



Пазюк В. М.

Снежкін Ю. Ф.

Чалаєв Д. М.

*Інститут
технічної
теплофізики
НАН України*

Пазюк О. Д.

*Вінницький
державний
аграрний
університет***УДК 664.84**

НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ СУШІННЯ РІПАКУ ТА ІНШИХ ВИДІВ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ. ТЕПЛОАСОСНІ СУШИЛЬНІ УСТАНОВКИ

В статті представлені тенденції розвитку технологій сушки рапса і других зернових культур з використанням останніх розробок в області сушки.

The paper is present tendencies of development technology drying rapeseed and other grain cultures with using of late investigation on the domain of dry.

Аналіз літературних джерел свідчить, що найбільш поширений метод сушіння ріпаку є конвективний метод та комбінований метод (конвективно – контактний). Також можливе використання і інші методів (кондуктивний, контактний, вакуумний, радіаційний (сонячним), інфрачервоними променями, високочастотний, акустичний та інші) (1,2,3,4).

Сушіння конвективним методом можливо проводити різними способами в залежності від характеру шару: нерухомий шар, шар в псевдозрідженому стані, в віброкиплячому шарі та інші (2,5).

Для сушіння ріпаку насінневого призначення можливе використання: бункерів для вентилявання низькотемпературним теплоносієм (6), сушарку з активним вентиляванням з геліопідігрівом (7), шахтних зерносушарок для насінневого зерна (8), а також використання сучасних шахтних сушарок прямооточного (9,10) та рециркуляційного типу (1,3,10,11), карусельного (12) та колонкового типу (6,13,14,15,16).

На даний момент збільшення продуктивності діючих зерносушарок відбувається за рахунок збільшення робочого об'єму зерносушальної шахти та кількості агенту сушіння, підвищення параметрів агенту сушіння та інтенсифікація запропонованих режимів.

При реконструкції зерносушарок відбувається нарощування шахт по висоті, встановлення додаткових шахт (17,18), переведення двоходових сушарок в трьохзонні з приєднанням додаткових охолоджувальних

камер, групування сушальних агрегатів в один вузол.

За кордоном випускають сушарки безперервної дії різної продуктивності. Модулювання по продуктивності відбувається в більшості випадків по модульному принципу, що забезпечує високу уніфікацію конструкцій та максимальне задоволення потреб споживачів. Продуктивність змінюється при відповідному наборі стандартних секцій сушальної камери (наприклад, шахти з повітрянорозподільними коробами). В визначеному діапазоні продуктивність можна підвищувати при нарощуванні цих секцій по висоті шахти, а потім збільшується шляхом блокування декількох шахт (подвоєнні, вбудовані і т.ін.). Одношахтну сушарку, яку використовують для компонування сушальних агрегатів, умовно називають модулем. Розмір модуля вибирають по конструктивно – технологічним показникам з врахуванням зручностей при монтажі та обслуговуванні.

Фірма Ferrell – Ross (США) при виборі розмірів модуля сушарки Clipper (17) намагається забезпечити мінімальну питому металоємність конструкції. З збільшенням числа секції (тобто з збільшенням висоти шахти до визначеного рівня) знижує питому металоємність. Подальше нарощування секцій приводить до збільшенню металоємності (внаслідок необхідності створення конструкції стійкої до вітру).

Нижче приведені сушарки фірми Law (Франція), розкриває модульний принцип компонування сушарок шахтного типу (18).

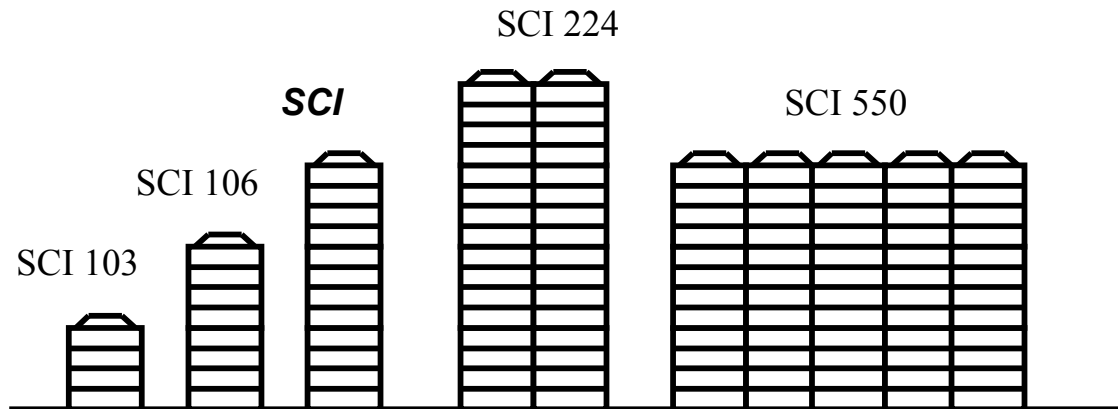


Рис. 1. Модульний принцип конструювання сушарок фірми Law (Франція)

Модель SCI 106 фірми Law (Франція) має місткість 16,5 т. Модель SCI 109 отримано шляхом нарощування трьох секцій місткістю по 2,1 т. кожна (місткість всієї сушарки – 22,8 т). Подальше збільшення місткості сушарки проводять шляхом об'єднання шахт: SCI 224 – 37,2 т., SCI 550 – 100 т

Також конструювання за модульним принципом відбувається і в колонкових сушарок в залежності від продуктивності.

