

DEVELOPMENT OF BRICE-BACKER GRAIN DRYER WITH RECUPERATION ON COMBINED FUELS**H. Tkachenko, L. Novak, I. Ulyanych, O. Yermeeva**

Uman National University of Horticulture, Ukraine

**Key words:**dryer,
recuperation,
brice-baker,
KMZ industries,
alternative fuels**Article history:**

Received 29.04.2020

Accepted 28.05.2020

Corresponding author:tkachenkogenady@
gmail.com**ABSTRACT**

The article presents the results of full-scale tests of the experimental grain dryer BRICE-BAKER SCN-18/48 manufactured by KMZ industries with recuperation of hot air in combination with an experimental heat generator on alternative fuels produced by ON-STATE LLC. Ways to use alternative types of fuel for grain drying were presented in the article. Technical-and-economic grounds, technological scheme and working projects of a grain drying BRICE-BAKER SCN-18/48 and heat generator TPG-1/100 for combustion of fuel chips, pellets were developed. Injection of recuperative hot air “non-working” zones into the hot air distribution channels open on both sides solves two problems: minimal changes in the design of the grain dryer and condensate removal. In each section there are two rows of inlet and two rows of outlet air distribution channels. Two sections with through air distribution channels will provide recuperation of four sections of a drying zone without increase in speed of hot air and “removal” of easy impurity of grain mass. The efficient operation of the TPG-1/100 heat generator with an inertial filter provided the required volume of hot air without sparks and grain without the smell of smoke. No signs of moisture condensation were detected in the “non-working” zone. The recuperation system with the nominal capacity of the fans ensures the mixing of the hot air, so that the temperature difference does not exceed 6.5°C.

<https://doi.org/10.36910/agromash.vi44.305>

УДК 631.365:664.723

РОЗРОБКА ЗЕРНОСУШАРКИ BRICE-BAKER З РЕКУПЕРАЦІЄЮ НА КОМБІНОВАНИХ ВИДАХ ПАЛИВА

Г.В. Ткаченко, Л.Л. Новак, І.Ф. Улянич, О.А. Єремєєва

Уманський національний університет садівництва, Умань, Україна

У статті наведено результати виробничих випробувань експериментальної зерносушарки BRICE-BAKER SCN-18/48 виробництва “KMZ industries” із повторним використанням робочих газів у поєднанні із дослідним теплогенератором на альтернативних видах палива виробництва ТОВ “ОН-СТЕЙТ”. Також у статті представлені способи використання альтернативних видів палива для сушіння зерна. Найпоширенішими видами альтернативних видів палива є органічні відходи від вирощування та переробки сільськогосподарських культур (солома, відходи очищення зерна, лушпиння соняшнику), а також деревина (колоди, стружка деревини, тріска, гранули). Розроблені техніко-економічні основи, технологічна схема та робочі проекти зерносушарки BRICE-BAKER SCN-18/48 та теплогенератора ТПП-1/100 для спалювання паливних трісок і гранул. Нагнітання у відкриті із обох сторін газорозподільні короби зони “відлежування” рекупераційних газів вирішує дві проблеми: мінімальні зміни конструкції зерносушарки та видалення конденсату. У кожній секції розташовані два ряди підвідних та два ряди відвідних коробів. Дві секції з наскрізними коробами забезпечують рекуперацію чотирьох секцій зони сушіння без підвищення швидкості робочих газів та “виносу” легких домішок зернової маси. Ефективна робота теплогенератора ТПП-1/100 з інерційним фільтром забезпечує необхідний об’єм робочих газів без іскор та зерно без запаху диму. У зоні “відлежування” жодних ознак конденсації вологи не виявлено. Система рекуперації з номінальною продуктивністю вентиляторів забезпечує змішування робочих газів таким чином, що різниця температур не перевищує 6,5°C.

Ключові слова: сушарка, рекуперація, BRICE-BAKER, KMZ industries, альтернативні види палива.

