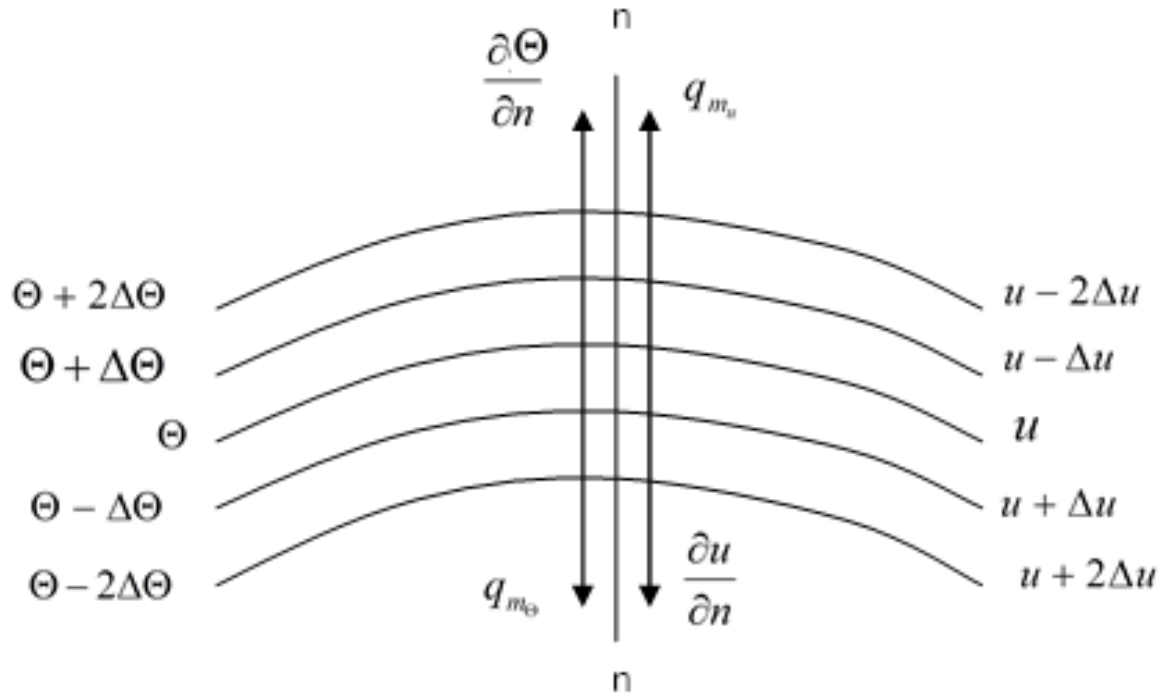
2- теплообмінник;

3 – сушильне устаткування;

4 – система утилізації тепла.



У процесі сушіння (неізотермічне перенесення) волога переміщується не тільки під впливом градієнта вологості, але і завдяки градієнту температури (явище термовологопровідності). Це явище виявлено та експериментально доведено А.В. Ликовим.

