



ХІІ Міжнародна он-лайн конференція
«Проблеми теплофізики та теплоенергетики»
26-27 жовтня 2021 р.

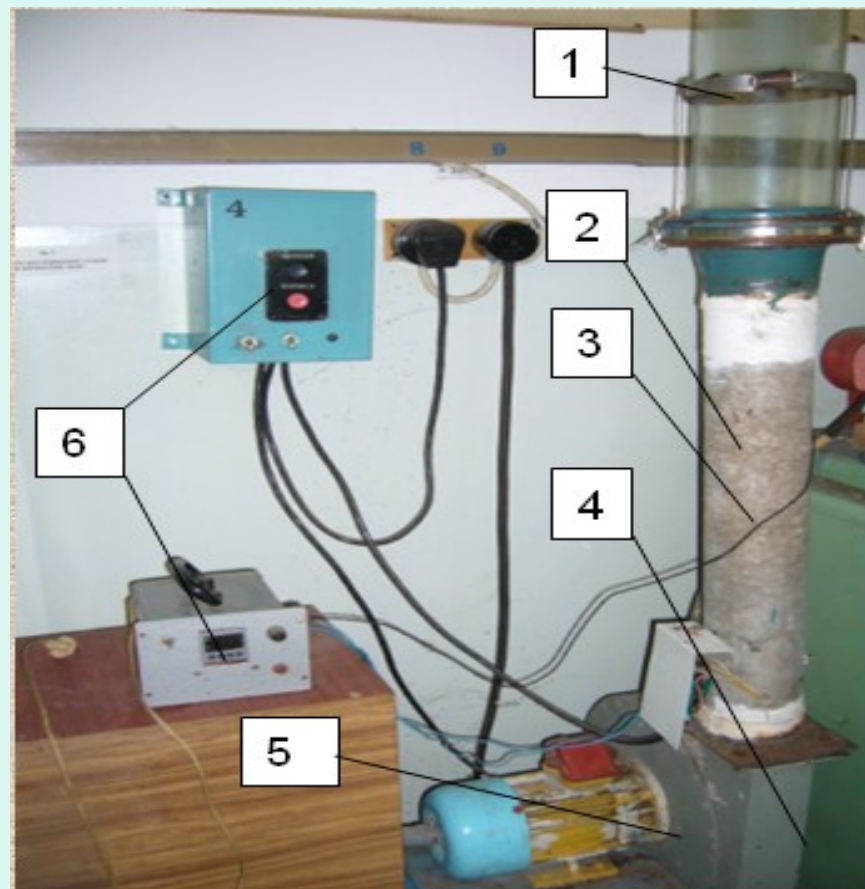
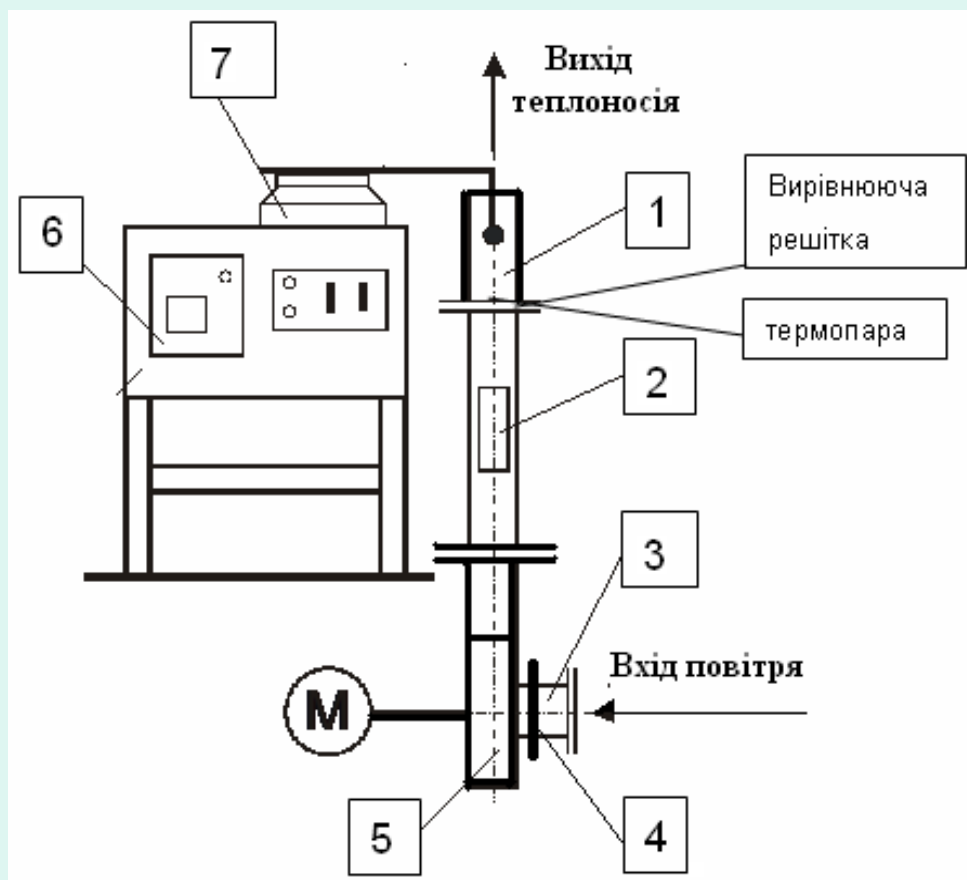
**ДОСЛІДЖЕННЯ СУШІННЯ ЛІСОРΟΣЛИННИЦЬКИХ ВІДХОДІВ
(ТРИСКИ ПАЛИВНОЇ З ТОНКОМІРУ) У ЩІЛЬНОМУ ШАРІ І
РОЗРОБЛЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ КОНВЕЄРНОЇ СУШИЛЬНОЇ
УСТАНОВКИ ДЛЯ СУШІННЯ ТВЕРДИХ ДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ У
СЕРЕДОВИЩІ ВИСОКОВОЛОГОЇ ПАРОВОПІТРЯНОЇ СУМІШІ**