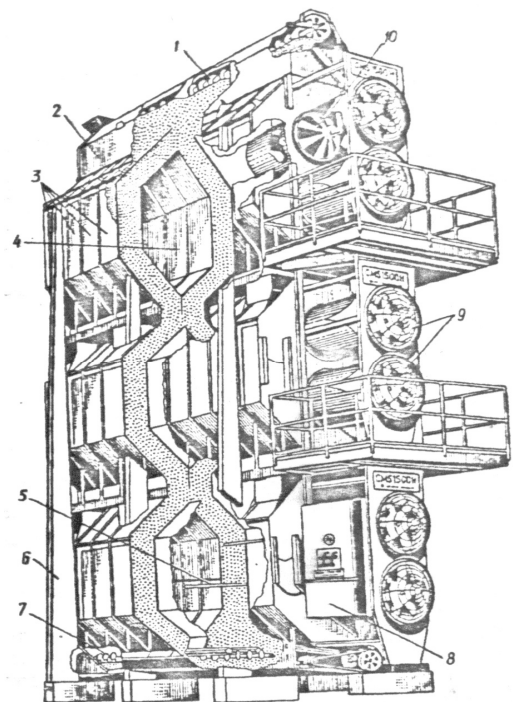
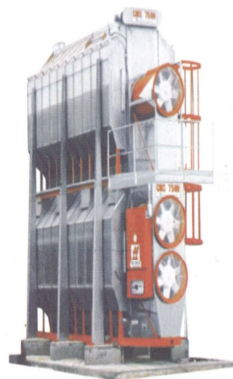
На рис. 2 а, б представлені сушарки фірми Farm Fans (13) в різному виконанні:

1. Сушильна установка з однією вентиляційною системою;

2. Сушильна установка з двома вентиляторами;

3. Сушильна установка складена з двох модулів: перший модуль – з одним вентилятором та другий модуль – з двома вентиляторами;

4. Сушильна установка складається з трьох модулів. Всі модулі оснащені двома вентиляторами.



а)

б)

Рис. 2. Зерносушарки фірми Farm Fans (США):

1 – розподільний шнек; 2 – надсушильний бункер; 3 – сітчасті колонки; 4 – простір для нагрітого повітря; 5 – датчики для вимірювання температури зерна; 6 – станина; 7 – розвантажувальний шнек; 8 – пульт керування; 9 – вентиляційні вузли; 10 – спалювання палива



На рис 2 б зерносушарка фірми Farm Fans (США) (3,13) складається з трьох модулів, кожен модуль є самостійною сушаркою з двома вентиляційними вузлами 9. Сушильний модуль складено з кількох сітчастих колонок 3, закріплених на станинах 6. Товщина зернового шару, що продувається, становить 350 мм. Стінки колонок виготовлено з сталюого оцинкованого сита з отворами \varnothing 2,4 мм. Довжина одного сушильного модуля дорівнює 6000 мм. У сушарці можна сушити або охолоджувати зерно або тільки сушити його з наступним охолодженням у силосі, що вентилується. Вологе зерно завантажують у надсушильний бункер 2, де знаходиться шнек

1, який розрівнює шар зерна і розподіляє його по довжині колонки. З бункера зерно спускається по двом колонкам. У простір 4 між ними нагнітається агент сушіння. Висушене зерно вивантажується з нижнього бункера. Продуктивність сушарки регулюють, змінюючи частоту обертання розвантажувального шнеку 7 за допомогою пульта керування 8. Датчики 5 служать для вимірювання температури зерна, а в камері 10 спалюється паливо.

Колонкові сушарки забезпечують більш високу питому подачу теплоносія (без виносу зерна), чим шахтні. Завдяки вільному руху зерна в колонках знижується можливість утворення застійних зон.

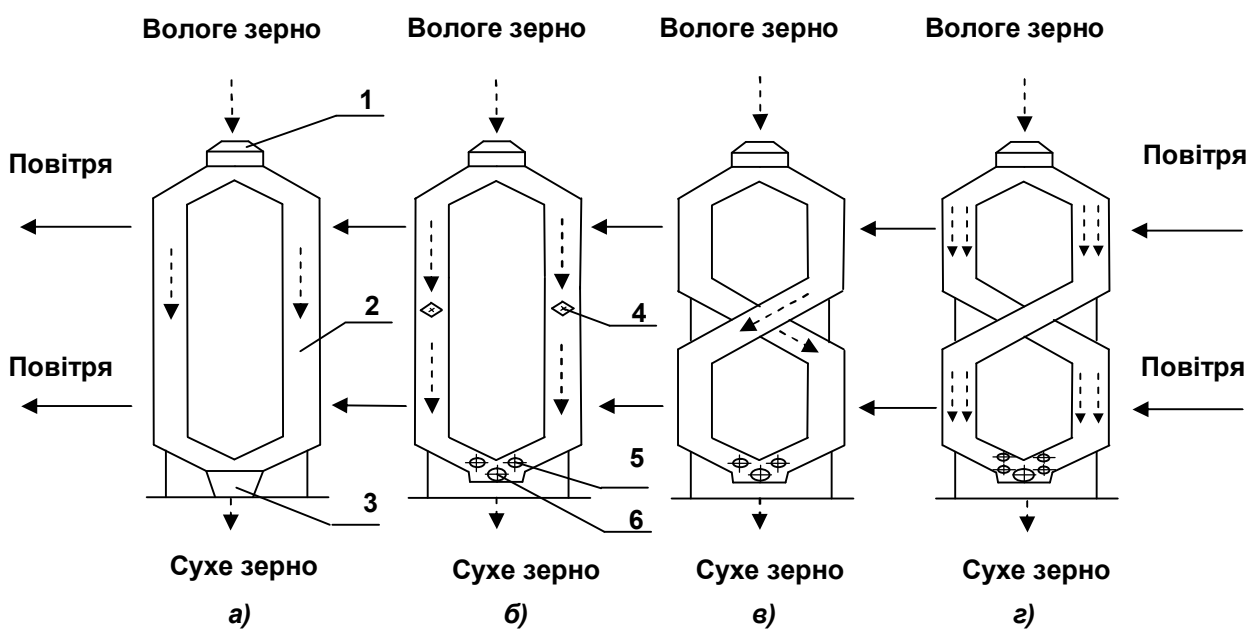


Рис. 3. Схеми вивантаження зерна з колонкових сушарок:
а) з простим вивантаженням зерна;
б) з інвенторами для перемішування зерна і двома дозуючими валками;
в) з хрестовидним рухом зерна і з двома дозуючими валками;
г) з хрестовидним рухом зерна і з чотирма дозуючими валками

Для підвищення рівномірності сушіння зерна в колоні були розроблені наступні конструктивні елементи:

На рис 3 представлені зерносушарки з різним вивантаженням зерна. На рис 3а. представлені колонкові сушарки з простим вивантаженням зерна при якому зерно рухається по колонам і на внутрішній поверхні колони відбувається пересушування зерна.