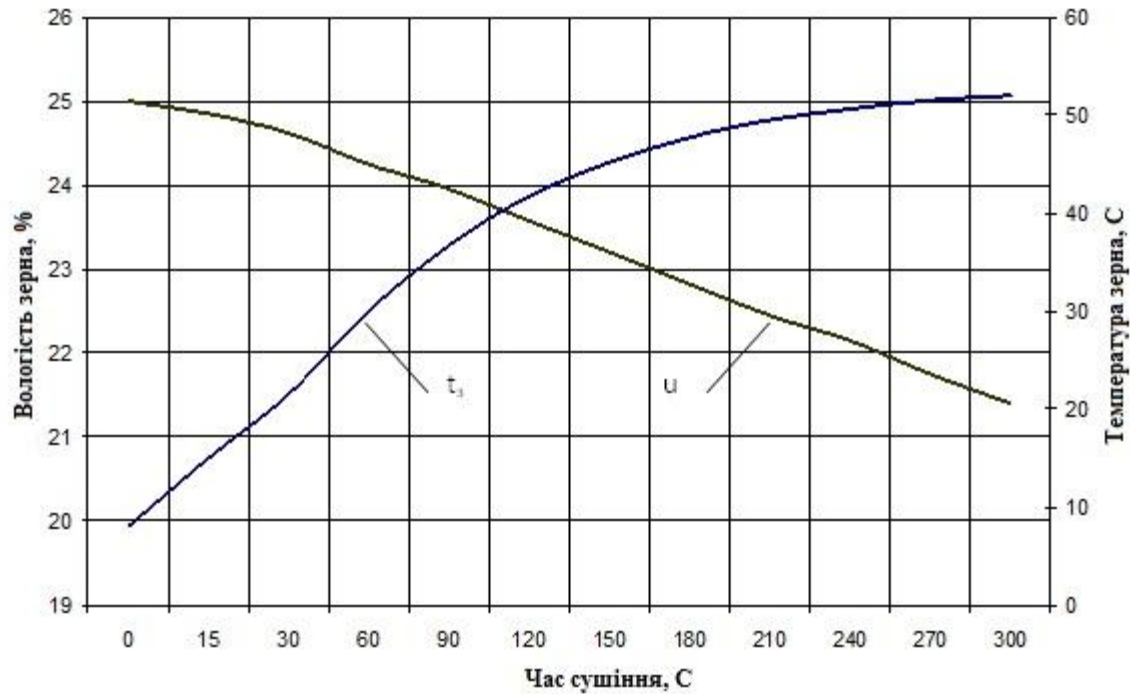


Розподіл вологовмісту і температури матеріалу в процесі сушіння

$\frac{\partial \Theta}{\partial n}$ - температурний градієнт

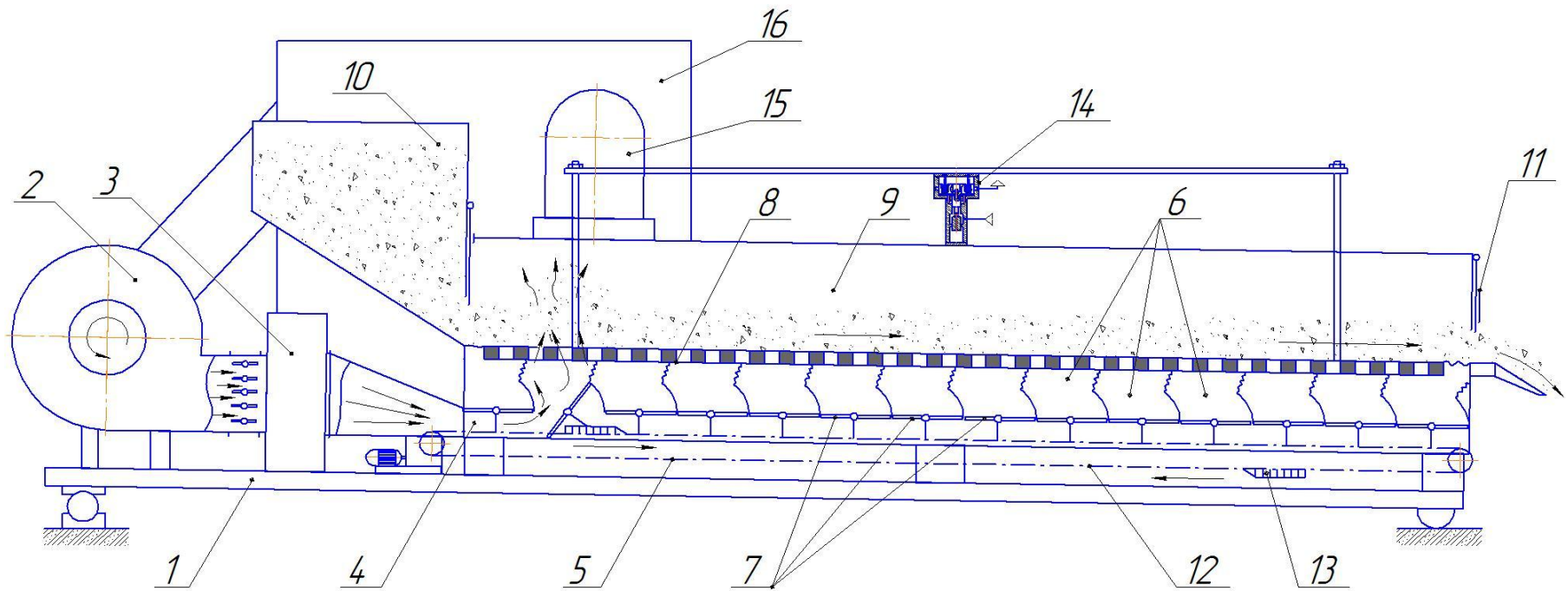
$\frac{\partial u}{\partial n}$ - градієнт концентрації вологи

На основі експериментальних досліджень Смольського при безперервному сушінні в киплячому шарі зерна, були побудовані криві зміни вологості та нагріву зерна при наступних початкових умовах: початкова температура зерна - 8°C , температура агента сушіння - 60°C , початкова вологість зерна 25%.