Доповідач – зав. лаб. ТМО ПУ відділу ТМІТ
гол. констр. проекту лаб. ТМО ПУ відділу ТМІТ
гол. технолог лаб. ТМО ПУ відділу ТМІТ

Кремньов В.О.
Шпільберг Л.Ю.
Жуков К.Л.

Мета роботи. Розроблення типоряду одnorуsних енергоефективних конвеєрних сушарок різної продуктивності, які складатимуться з необхідної кількості уніфікованих умовних зон сушки.

Досліди проводились на наявному стенді.



1 – сушильна камера; 2 – підігрівачі повітря; 3 – вхідний патрубок;
 4 – заслінка; 5 – відцентровий вентилятор; 6 – щит управління;
 7 – ваги фірми «AXIS» моделі А500.

Експериментальний стенд, складається з ізольованого повітропроводу, сушильної камери, нагрівальних елементів, приладів для вимірювання величин, що характеризують кінетику процесу сушіння досліджуваного матеріалу.

Сушильна камера (1) представляє собою циліндричний патрубок, виконаний з прозорого пластику. На ділянці підігріву теплоносія (2) розміщений трисекційний електронагрівач потужністю 3,6 кВт, що дозволяє регулювати температуру повітря в широких межах. Для підтримки заданої температури теплоносія за допомогою цифрового регулятора температури одна секція калорифера підключена до автоматичної системи щита управління (6), точність спрацьовування сигнальних контактів регулятора температури $\pm 1^\circ\text{C}$. Дві інші секції включаються в ручному режимі при необхідності за допомогою тумблерів на щиті управління.

Подача повітря в сушильну камеру здійснювалася відцентровим вентилятором (5) середнього тиску марки ВЦС-24. Зміна в широких межах швидкості руху теплоносія і його температури досягалася за допомогою заслінки (4) і електронагрівачів.

Температура повітря в сушильній камері підтримувалася і реєструвалася цифровим регулятором температури фірми «ENDA» марки ЕТС 442 при допомозі алюмель – копелевого термоелектричного перетворювача діаметром 5 мм встановленим в сушильній камері, вологовміст навколишнього повітря вимірювався психрометром.

Вирівнювання швидкості потоку повітря перед надходженням його в сушильну камеру проводилося за допомогою вирівнювачів потоку, виготовлених у вигляді сіток.

Температура в середині експериментального зразка (об'єму матеріалу) матеріалу визначалася (за необхідності) алюмель – копелевим термоелектричним перетворювачем діаметром 0,3 мм. Для виключення впливу зовнішнього теплового потоку на роботу перетворювачів вони були термоізольовані. Датчик температури закріплювався на штоку і мав вільний кінець для введення його всередину досліджуваного зразка, що дозволяло зважувати шток з матеріалом протягом всього дослідження на вагах (7) фірми «AXIS» моделі А500. Тарування термоелектричних перетворювачів проводилося разом з терморегулятором.