Тому для вирішення цієї задачі – недопустимість пересушування зерна були розроблені наступні системи вивантаження зерна.

На рис. 3.б. показана конструкція, яку запропонували Чижиков і Окунь (19) для використання в колонкових сушарках при вивантаженні зерна. Вона складається з двох

вертикальних колонок, в просторі між якими підводиться теплоносій від топкового пристрою. Колонка має перфоровані пробивні сита розташовані на відстані близько 300 мм один від одного. Між ними засипається зерно. Для сушіння в середній частині колонок встановлені перемішувачі зернового шару (інвектори). В нижній частині колонок зерно після нагрівання та висушування охолоджується зовнішнім повітрям, для вивантаження існують роторні вивантажувальні пристрої. За допомогою яких можна змінювати пропускну здатність сушарок.

На рис. 3. в – д представлені схеми вивантаження зерна фірми "Sukup". Розроблені конструкції дозволяють сушити зерно більш рівномірно без перегрівання. На рис.3. в, г – представлені хрестовидні схеми напрямку руху

зерна крізь зерносушарку, запобігає перегріву зерна та збалансовує рівень вологості. Відмінність схем в, г полягає в тому, що в першому випадку два дозуючих валка, а в другому чотири, за рахунок дозуючих валців можна регулювати швидкість руху зерна в колонах. Вивантаження зерна відбувається за допомогою шнекового пристрою. При двох дозуючих пристроях повністю не можливо позбутися можливості пересушування зерна, так як швидкість біля зовнішньої і внутрішньої поверхні залишається однаковою, тому відбувається регулювання руху зерна за рахунок зміни швидкості руху зерна біля внутрішній та зовнішній поверхні колони.

У зв'язку з великими витратами природного газу або рідкого палива, електроенергії в існуючих зерносушарках найбільш актуальне постає питання про використання в практиці енергозберігаючих технологій сушіння зерна с/г культур. Серед існуючих технологій можна виділити: сушіння зерна з використанням сонячної енергії, двохстадійне сушіння зерна та сушіння зерна з використанням теплонасосних установок.

Сушіння з використанням сонячної енергії. Широкі можливості для економії втрат палива в сільськогосподарській теплоенергетиці є використання енергії сонця. Для збирання і перетворення сонячної енергії в теплову використовують спеціальні пристрої – сонячні колектори. В сушильних установках, які працюють на сонячній енергії, в якості робочого тіла використовують повітря. З сонячних колекторів найбільше розповсюдження отримали плоскі та трубчасті колектори.

В США для встановлення сонячних колекторів використовують стіни та дахи бункерів для вентиляції та зберігання

зерна. З цією метою $\frac{2}{3}$ поверхні бункерів, які повернені на південь, фарбують чорною фарбою та накривають (з зазором) листами прозорого рифленого пластика. Повітря нагнітається або відсмоктується через простір між стіною і прозорим покриттям, підігрівається і подається в зернову масу. В дослідженнях площа сонячних колекторів, яка приходить на 1 т. зерна, змінювалась від 0,35 – 2,65 м². Повітря в день підігрівалося на 2,8 – 16,7°C (в середньому за добу на 0,55 – 3,3°C). Кожні 9,3 м² поверхні колектора забезпечували щодобове надходження енергії, еквівалентне в середньому 18,6 кВт ч електроенергії або рівне кількості теплоти, яке отримують при згорянні 2,5 л рідкого палива (6).

Двохстадійне сушіння зерна. Технологія двухстадійного сушіння зерна полягає в тому, що зерно після сушіння та відлежування в нагрітому стані охолоджують у вентиляційній ємності. При цьому питома витрата повітря значно менше, чим при охолодженні зерна в охолоджувачі сушарки.

Технологія двухстадійного сушіння та обладнання для його проведення передбачають послідовне виконання наступних операцій:

- висушування зерна при високих температурах в сушарках до вологості на 1,5 – 2% більше за кондиційну вологість, без його охолодження;
- відлежування нагрітого зерна в ємностях на протязі 5 – 10 годин;
- охолодження зерна навколишнім повітрям при його питомій подачі 40 – 70 м³/год. На протязі 6 – 12 годин з одночасним досушуванням зерна до кондиційної вологості.

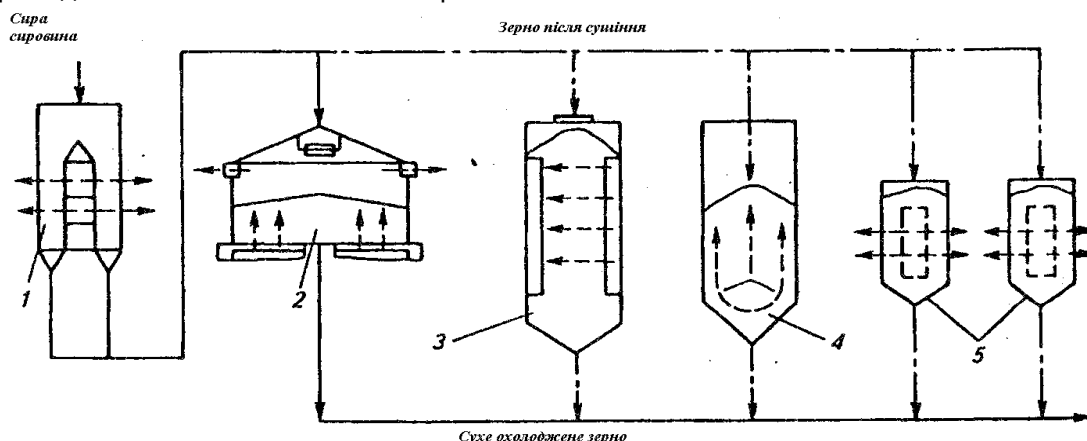
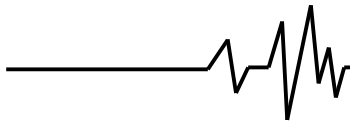