Залежності вологовмісту (u) і температури зерна (t_2) при безперервному сушінні

З графіка видно, що при безперервному сушінні в псевдозрідженому шарі протягом 5 хв вологість зерна знижується з 25% до 21,3%, а зерно при цьому нагрівається вище гранично допустимої температури, що не допустимо.



Конструктивно-технологічна схема сушарки:

- 1 - основа; 2 - вентилятор; 3 - теплогенератор; 4 - напірна камера;
 5 - газорозподільний механізм; 6 - секції газорозподільного механізму; 7 - заслінки;
 8 - газорозподільна решітка; 9 - камера сушки; 10 - бункер для вологого матеріалу;
 11 - випускне вікно; 12 - ланцюговий привід; 13 – виступи на ланцюзі;
 14 – пневматичний вібратор; 15 - витяжний канал (до теплообмінника);
 16 - теплообмінник.

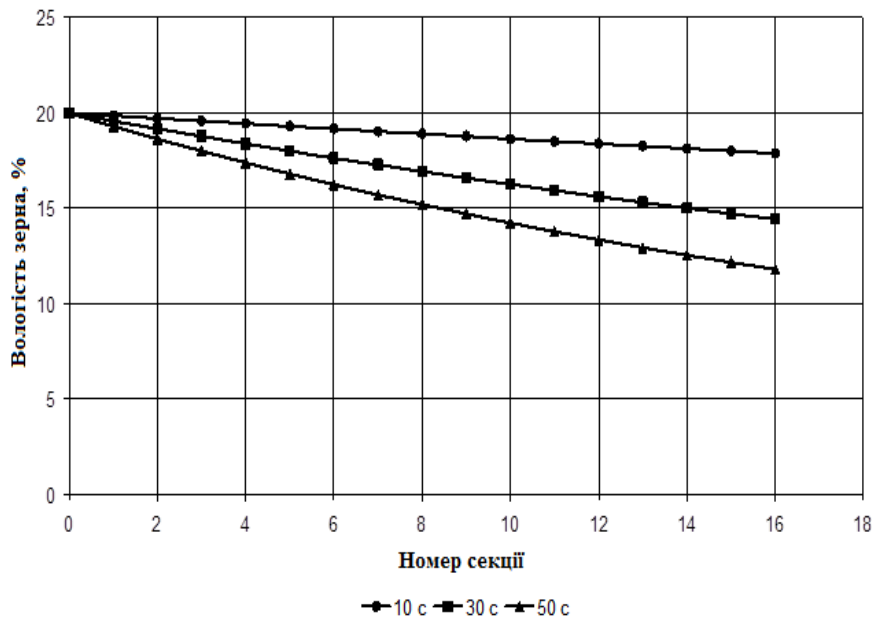
На основі теплового і матеріального балансів зерна і сушильного агенту, запропонована математична модель конвективного сушіння зерна у псевдозрідженому шарі у вигляді системи диференціальних рівнянь:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + v \cdot \frac{\partial t}{\partial x} = - \frac{\gamma_3 \cdot C_3 \cdot \partial \Theta}{\gamma_{II} \cdot C_{II} \cdot \varepsilon \cdot \partial \tau} - \frac{\gamma_3 \cdot r}{\gamma_{II} \cdot C_{II} \cdot \varepsilon} \cdot \frac{\partial W}{\partial \tau} \cdot \frac{1}{100} \quad (1)$$

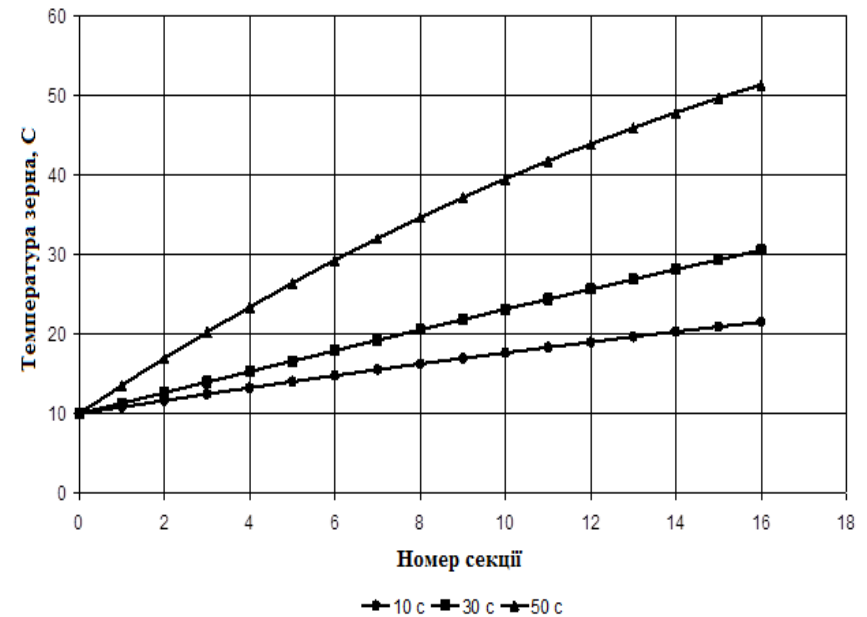
$$\frac{\partial W}{\partial \tau} = - \frac{\gamma_{II} \cdot \varepsilon}{10 \cdot \gamma_3} \cdot \left(\frac{\partial d}{\partial \tau} + v \cdot \frac{\partial d}{\partial x} \right) \quad (2)$$