Стан питання та постановка проблеми

Зниження собівартості сушіння істотно впливає на рентабельність роботи всього зернопереробного підприємства, особливо ураховуючи необхідність технологічного сушіння сої до 8% для переробки на олію

[1 – 3]. Вибір зерносушарки для будівництва другої черги елеватора на базі олієпресового заводу ТОВ АФ “Відродження” (с. Громада, Любарський район, Житомирська область, Україна) відбувався серед обладнання вітчизняних виробників. У 2017 році почала діяти державна програма відшкодування 20% (у 2018 р. – 25%) вартості обладнання вітчизняних товаровиробників, до якої було включено зерносушарки “KMZ industries” та “LUBNYMASH”. Позитивні відгуки керівництва агрохолдингу “Alebor group” та гнучкий підхід до клієнта менеджерів Карлівського машинобудівного заводу схили до вибору зерносушарки BRICE-BAKER “KMZ industries”. Зерносушарка має надійну модульну конструкцію, що дозволяє обрати необхідну продуктивність від 9,5 до 300 т/год. Система пиловидалення сушарки запобігає втратам маси легких домішок та відповідає жорстким екологічним нормам. Основним недоліком сушарки є відсутність рекуперації (повторного використання відпрацьованих робочих газів). Для вирішення цієї проблеми було розроблено проєкт зерносушарки BRICE-BACKER із рекуперацією [4].

Питання, що необхідно вирішити для створення рекуперації:

1. Мінімальні зміни в конструкції зерносушарки BRICE-BAKER SCN-18/48.

2. Падіння продуктивності витяжних вентиляторів, за умови роботи твердопаливного теплогенератора із більшим аеродинамічним опором, знизить швидкість агента сушіння (АС) та його втрати (допустимо). Використання додаткових вентиляторів рекуперації покращить режим роботи витяжних.

3. Передбачити додаткові перегородки у каналах відпрацьованих робочих газів зони охолодження для організації “відлежування” і зміни кількості секцій рекуперації в зоні сушіння та охолодження.

4. Передбачити жалюзі із приводом для вентиляторів рекуперації (закриття в момент вивантаження зерна для запобігання “виносу” легких домішок зернової маси).

5. Передбачити шиברי на газовий пальник та твердопаливний теплогенератор.

6. Зменшення перерізу камери подачі АС за рахунок каналу рекуперації зумовить зниження швидкості АС у нижній частині зони сушіння (допустимо).

7. Збірна конструкція зерносушарки передбачає ребра жорсткості, які створюють додатковий аеродинамічний опір в каналі рекуперації. Канал рекуперації у вигляді “перегородки” на ширину зерносушарки додає міцності конструкції, полегшить його виготовлення на заводі та

знизить втрати тиску робочих газів у ньому. За можливості розширити канал подачі АС за рахунок збільшення зовнішніх розмірів сушарки.

8. Два радіальних вентилятори рекуперації (по одному в кожному модулі) забезпечать однакову швидкість робочих газів за всією шириною зерносушарки.

У більшості відомих зерносушарок канал рекуперації проходить між підлогою та розвантажувальним механізмом, що ускладнює доступ до нього, а також вимагає герметичної ізоляції, значної зміни конструкції зерносушарки. Позитивний досвід експлуатації сушарки ДСП-32-2М [3, 5] із зонами “відлежування” довів необхідність мінімальної подачі робочих газів у газорозподільні коробки з метою недопущення утворення конденсату. Проте, навіть за незначного нагрівання поверхні зерна у зоні “відлежування” знижується інтенсивність термовологопереміщення в середині зерна. Невеликі отвори у глухих стінках газорозподільних коробів зони сушіння у заводському виконанні ефективно видаляють конденсат, але призводять до непродуктивних витрат АС.

Мета дослідження – дослідити процес змішування топкових газів та робочих газів повторного використання; встановити можливість теплогенератора ТПП-1/100 забезпечили необхідний об’єм робочих газів та їх якість для сушіння зерна без запаху диму; дослідити можливість утворення конденсату в зоні “відлежування”.

Матеріали і методи

Зерносушарка BRICE-BAKER SCN-18/48 (за зниження вологості пшениці з 19% до 14% її продуктивність 100 т/год.) із рекуперацією на комбінованих видах палива має газові пальники та теплогенератор на альтернативних видах палива (паливна тріска або гранули) ТПП-1/100 (10 МВт), ТОВ “ОН-СТЕЙТ” (Дніпро, Україна).