Рис. 4. Схема високотемпературного сушіння зерна з активним вентиляванням (двохстадійне сушіння):

- 1 – зерносушарка; 2 – склад; 3 – силос елеватора з горизонтальним розподіленням повітря; 4 – силос елеватора з вертикальним розподіленням; 5 – бункери активного вентилявання



У ВНІІ зерна були проведені дослідження технологій двостадійного сушіння зерна рису з використанням активного вентиляювання на стендових установках (рис.4).

Технологія двостадійного сушіння дозволяє покращити якість зерна, збільшити продуктивність зерносушарок на 21,6 – 23,5%, знизити витрати на паливо на 36,6% і електроенергії на 18,4%(20).

Сушіння з використанням теплонасосних установок.

Для сушіння зерна підготування сушильного агенту виконують, як правило в топках при використанні продуктів згорання дизельного палива, природного газу або підігрівання в калориферах. Це приводить до наступних небажаних явищ: забруднення продукту, нерациональному використанню підведеного до сушильного агенту теплоти, забрудненню навколишнього середовища.

Ці недоліки можна позбутися застосувавши інший ефективний спосіб підготовки сушильного агенту в тепловому насосі. Переваги теплових насосів містяться в споживанні малої кількості електроенергії в

порівнянні з отримуваної енергії у вигляді теплоти. Так, тепловий насос виробляє 4 кВт на годину теплоти на 1 кВт витраченої на його роботу електроенергії. Крім того, нагрітий в тепловому насосі сушильний агент не забруднюється і не зволожується.

Використання теплонасосних установок в процесі сушіння сільськогосподарських матеріалів набуває все більшого використання у зв'язку з постійним подорожчанням пального. Використовують сушильні установки не лише для сушіння зерна і кормів, їх широко почали використовувати в системах опалення, вентиляції та охолодження повітря в приміщеннях (21), для утилізації викидів теплоти з підвищенням температурного рівня, в сільському господарстві при вирощуванні овчів і фруктів в теплицях з використанням тепла підземних і поверхневих вод з джерел температурою 10 – 13°C, також використання теплових насосів можливо в процесі інкубації курячих яєць (22).

Описання процесу теплонасосної сушки зерна приводиться в роботах Гінзбурга, Стабнікова (23,24) та ін.

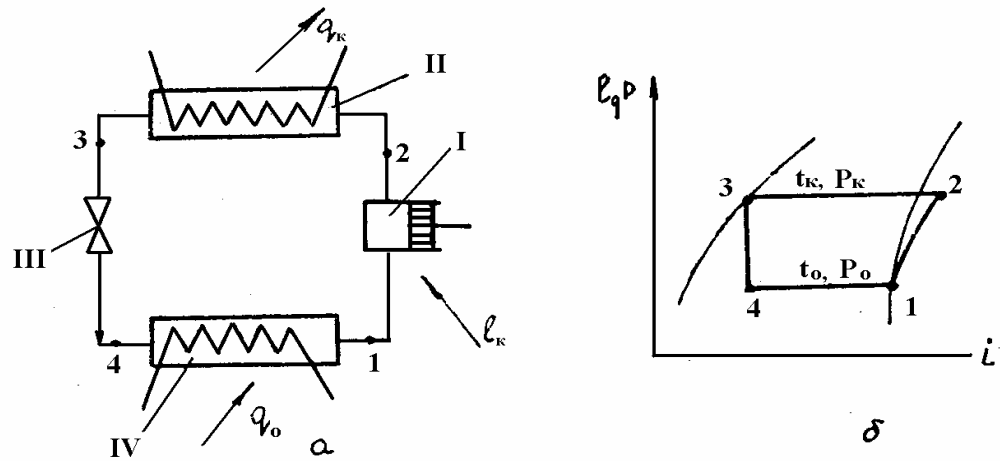


Рис. 5. Схема циклу теплового насосу (а) і побудова його процесів в діаграмі $\lg P - I$ (б):
I – компресор. II – конденсатор. III – регулюючий вентиль. IV – випарник.
1 – 2 – адіабатичне стиснення робочого середовища в компресорі;
2 – 3 – конденсація робочої речовини в конденсаторі;
3 – 4 – ізоентальпійне розширення робочої речовини в регулюючому вентилі;
4-1 – ізобарне кипіння робочої речовини у випарнику

Основними вузлами теплового насосу є компресор I, конденсатор II, регулюючий вентиль III і випарник IV, пов'язані між собою системою трубопроводів для циркуляції робочого тіла.

До робочого тіла підводиться низькопотенціальна теплота, яка з витратою

необхідної роботи в компресорі I перетворюється в теплоту більш високого потенціалу в конденсаторі IV. Від холодильних машин теплові насоси відрізняються призначенням (для нагрівання) та межами робочих температур.