$$\lambda_{\Gamma} \frac{\partial^2 \Theta}{\partial x^2} - v \cdot C_3 \cdot \gamma_3 \frac{\partial \Theta}{\partial x} - C_{II} \cdot \gamma_{II} \cdot W (t - t_0) = 0 \quad (3)$$

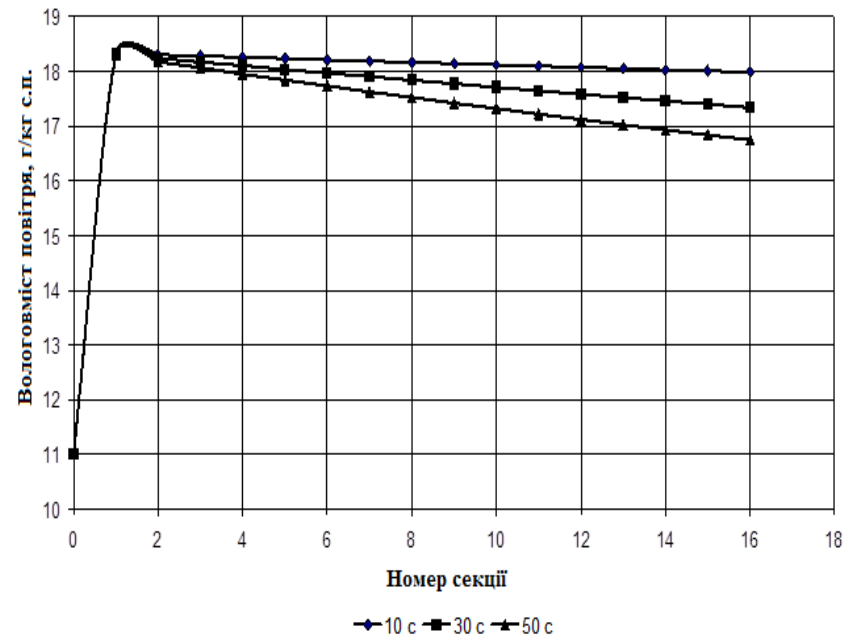
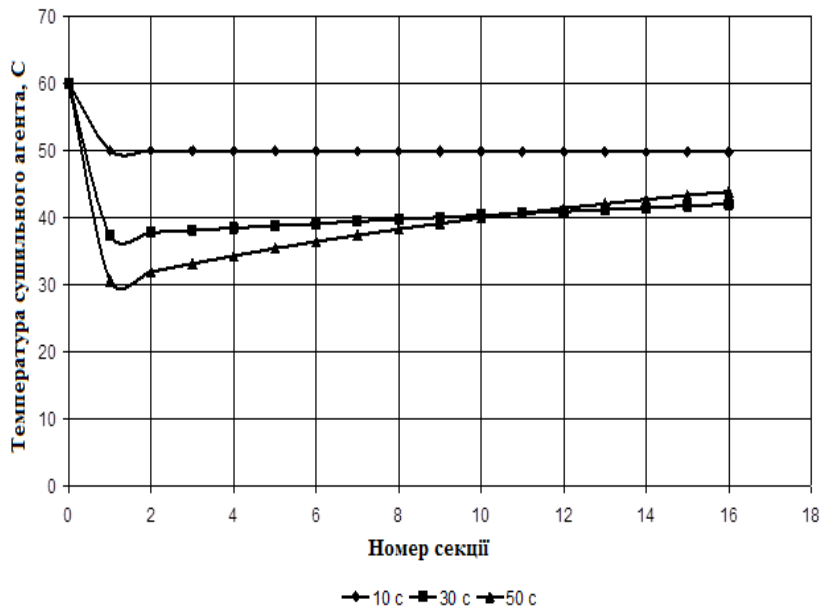
$$\frac{\partial W}{\partial \tau} = -K \cdot (W - W_P) \quad (4)$$