Автоматизація сушарки виконана субпідрядником “KMZ industries” – ООО “СИСЭЙТИ” (Білорусь) на основі технологічного алгоритму Г.В. Ткаченка. Алгоритм виконується контролерами Schneider Electric (Франція). Датчики вологості зерна в потоці на вході та виході продукту виробництва ДНВП “Ельдорадо” (Дніпро, Україна). Датчики відносної вологості робочих газів Galltec+Mela КРС3.S/5 (7 шт., Німеччина). Термоперетворювачі Pt100 ПАТ “ТЭРА” (Чернігів, Україна). Панель оператора, частотні перетворювачі, кабельно-провідникова продукція виробництва фірми Schneider Electric (Франція). Під час дослідження проводили сушіння партії зерна кукурудзи фуражного призначення зі зниженням вологості від 19,0...21,0% до 14,5...15,0%.

Результати дослідження та обговорення

Нагнітання у відкриті з обох сторін газорозподільні коробки зони “відлежування” рекупераційних газів вирішує дві проблеми: мінімальні зміни конструкції зерносушарки та видалення конденсату.

У кожній секції розташовані два ряди підвідних та два ряди відвідних коробів. Дві секції із наскрізними коробами забезпечать рекуперацію чотирьох секцій зони сушіння без підвищення швидкості робочих газів. Використання наскрізних коробів із швидкістю руху робочих газів, що не перевищує швидкість в інших, не призведе до “виносу” легких домішок зернової маси.

Схема роботи зерносушарки у базовому режимі представлена на рис. 1, а. Шахта зерносушарки містить зону сушіння, зону “відлежування” із наскрізними коробами та зону охолодження. Передбачено можливість одночасної роботи зерносушарки із твердопаливним теплогенератором. У сушарці об’єм робочих газів регулюють клапаном, а шиберами встановлюють об’єм атмосферного повітря, що надходить до газового пальника. Нерухома перегородка відокремлює робочі гази зони сушіння та рекуперації. Додаткові втрати тиску, що виникають у наскрізних коробах, компенсуються встановленням радіального вентилятора. Оскільки в зоні “відлежування” зерна всі коробки відкриті з обох боків шахти, їхня кількість дорівнює кількості відвідних коробів у чотирьох секціях зони сушіння, тому швидкість робочих газів у коробах зони сушіння та “відлежування” однакова. Жалюзійною решіткою регулюють швидкість робочих газів, не допускаючи “виносу” продукту із шахти. Під час відкриття розвантажувального пристрою жалюзійна решітка закрита. За роботи у базовому режимі нижня рухома перегородка знаходиться у верхньому положенні, а зона охолодження максимальна і складається із чотирьох секцій. За необхідності схему роботи зерносушарки у базовому режимі можна модифікувати. Схема роботи зерносушарки у режимі без рекуперації зображена на рис. 1, б. За сушіння насіння соняшнику виникає необхідність відмовитися від рекуперації робочих газів із зони охолодження та сушіння для попередження виникнення пожежі. Вентилятор рекуперації робочих газів зупиняють та закривають жалюзійну решітку. Демонтують верхню рухома перегородку. Робочі гази із зони охолодження пропускаються через наскрізні коробки зони “відлежування”.

Схема роботи зерносушарки у режимі без рекуперації робочих газів зони сушіння представлена на рис. 2, а. Верхню рухома перегородку встановлюють між зоною сушіння та “відлежування”. Відпрацьовані робочі гази зони сушіння видаляються із сушарки без рекуперації.