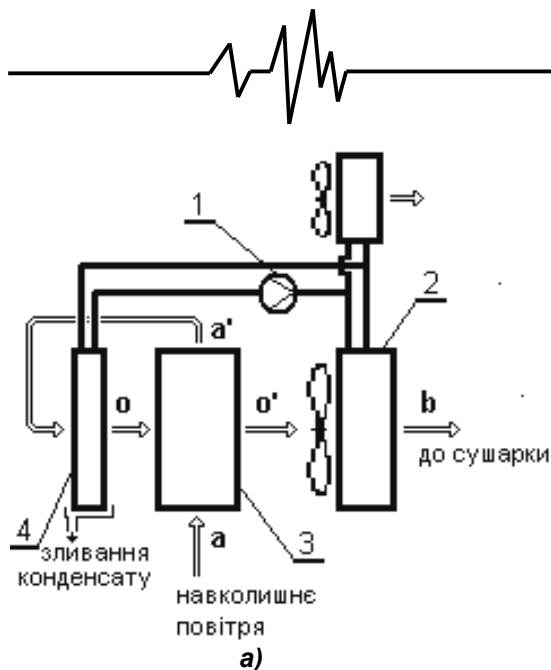


Рис. 6. Схема теплонасосної установки (а) та експериментальна установка для зерна (б):
1 – компресор; 2 – повітряний конденсатор; 3 – теплообмінник – рекуператор;
4 – випарник

На рис.6. представлена схема теплонасосної сушильної установки для сушіння зерна, яка розроблена в інституті технічної теплофізики НАН України(26). Робочим середовищем, який циркулює по трубам є фреон R22. Повітря з навколишнього середовища попередньо охолоджується в рекуперативному теплообміннику 3, надходить на випарник 4, де відбувається кінцеве охолодження повітря і надходить на рекуперативний теплообмінник 3 – попередньо

підігривається і в конденсаторі 2 – відбувається остаточний нагрів повітря. Нагріте повітря проходить крізь шар зерна, зволожується і виходить в навколишнє середовище.

Схема сушильної установки (27), яка працює з повним поверненням відпрацьованого сушильного агента і використовується теплонасосом для „перекачування” теплоти з нижнього температурного рівня на вищий (рис.7).

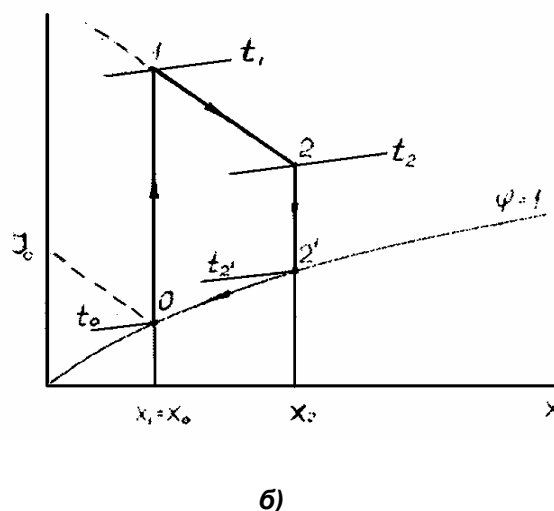
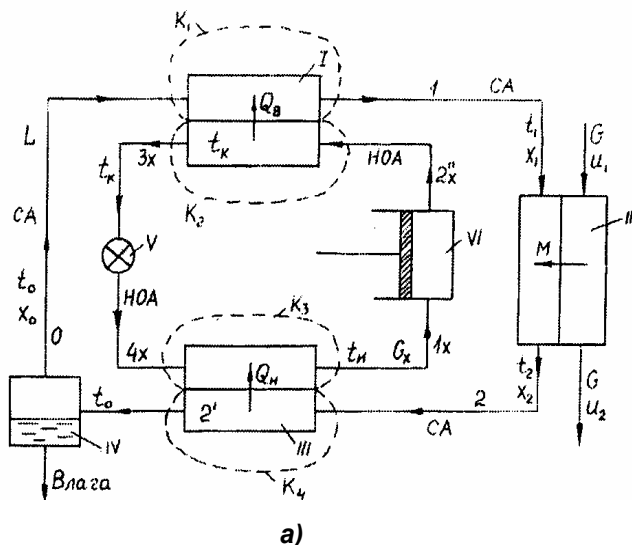
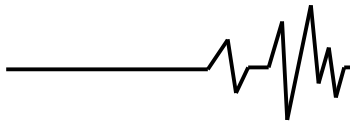


Рис. 7. Схема сушильної теплонасосної установки з повним поверненням відпрацьованого сушильного агента (а) та діаграма I – x (б):
I – калорифер(конденсатор); II – сушильна камера; III – охолоджувач(випарник); IV – сепаратор; V – дросельний вентиль; VI – турбокомпресор.
0 – 1 – нагрівання в калорифері; 1 – 2 – сушіння в сушильній камері; 2 – 2' – охолодження до лінії насичення; 2' – 0 – кінцеве охолодження на лінії насичення



Для видалення вологи від відпрацьованого сушильного агента потрібного його охолодити в випарник III до температури точки роси. Відокремлення вологи від насиченого сушильного агента відбувається в сепараторі IV. Відокремлений від крапель вологи сушильний агент надходить в конденсатор I, де нагрівається до стану 1 (лінія 0 – 1) і направляється в сушильну камеру II (лінія 1–2). Для зовнішнього контуру служить внутрішній контур по якому циркулює робоча речовина (нагріваючи – охолоджуючий агент). Після дроселювання конденсату робочої речовини за допомогою дросельного вентиля V до стану 4_x випарнику – охолоджувачі III відбувається випаровування робочої речовини

з отриманням сухої робочої пари 1_x. Пара стискується в компресорі до стану 2''_x, а потім охолоджується і конденсується (до стану 3_x в калорифері – конденсаторі, підігріваючи при цьому сушильний агент від температуру t_0 до температури t_1).

Для зневоднення продуктів, сушіння яких у відповідності з технологічним регламентом повинен проводитись в декількох секціях сушарок при різних температурах сушильного агента, а також для можливості сушіння двох різних продуктів, які вимагають різних температурних режимів розроблена теплонасосна сушарка з двосекційним конденсатором (25).