Зміна вологості зерна уздовж камери сушіння при температурі сушильного агента 60 °С залежно від тривалості продування однієї секції



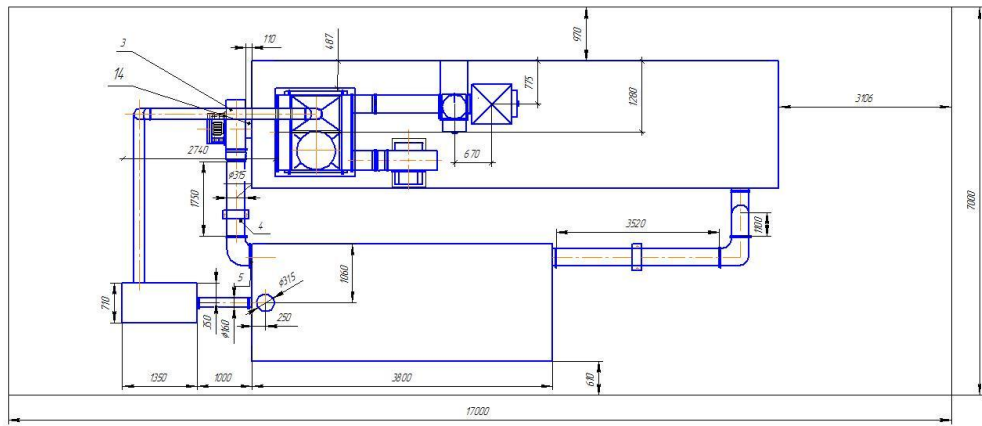
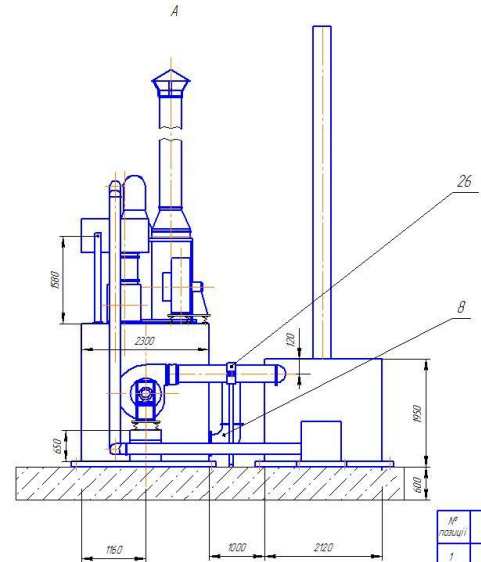
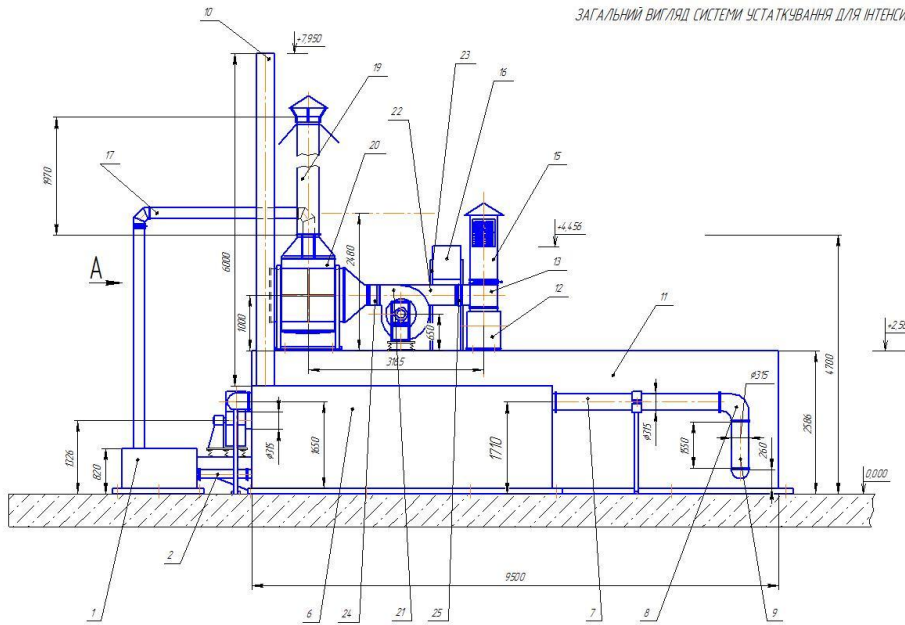
Зміна температури зерна уздовж камери сушіння при температурі сушильного агента 60 °С залежно від тривалості продування однієї секції.