Методика проведення дослідів полягала в наступному. Після встановлення на стенді необхідного режиму роботи в сушильну камеру (1) поміщається ємність з досліджуванним матеріалом. Замір ваги досліджуваного матеріалу здійснюється на вагах (7), безперервно реєструючи зменшення маси матеріалу в процесі сушки. Після закінчення кожного дослідження визначалася абсолютно суха маса зразка, що дозволяло встановити початкову і поточну вологість продукту в процесі дослідження. Зразок розміщався в сушильній шафі і висушувався до абсолютно сухої маси при температурі 105°C , згідно методики за ГОСТ 7698 – 66.

По абсолютно сухій масі зразка визначали поточну вологість матеріалу по формулі:

$$W = \frac{U + G_k - G_{ac}}{G_{ac}} \cdot 100\%$$

де U – кількість випареної рідини з матеріалу під час сушіння;

- кінцева маса матеріалу;
- абсолютно суха маса матеріалу.

По визначеним величинам W будувались криві сушіння і швидкості сушіння $W=f(\tau)$ і $dW/d\tau=f(W)$.

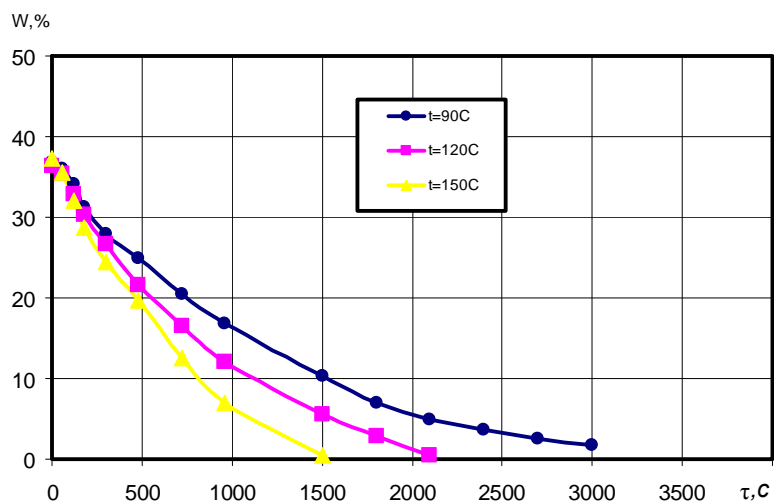
Основні теплотехнічні характеристики експериментального стенду

№	Назва величини	Одиниця вимірювання	Показники	Примітки
1	Об'єм робочої камери	м ³	0,02	
2	Діаметр камери	м	0,14	
3	Висота камери	м	1	
4	Перфорована решітка з отворами	м	0,001 (1·10 ⁻⁵ х5 шт.)	
5	Вентилятор: потужність продуктивність	кВт м ³ /год	1,2 800	
6	Електрокалорифер	кВт	3,6	
7	Регулятор температури «ENDA» ETC 442	°С	0 ÷ 300	

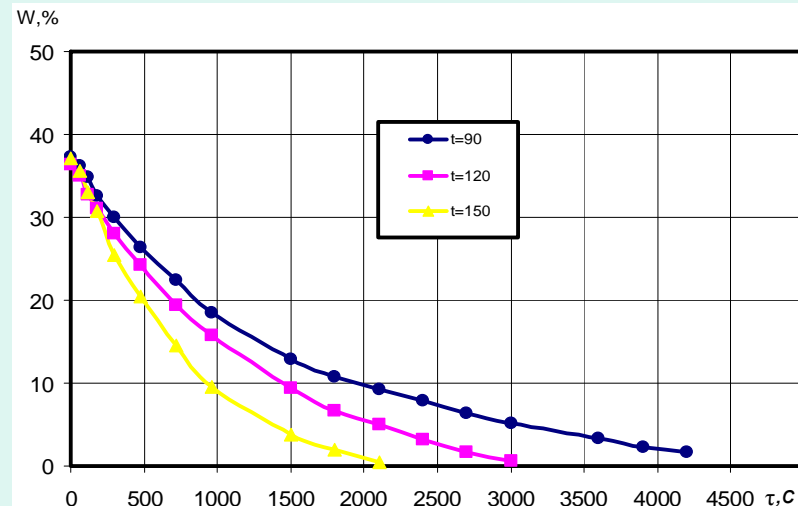
Були проведені експерименти при температурах агента сушки 90°С, 120 °С 150°С та його швидкостях - 1 м/с та 2 м/с, розмір частинок матеріалу становив (табл. 5.6). У процесі сушіння, через визначені проміжки часу контейнер з матеріалом зважувався на вагах фірми «AXIS» моделі А500. Поточна «вологість» матеріалу вираховувалась по формулі (5.1) і на рис. (5.3 – 5.6) наведені криві сушіння тріски паливної.