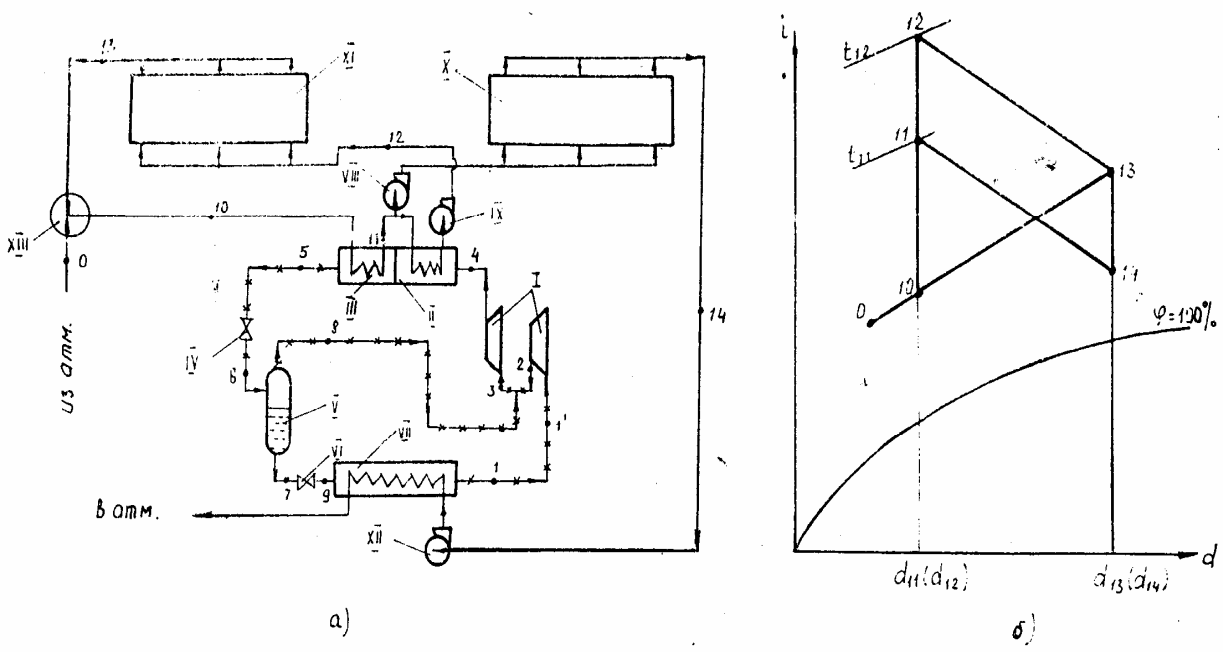


Рис. 8. Теплонасосна установка з двома температурними рівнями сушильного агента:
I – двоступеневий компресор; II, III – двосекційний конденсатор; IV, VI – регулюючий вентиль; V – проміжна ємність; VII – випарник; VIII, IX, XII – вентилятор; X, XI – сушарка; XIII – вузол змішування. – х – х – х – робоча речовина; — сушильний агент.
10 – 11, 12 – 13 – підігрівання сушильного агента відповідно в лівих і правих секціях конденсатора; 11– 14, 12 – 13 – зміна параметрів сушильного агента відповідно в сушарках X, XI; 0 – 10 – змішування відпрацьованого в сушарці XI повітря з атмосферним

Сушильний агент більш високого температурного потенціалу (для сушарки XI) підігрівається послідовно в секціях III і II конденсатора і направляється на сушарку XI, де зволожується і охолоджується. Відпрацьований сушильний агент, змішується з свіжою порцією повітря, осушується. Сушильний агент більш низького температурного потенціалу вентилятором VIII

направляється в сушарку X, а потім в випарник VII для рекуперації теплоти, що дозволяє проводити процес кипіння робочої речовини при більш високій температурі.

Комплексне використання теплонасосної установки. Для сушіння та охолодження продуктів можуть використовуватись комплексні теплонасосні установки (рис.9).

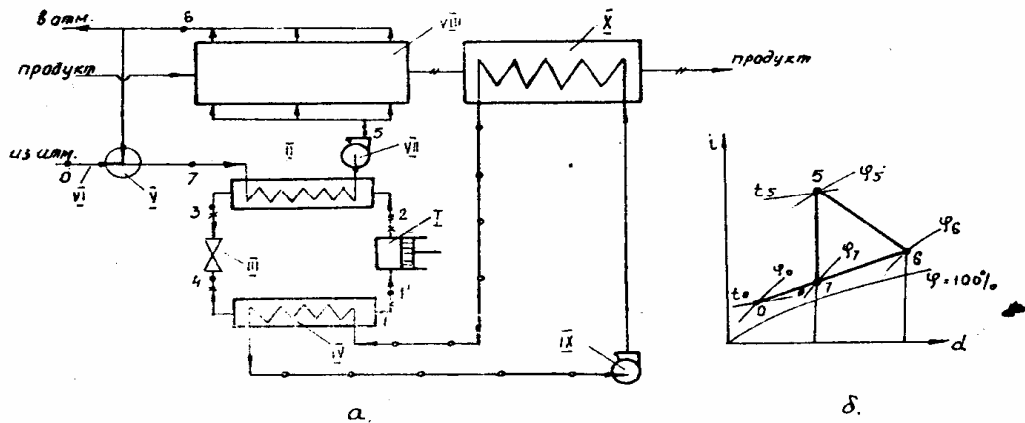
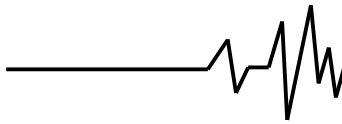


Рис. 9. Теплові насоси для сушіння та охолодження продуктів:

I – компресор; II – конденсатор; III – регулюючий вентиль; IV – випарник; V – вузол змішування; VI – патрубок введення атмосферного повітря; VII, IX – вентилятори; VIII – сушарка; X – охолоджувач висушеного продукту; — — — сушильний агент; -х-х- – робоча речовина; — о — о — — — проміжний холодоносіій; 0 – 7, 7 – 5 – підігрівання сушильного агента до необхідної температури відповідно в вузлі змішування V і конденсаторі II; 5 – 6 – охолодження та зволоження сушильного агента в сушарці VIII

Підігрітий при охолодженні конденсатора II повітря вентилятором VII направляється в сушарку VIII, де зволожується. Відпрацьований сушильний агент виводиться з сушарки VIII, частково змішується з атмосферним повітрям, яке підводиться по патрубку VI, і повертається в конденсатор II. Охолодження за рахунок

кипіння холодоагенту в випарнику IV повітря направляється вентилятором IX в охолоджувач X, де підігрівається, охолоджуючи продукт, після чого повертається в випарник IV.