Зміна температури сушильного агента на виході з зернового шару уздовж камери сушіння при температурі сушильного агента 60 °С залежно від тривалості продування однієї секції.

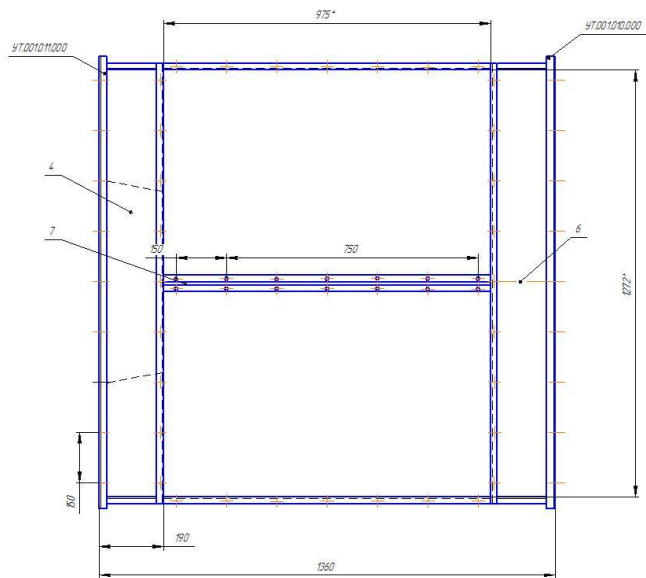
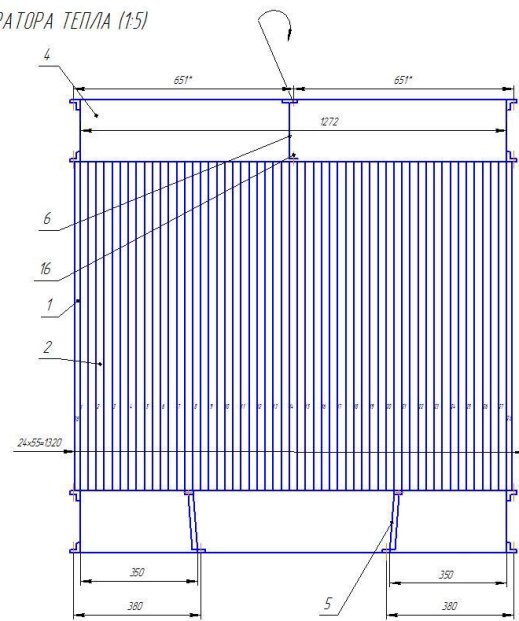
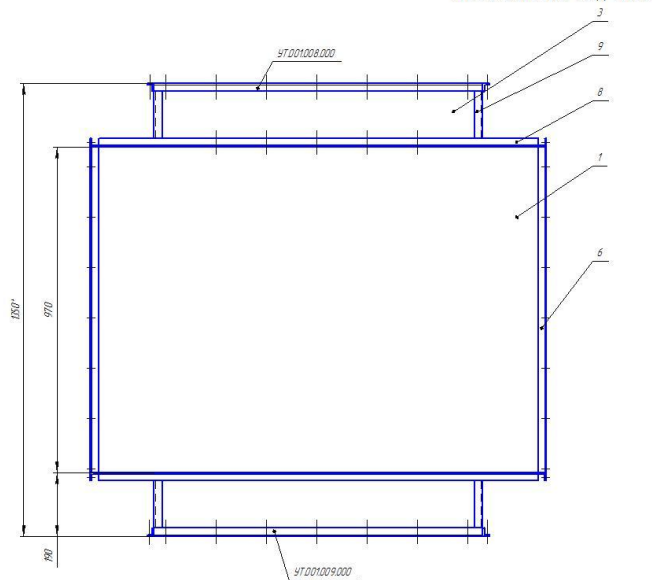
Зміна вологовмісту сушильного агента на виході з зернового шару уздовж камери сушіння при температурі сушильного агента 60 °С залежно від тривалості продування однієї секції.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИГЛЯД СИСТЕМИ УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ІНТЕНСИВНОГО СУШННЯ ДЕРЕВИНИ