Фракційний склад продукту при вологості 37,00 %.

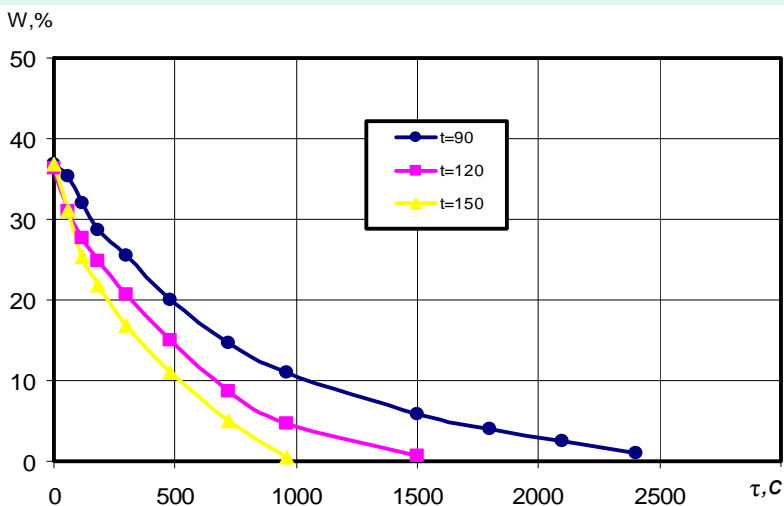
№ сита	5,0	3,0	1,6	1,0	0,63	0,315	0,16	дно	всього
% від навіски	80,0	13,9	4,18	0,96	0,41	0,15	0,2	0,2	100



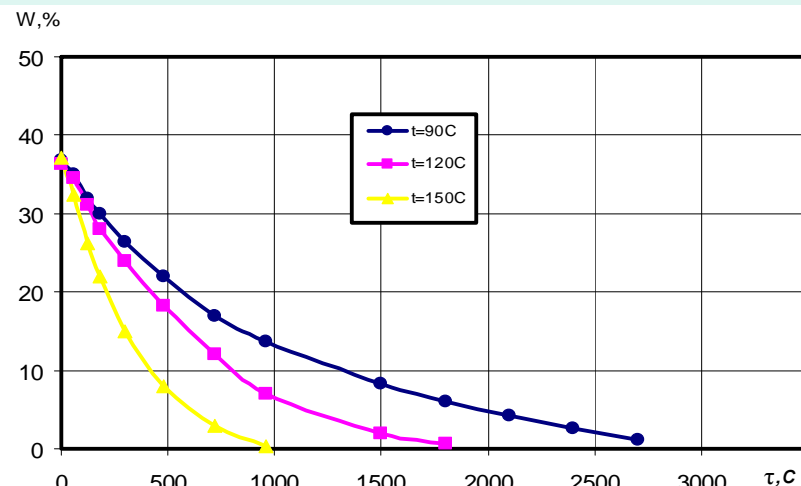
Криві сушіння тріски при температурах від 90°C до 150°C, швидкості руху теплоносія 1 м/с та висоти шару матеріалу $h=10$ мм. При збільшенні температури від 90°C до 150°C час сушіння тріски зменшився в 2,1 рази.



Криві сушіння тріски при температурах від 90°C до 150°C, швидкості руху теплоносія 1 м/с та висоти шару матеріалу $h=30$ мм. При збільшенні температури від 90°C до 150°C час сушіння тріски зменшився в 1,9 рази.



Криві сушіння тріски при температурах від 90°C до 150°C, швидкості руху теплоносія 2 м/с та висоти шару матеріалу $h=10$ мм. При збільшенні температури від 90°C до 150°C час сушіння тріски зменшився в 2,5 рази.



Криві сушіння тріски при температурах від 90°C до 150°C, швидкості руху теплоносія 2 м/с та висоти шару матеріалу $h=30$ мм. При збільшенні температури від 90°C до 150°C час сушіння тріски зменшився в 2,81 рази.