Використання сонячної енергії в парокompресорній теплонасосній установці.

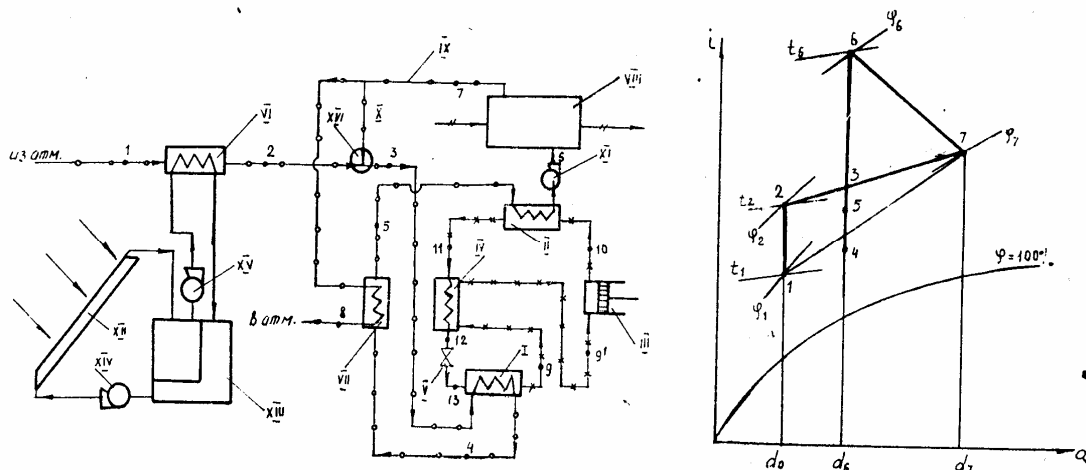
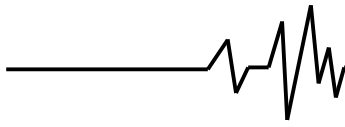


Рис. 10. Парокompресорна теплонасосна установка з сонячним підігрівачем:

I – випарник; II – конденсатор; III – компресор; IV – регенеративний теплообмінник; V – регулюючий вентиль; VI – підігрівач; VII – рекуперативний теплообмінник; VIII – сушарка; IX – лінія відведення відпрацьованого сушильного агента; X – лінія відведення рециркуляційного потоку сушильного агента; XI – вентилятор; XII – сонячний підігрівач; XIII – бак – акумулятор; XIV, XV – насоси; XVI – вузол змішування; — о — о — о — сушильний агент; -х-х-х- робоча речовина; — — — проміжний теплоносіій; -//-//-//– продукт, що сушиться; 1-2, 2-3 – нагрівання сушильного агента у підігрівачі I при змішуванні з рециркулюючим потоком у вузлі змішування XVI; 3-4 – охолодження сушильного агента у випарнику; 4-5, 5-6 – нагрівання сушильного агента до потрібної температури в рекуперативному теплообміннику VII і конденсаторі II; 6-7 охолодження і зволоження сушильного агента у сушарці



Розглянемо схему парокompресорної установки із сонячним нагрівачем. У ньому сонячна енергія використовується для підвищення температури кипіння робочої речовини у випарнику теплового насосу.

Атмосферне повітря подається у підігрівач VI, нагрівається теплоносієм, який поступає із сонячного підігрівача XII, після чого змішується з рециркулюючою частиною відпрацьованого сушильного агента. При цьому підігрівач VI і поступає у випарник I. За рахунок відведення теплоти з повітря відбувається кипіння робочої речовини теплового насосу. Із випарника I повітря направляється у рекуперативний теплообмінник VII, де підігрівач за рахунок рекуперації теплоти викидної частини сушильного агента, потім надходить у конденсатор II, у якому нагрівається до температури, регламентованої вимогами до сушіння продукту, після чого вентилятором XI направляється в сушарку VIII, де зволожується і охолоджується. Повітря яке виходить з сушарки VIII розділяється на дві частини, одна з яких викидається в атмосферу через рекуперативний теплообмінник VII, друга частина сушильного агента направляється на змішування з повітрям по відводу X. Із баку-акумулятора XIII теплоносієм насосом XIV подається в сонячний підігрівач XII, підігрівач VI і повертається у бак-акумулятор XIII. Підігрівач XII теплоносієм з баку-акумулятора XIII насосом XV подається у підігрівач VI, де охолоджується за рахунок нагрівання сушильного агента, і повертається у бак-акумулятор XIII.

В інституті технічної теплофізики НАН України запропонована сушарка для сушіння зерна в шахтній зерносушарці, яка складається з 3 – х зон сушіння та зони охолодження (28). Цікавість цієї роботи в тому, що для сушіння зерна в I зоні використовують тепло вихідних газів, в II зоні тепло яке відводиться через систему охолодження двигуна, в III зоні використовують інжектор – змішувач гарячого і холодного повітря. Підігрівання повітря відбувається з допомогою циклу теплонасосних установок.

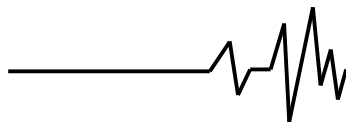
Алгоритм керування двоступеневої процесу сушіння в двоступеневій теплонасосній установці представлено в роботі Шецова А.А. (29).