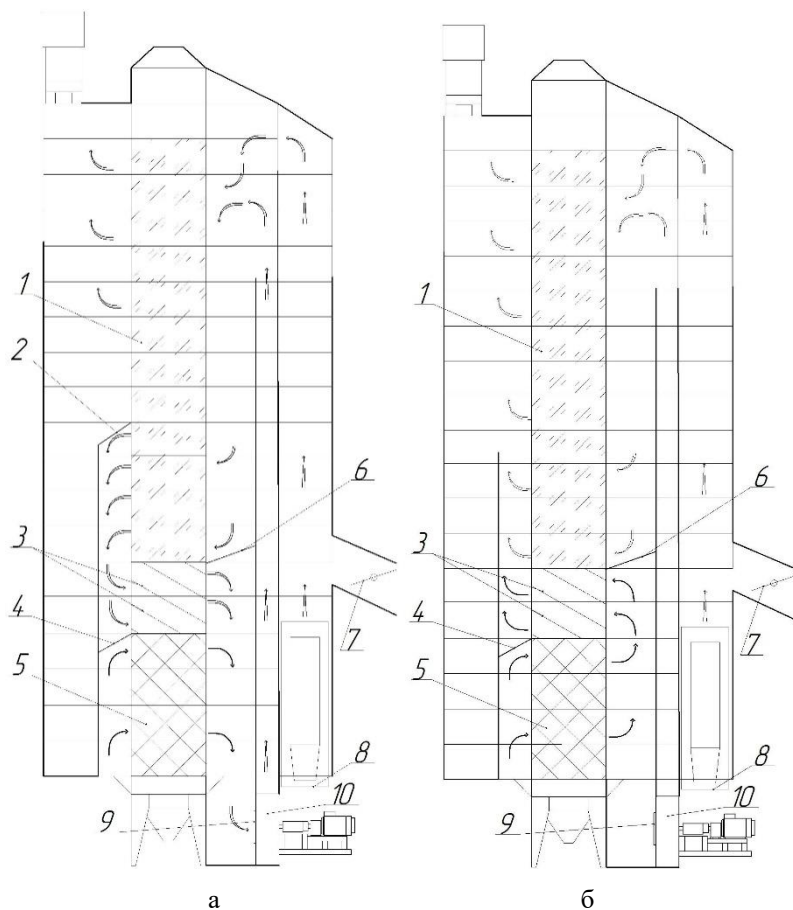


Рис. 1 – Шахтна зерносушарка BRICE-BAKER SCN-18/48 із повторним використанням робочих газів:
 а – базовий режим; б – режим без рекуперації:
 1 – зона сушіння; 2 – зона “відлежування”; 3 – наскрізні короби;
 4 – рухома перегородка; 5 – зона охолодження;
 6 – нерухома перегородка; 7 – клапан; 8 – шибер;
 9 – жалюзійна решітка; 10 – радіальний вентилятор

Нижня рухома перегородка встановлена між зонами “відлежування” та охолодження. Робочі гази зони охолодження вентилятором рекуперації подаються у зону нагрівання. Усі короби

зони “відлежування” відкриті з обох боків, тому навіть незначний потік робочих газів ефективно видаляє конденсат з їхніх стінок.