Для вирішення задачі було проведено комплекс науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, в результаті яких була створена зонна установка сушки. Тип установки - однострічкова конвеєрна; ширина сушильного коридору - 4 м. Напрямок потоку повітря до шару матеріалу - перпендикулярно шару, знизу-вгору, зверху-вниз; температура повітря, що подається в сушильні зони, 120 - 60°C; швидкість - 0,5 м/с.

Розділення на зони є умовним. Кожна умовна зона, завдовжки 3000 мм, включає 2 напівзони довжиною 1500 мм, розташованих послідовно по ходу продукції; напрям сушильного агента в напівзонах взаємно протилежне. Управління температурою сушильного агента загальне для двох напівзон.

У сушарці застосований пластинчастий перфорований однострічковий конвеєр шириною 2000 мм, який переміщається по направляючому за допомогою ланцюга з металокерамічними роликами. Згідно вимогам корпорації в установці не застосовується мастило. Ролики один раз в рік проварюються в спеціальній суміші, для чого в комплект установки введений змінний конвеєр. Швидкість руху конвеєра регулюється в межах 12 ÷ 24 м/хв. за допомогою частотного перетворювача. Конвеєр має автономний (не пов'язаний з рештою конструкції сушарки) каркас, приводну і натяжну станції.

Тунель установки має вертикальні стіни і підлогу з газосилікату товщиною 200 мм, який виконує функції опорних конструкцій і герметизуючих огорож і забезпечує теплову ізоляцію. Внутрішня поверхня стін і підлоги обштукатурена гідроізолюючим складом «Васкон». Перекриття тунелю виконані з металевих щитів з тепловою ізоляцією товщиною 100 мм, щити перебиття зварені між собою суцільним швом, а їх торці вмонтовані до стін. На перебиттях встановлені відцентрові вентилятори (по 2 - правий і лівий в кожній із умовних зон) продуктивністю 5000 м³/год кожен.

Вентилятори теплостійкі у вибухобезпечному виконанні. Кожна пара вентиляторів сполучена всмоктуючими патрубками через м'які вставки з розподільною камерою, на вході в яку встановлені калорифери. Калорифери мають переріз з розмірами: висота 500 мм, ширина 1600 мм.

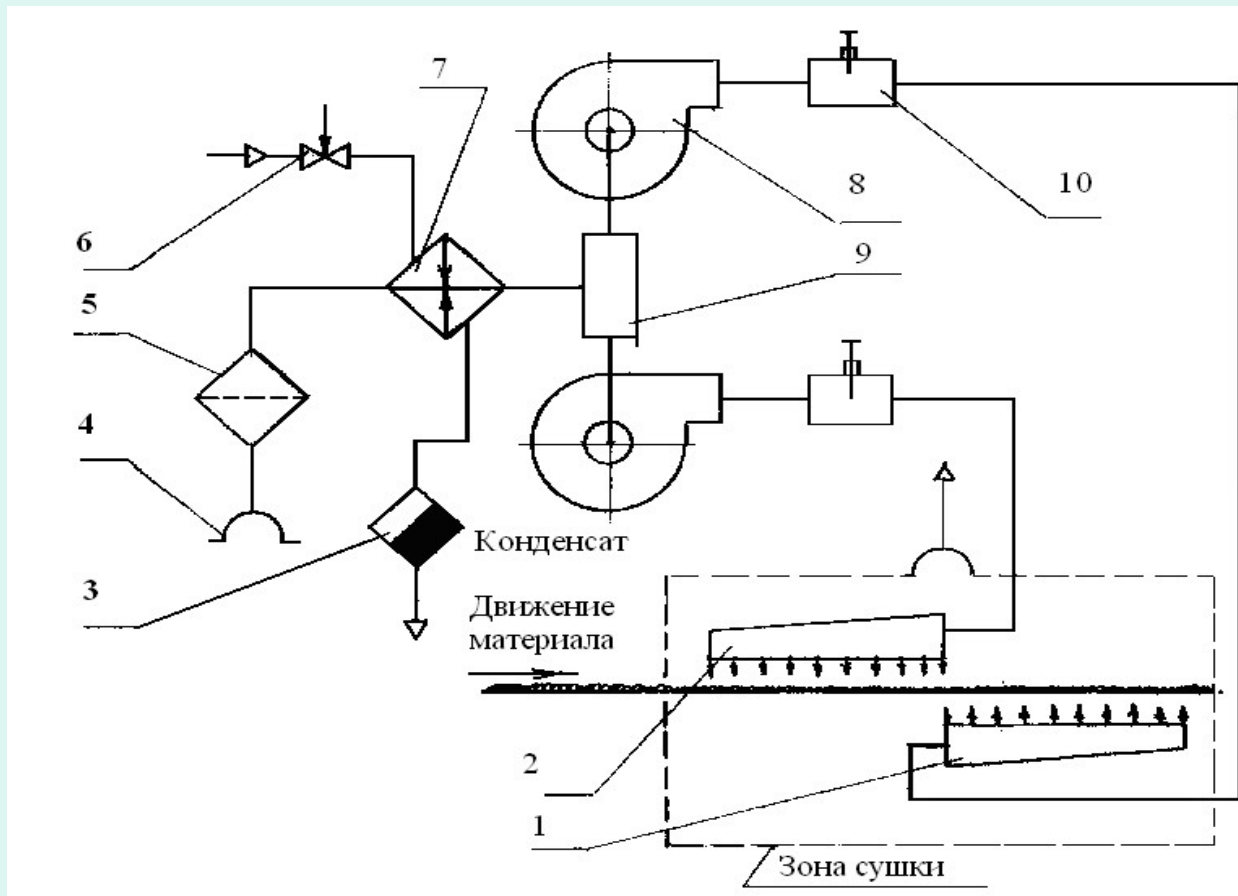
Поверхня нагрівання виконана з вертикальних трубок Ø16 x 2, матеріал 12X18H10T, розташування коридорне, крок по фронту і глибині 22 мм. Кількість послідовно встановлених калориферів по зонам різна і відповідає тепловому навантаженню.