Використання сучасних екологічно безпечних робочих речовин в теплонасосних сушильних установках представлено в роботах Калніна І. М. (30,31). Визначення раціональних процесів осушування волого повітря в роботі Шецова А.А.(32).

Висновки. В статті представлені можливе застосування альтернативних джерел енергії в процесі сушіння зерна з використанням двостадійного, сонячного та теплонасосного видів сушіння, також показані сучасне модулювання шахтних та колонкових сушарок за продуктивністю, які на сьогодні набули найбільшого розповсюдження.

Література

1. Гержой А.П., Самочетов Н.Ф. Зерносушение и зерносушилки.- М.: Колос, 1967.– 255 с.
2. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов.-М.: Пищевая промышленность, 1973. – 528 с.
3. Станкевич Г.М., Страхова Т.В., Атаназевич В.І. Сушіння зерна. Підручник. К.: Либідь, 1997 – 352 с.
4. Лыков А.В. Теория сушки.- М.: Энергия, 1968. – 352 с.
5. Берник П.С., Паламарчук И.П., Зозуляк И.А. Анализ конструкций вибрационных сушилок для сыпучей сельскохозяйственной продукции// Вібрація в техніці та технологіях. – 1998. – №2. с. 14 – 20.
6. Окунь Г.К., Чижиков А.Г. Тенденции развития технологии и технических средств сушки зерна. М.: ВНИИТЭИагропром, 1987. – 52 с.
7. Шароглазов В. Сушильная установка с активным вентилярованием.// Сельский механизатор. – 2006. – № 6. с. 12 – 13.
8. Бардышев Г. Сушилка для семенного зерна.// Мукомольная и элеваторная промышленность. – 1959. – №1. с. 32.
9. АРАJ. Проспект фірми АРАJ (Польша). Міжнародна виставка “УкрАГРО – 2007”.
10. Карловский машиностроительный завод. Проспект фірми. Міжнародна виставка “УкрАГРО – 2007”.
11. Гришин М.А., Атаназевич В.І., Семёнов Ю.Г. Установки для сушки пищевых продуктов: Справочник. – М.: Агропромиздат, 1989. – 215 с.
12. Карусельная сушилка.// Комбикорма. – 2003. – №7. с.19.
13. Farm Fans. Проспект фірми Farm Fans (США). Міжнародна виставка “УкрАГРО – 2007”.
14. Delux. Continuous Flow Grain Dryers. Проспект фірми Delux MFG., Co. (США). (ЦОСИФ ВНИИТЭИагропром, И – 694).
15. Mathews . Проспект фірми Mathews Co. (США). Міжнародна виставка “УкрАГРО – 2007”.



16. Sukup. Проспект фірми Sukup MFG., Co. (США). Міжнародна виставка "УкрАГРО – 2007".

17. Clipper – Randolph Dryers. Проспект фірми Ferrell – Ross (США). (ЦОСИФ ВНИИТЭИагропром, И – 692).

18. Law. Sechoirs Continus Industriels. Проспект фірми Law (Франція). (ЦОСИФ ВНИИТЭИагропром, И – 701).

19. А.Чижиков, Г.Окунь, ВНИИ механизации сельского хозяйства. Оборудование для сушки зерна// Комбикормовая промышленность – 1996. – №2. – с.12 – 14.

20. Сорочинський В. Эффективный способ двухстадийной сушки зерна// Комбикормовая промышленность – 1996. – №4. – с. 17 – 18.

21. Кокорин О.Я., Волков А.А., Юдин А.П. Энергосберегающие системы отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха с теплонасосной установкой// Холодильная техника – 2007. – №5. – с.14 – 15.

22. Файнзильбер Э.М. Теплонасосные установки в сельском хозяйстве. Обзорная информация. – М.: Холодильная техника, 1987, №7.

23. Гинзбург А.С. Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности. – М: Агропромиздат, 1985. – 336с.

24. Стабников В.Н., Лысянский В.М., Попов В.Д. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: Агропромиздат, 1985. – 503с.

25. Чайченец Н.С. Теплонасосные сушильные установки для зерна. Обзорная

информация. Серия «Элеваторная промышленность». М.: ЦНИИТЭИ, с. 1– 52.

26. Снежкін Ю.Ф., Чалаев Д.М., Лаврін В.С., Шапар Р.О., Хавін О.О., Дабіжа Н.О. Використання теплових насосів у процесах сушіння// Пром. теплотехніка. – 2006. – т.28, №2 – с.106 – 110.

27. Захаров М.К. Об эффективности применения тепловых насосов в процессах сушки влажных материалов// Химическая промышленность – 2002. – № 9. – с. 1 – 5.

28. Снежкін Ю., Чалаев Д., Шапар Р., Уланов М., Шаврін В. Є уже й теплонасосні. Цю правда, експериментальні// Зерно і хліб. – 2006. – №3 – с.40 –41.

29. Шевцов А.А., Дранников А.В., Крячко А.В. Алгоритм управления процессом сушки термостабильных материалов в двухступенчатой теплонасосной сушильной установке//Хранение и переработка сельхозсырья – 2006. – №10. – с. 79 – 80.

30. Калнинь И.М., Васютин В.А., Пустовалов С. Б. Условия эффективного применения диоксида углерода в качестве рабочего вещества тепловых насосов// Холодильная техника – 2003. – №7. – с.8 – 12.

31. Калнинь И.М., Савицкий А.И., Пустовалов С.Б. Тепловые насосы нового поколения. использующие экологически безопасные рабочие вещества// Холодильная техника – 2007. – №1. – с. 47 – 49.

32. Шевцов А.А., Дранников А.В., Лыткина Л.И, Бритиков Д.А. Определение рациональных параметров процесса осушения влажного воздуха в испарителе теплонасосной установки//Хранение и переработка сельхозсырья – 2006. – №12. – с. 77 – 79.