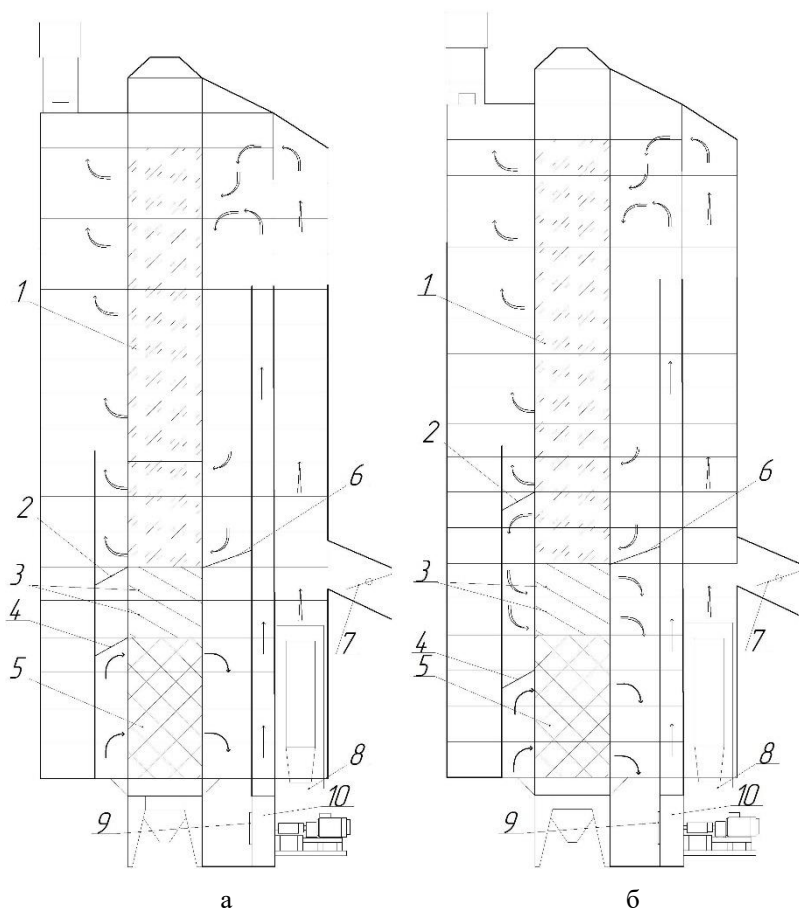


Рис. 2 – Шахтна зерносушарка BRICE-BAKER SCN-18/48

з повторним використанням робочих газів:

а – режим без рекуперації робочих газів зони сушіння;

б – зі збільшеною зоною “відлежування”:

1 – зона сушіння; 2 – рухома перегородка; 3 – наскрізні короби;

4 – рухома перегородка; 5 – зона охолодження;

6 – нерухома перегородка; 7 – клапан; 8 – шибер;

9 – жалюзійна решітка; 10 – радіальний вентилятор

Схема роботи зерносушарки у режимі зі збільшеною зоною “відлежування” представлена на рис. 2, б. У холодну пору року для охолодження достатньо двох або трьох секцій. Нижньою рухомою перегородкою відокремлюють необхідну кількість секцій, незадіяні секції збільшують зону “відлежування”.

Поєднання у різних комбінаціях окремих елементів режиму роботи дозволяє оптимально налаштувати зерносушарку відповідно до зовнішніх умов та продукту сушіння.



Рис. 3 – Монтаж зерносушарки BRICE-BAKER SCN-18/48

Пуско-налагоджувальні роботи відбувалися із використанням твердопаливного теплогенератора із підвищеною потужністю 10 МВт та додатковими вентиляторами початкового запуску (рис. 3). Відсутність іскор на виході із інерційного фільтру фіксувалася візуально у темну пору доби. Неповне перекриття шиберів перемикання зі “стартових” вентиляторів теплогенератора на вентилятори зерносушарки стало причиною нерівномірного розподілу робочих газів у першу та другу шахти (рис. 4). Нерівномірність була найбільшою для чотирнадцятої секції за частоти 30 Гц та 40 Гц – $+10,6^{\circ}\text{C}$ та $+10,9^{\circ}\text{C}$ (рис. 5) і дещо знизилась із підвищенням продуктивності вентиляторів рекуперації ($+6,7^{\circ}\text{C}$).

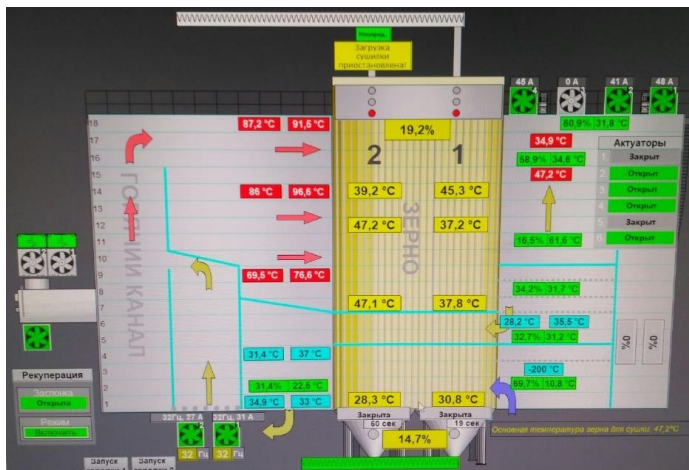


Рис. 4 – Автоматизоване робоче місце оператора зерносушарки BRICE-BAKER SCN-18/48