Сушильний агент забирається вентиляторами кожної зони через вікно в перебитті і через сітчастий фільтр, і міжтрубний простір калориферів всмоктується вентиляторами.

На вихлопі кожного вентилятора встановлений повітропровід, який через герметизоване вікно в перебитті входить в тунель, де до нього приєднаний сопловий розподільний короб. Кожен короб має щілинні решітки з коефіцієнтом живого перерізу ≈ 5 %, що необхідний для рівномірного розподілу повітря з середньою швидкістю ≈ 0,5 м/с перед шаром матеріалу, щоб уникнути його викидів. Розміри решітки в плані: довжина (у напрямі руху конвеєра) 1500 мм, ширина 2000 мм.

Решітки розташовані паралельно стрічці конвеєра і забезпечують вертикальний рух повітря. Вони стоять над робочою гілкою конвеєра в напрямі зверху-вниз, а розташовані між гілками конвеєра в напрямі знизу-вгору. Відстань від решіток до пластин конвеєра знизу ≈ 100 мм, а зверху ≈ 140 мм.

На стадії експериментальних досліджень, які передували розробці сушарки, було встановлено, що через низьку швидкість витання найменших частинок матеріалу максимальне значення локальної швидкості сушильного агента обмежено винесенням матеріалу. Це, у свою чергу, зумовило необхідність зменшення товщини шару з огляду на те, що навіть при частій зміні напрямів продування, через зниження потенціалу сушіння не висихає середня по товщині частина шару. Для забезпечення необхідного вантажопотоку зменшення товщини шару і, відповідно, вагового навантаження потребувало збільшення швидкості конвеєра не менше ніж до 20 м/с. Тонкий шар, що має низький гідравлічний опір, не може служити ефективним чинником вирівнювання поля швидкостей теплоносія. Тому рішення цієї задачі було покладено на соплові розподільні короби.



Сушарки типоряду відрізняються між собою, відповідно до продуктивності, лише кількістю уніфікованих умовних зон сушки. Відповідно до цього довжина робочої частини сушарок може змінюватись від 3 до 90 м (1 ÷ 30 зон).

ВИСНОВОК

Типоряд, що розробляється призначений для сушіння твердих дисперсних матеріалів таких як деревна паливна тріска, гранульовані біопаливо та біодобрива на об'єктах оснащених технологічними паровими котельнями. Сушарки дозволяють мінімізувати питомі витрати теплової енергії на процес сушіння завдяки зниженню рекуперативних тепловтрат крізь огороджуючі конструкції і кардинальному зменшенню, як організованого так неорганізованого повітрообміну.

Нові сушарки дозволяють організувати ефективну утилізацію ВЕР (теплоти вторинної пари, що надходить із матеріалу і перегрітому конденсату гострої пари, яка надходить із котельні).