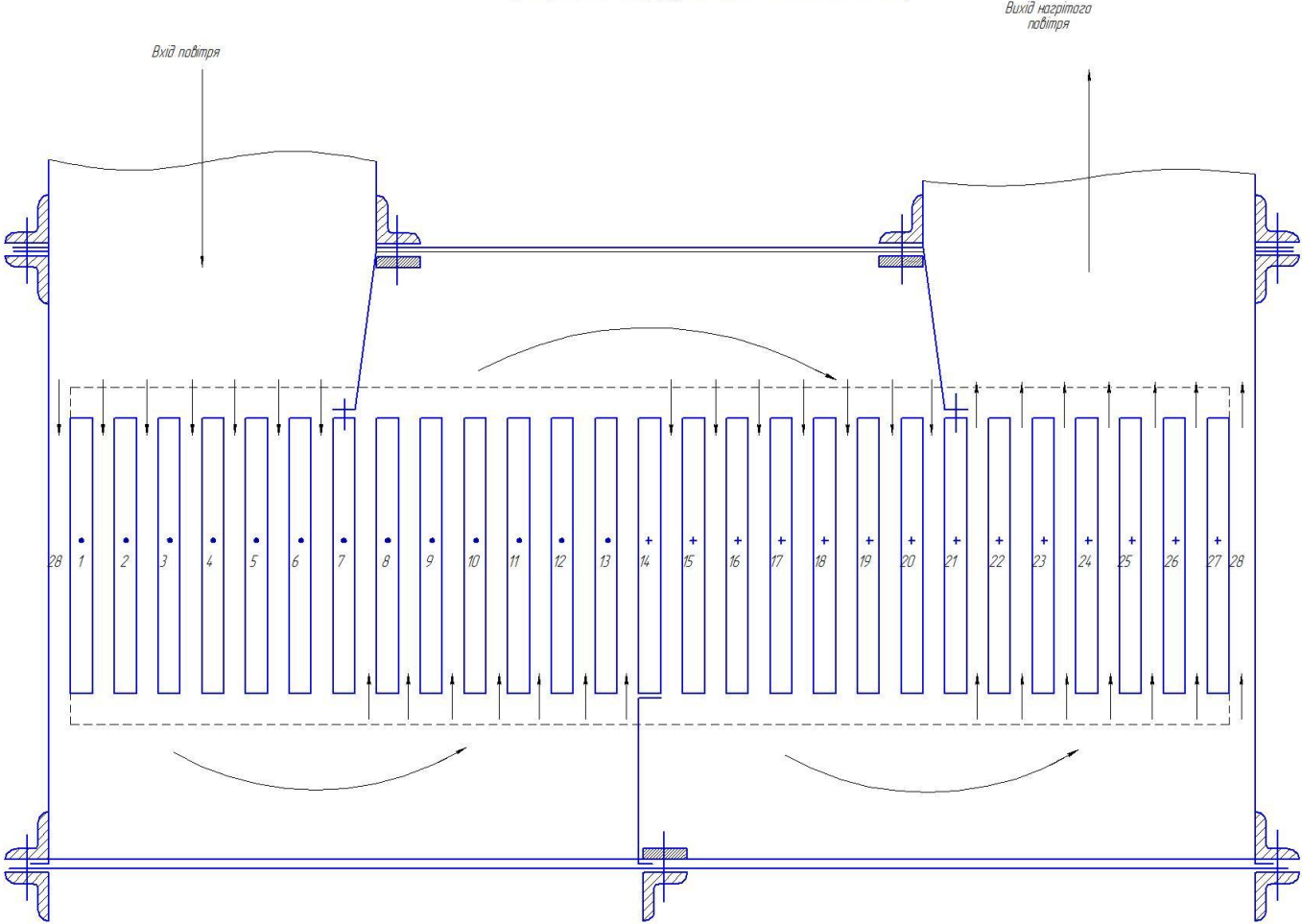
№ познач.	Позначення	Назва	Кількість	Дім.
1	08-12.02.001	Газоперегрівач потуж.	1	
2	08-12.02.002	Турбогорел	1	
3	ВЦ 4-38 №6.3	Вентилятор	1	
4	08-12.02.004	Підпригрівд контрольний	1	
5	08-12.02.005	Фланець	85	
6	08-12.02.006	Теплообмінник	1	
7	08-12.02.007	Підпригрівд	1	
8	08-12.02.008	Відвід	4	
9	08-12.02.009	Підпригрівд	1	
10	08-12.02.010	Труба діаметр	1	
11	08-12.02.011	Конвеєр сушіння	1	
12	08-12.02.012	Підвід	1	
13	08-12.02.013	Лезенд	1	
14	08-12.02.014	Потілобд вентиляцій	2	
15	08-12.02.015	Турбогорелд газівний	1	
16	08-12.02.016	Турбогорелд	1	
17	08-12.02.017	Відвід	2	
18	08-12.02.018	Підпригрівд відвідальний	1	
19	08-12.02.019	Підпригрівд	2	
20	08-12.02.020	Утилізатор теплот	1	
21	ВЦ4-70 №5	Вентилятор	1	
22	08-12.02.021	Підпригрівд відвідальний	1	
23	08-12.02.022	Огоро	2	
24	08-12.02.023	Грунча водавідв	2	
25	08-12.02.024	Засувка	3	
26	08-12.02.025	Огоро	2	