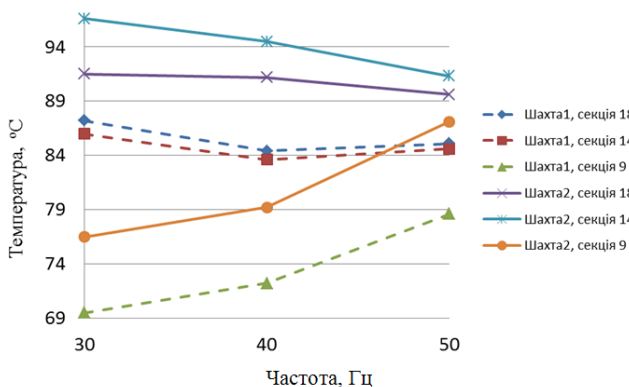


Рис. 5 – Залежність температури робочих газів зони сушіння від частоти струму двигунів рекуперації

Рекупераційні гази мають високий вміст органічного пилу, що може легко займатися в полум'ї пальника, тому їх краще домішувати до топкових газів на максимальній відстані від факелу. Але за таких умов зменшується період часу для перемішування топкових та рекупераційних газів. За низьких обертів вентилятора рекуперації спостерігалася велика різниця у температурі робочих газів за висотою

зони сушіння – 17,7°C та 15°C у першій та другій шахті відповідно. Підвищення продуктивності вентилятора знижувало цю різницю до 6,5°C та 4,2°C у першій та другій шахті відповідно.

Слабкий запах диму відчувався у пробах відібраних безпосередньо із розвантажувального механізму зерносушарки лише за нагрівання водяною парою у лабораторії. У пробах, відібраних за дві доби після сушіння із силосу, запаху диму не виявлено.

Висновки

Виробничі випробування зерносушарки BRICE-BAKER SCN-18/48 із рекуперацією робочих газів за умови використання паливних гранул із лузги соняшнику довели ефективність запатентованої корисної моделі. Ефективна робота теплогенератора ТПП-1/100 із інерційним фільтром забезпечили необхідний об'єм робочих газів без іскор та зерно без запаху диму. У зоні “відлежування” жодних ознак конденсації вологи не виявлено. Система рекуперації із номінальною продуктивністю вентиляторів забезпечує змішування робочих газів, таким чином, що різниця температур не перевищує 6,5°C.

Список посилань

1. Патент №110506 UA, МПК C11B1/04, A23P30/20. Спосіб підготовки насіння сої дробленням для вилучення олії екструзією з наступним пресуванням / Марцун О. М., Осокіна Н. М., Янюк Т. В., Ярошенко В. В., Ткаченко Г. В.; заявл. 14.04.2016; опубл. 10.10.2016; Бюл. №19, 2016 р.
2. Патент №110507 UA, МПК C11B1/04, A23P30/20. Спосіб підготовки насіння сої площенням для вилучення олії екструзією з наступним пресуванням / Марцун О. М., Осокіна Н. М., Янюк Т. В., Ярошенко В. В., Ткаченко Г. В.; заявл. 14.04.2016; опубл. 10.10.2016; Бюл. №19, 2016 р.
3. Патент №139774 UA, МПК F26B 17/00. Спарена шахтна зерносушарка з одним топковим відділенням / Марцун О. М., Осокіна Н. М., Скобленко В. П., Ярошенко В. В., Ткаченко Г. В.; заявл. 21.05.2019; опубл. 27.01.2020; Бюл. №2, 2020 р.
4. Патент №139775 UA, МПК F26B 17/00. Шахтна зерносушарка з повторним використанням робочих газів / Марцун О. М., Осокіна Н. М., Улянич І.Ф., Ярошенко В. В., Ткаченко Г. В.; заявл. 21.05.2019; опубл. 27.01.2020; Бюл. №2, 2020 р.
5. Ткаченко, Г. В. Експлуатація одного топкового відділення з двома зерносушарками ДСП-32 для сушіння насіння сої / Г. В. Ткаченко, Л. Л. Новак, Н. М. Осокіна // Хранение и переработка зерна. – 2017. – №6.– С. 30–35.