ЗАГАЛЬНИЙ ВИГЛЯД ТЕПЛОБІМНІНИКА – РЕКУПЕРАТОРА ТЕПЛА (1:5)

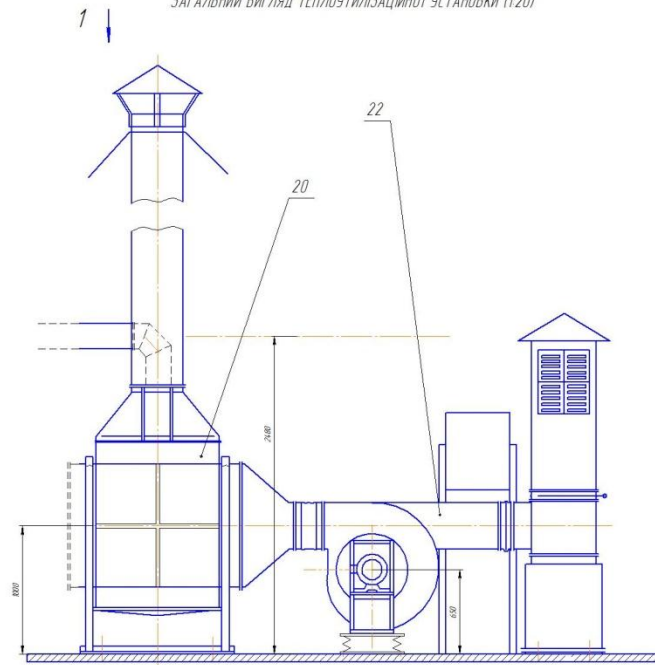


Технічна характеристика					
Площина нагріву, м ²					25
Кількість пакетів (ходів)					2
за теплонасієм					2
за грічним повітрям					4
Кількість каналів-комрок в пакеті №	1	2	3	4	
за теплонасієм	13	14	-	-	
за грічним повітрям	7	7	7	7	

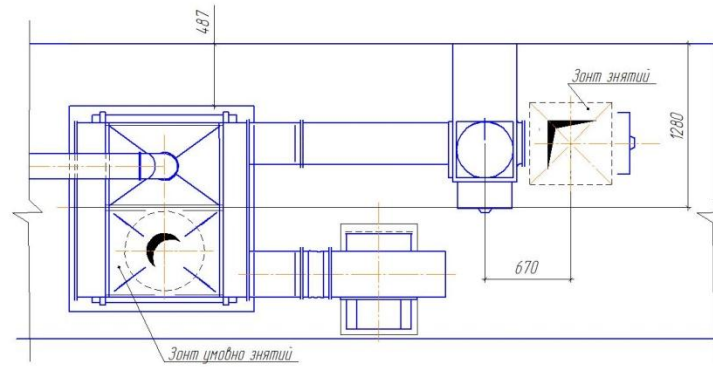
Принципова схема руху теплоносія в теплообміннику



ЗАГАЛЬНИЙ ВИГЛЯД ТЕПЛОУТИЛІЗАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ (1:20)



1
(1:20)



Визначення економічних показників

Показники	Варіант		
	ДСП-320Т	ЗСПЖ-8	Розроблена
1	2	3	4
Витрати на реновацію, грн / т	4,81	5,91	7,54
Витрати на технічне обслуговування, поточний та капітальний ремонт, грн / т	3,73	4,57	5,84
Витрати на оплату праці оператора, грн / т	0,14	0,56	2,25
Вартість енергоресурсів, грн / т	43,47	37,24	8,03
Прямі експлуатаційні витрати, грн / т	52,15	48,28	23,66
Питомі капітальні вкладення, грн / т	33,89	41,59	53,08
Приведені витрати на одиницю напрацювання, грн / т	58,93	56,6	34,28

Визначено, що використання у виробництві розробленої зерносушарки в порівнянні з існуючими шахтними має економічний ефект. По відношенню до шахтної зерносушарки ДСП-320Т річний економічний ефект склав 12818 грн або 24,65 грн. на 1 тонну зерна, а по відношенню до шахтної зерносушарки ЗСПЖ-8 відповідно 11616,4 грн на рік або 22,32 грн на 1 тонну зерна. При цьому термін окупності від впровадження розробленої зерносушарки у виробництво складаємо відповідно 2,15 і 2,38 року.

Дякую за увагу!!!