

## **ОБГРУНТУВАННЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОГО ЖИВЛЕННЯ ЗЕРНОВИХ СУШАРОК**

*Муляр О. Д., к.с.-г.н., Лось Л. В., д.т.н., Голубенко А. А., асистентка,  
Цивенкова Н. М., асистентка, Калениченко П. С., магістрант, Прилуцький А. Н.*

*Наведено аналіз ресурсного забезпечення технологічних процесів сушіння зерна за рахунок енергетичного використання побічної продукції - соломи, що здійснюється шляхом газифікації та спалювання генераторного газу. Наведено обґрунтування*

*переобладнання зерносушарки на генераторний газ.*

**Постановка проблеми в загальному вигляді.** В зоні Полісся, навіть при нормальних погодних умовах, вологість зерна, що збирається, становить 18-20%, за незадовільних метеорологічних умов – 25-35%. В той же час для збереження високої якості протягом тривалого зберігання зерно повинне мати вологість не більше 14-15%. Таким чином, сушіння зернових є найбільш важливим та ефективним способом підготовки зерна до тривалого зберігання. Крім збереження якості, зерно набуває певних фізико-механічних характеристик, що є важливою вимогою для його подальшої ефективної переробки. Відтак, якісно висушене зерно значно зменшує витрати на перевезення, підвищує продуктивність обладнання для переробки та зменшує його зношення. Існує безліч способів сушіння зернових, тому при забезпеченні раціонального вибору зерносушильного обладнання слід врахувати ряд факторів: продуктивність сушарки; асортимент зернових продуктів з різними технологічними властивостями; енерговитрати процесу; надійність; довговічність та компоновання з існуючими конструктивно-технологічними рішеннями процесу підготовки зерна до зберігання.

Сьогодні ринок зерносушильної техніки широко представлений продукцією, як зарубіжних, так і українських виробників. Значна доля ринку вітчизняних зерносушарок зайнята такими виробниками як: Карлівським машинобудівним заводом Полтавської області, Дослідним електромонтажним заводом Зміївського району Харківської області, ВАТ «Бріг» м. Первомайськ Миколаївської області та ін. Широко представлені на ринку сушарки зарубіжних виробників, таких як: GSI (США), AG PROJECT (Польща), RIELA (Німеччина), SIMBRIA SKET (Данія) та багато інших.

Оцінюючи різні варіанти слід зосередити увагу на способах сушіння, які дають змогу отримувати зернову масу не тільки із заданою вологістю, але із бажаними характеристиками, що залежать від подальшого використання зерна.

Оскільки процес сушіння пов'язаний із значними витратами енергії, важливою характеристикою обладнання для сушіння зернового матеріалу є енергоефективність, яка пов'язує витрати енергоносія зі зниженням вологості 1 т продукції на 1%. Таким чином, зниження енерговитрат при сушінні зернових є значною проблемою, актуальність якої тісно пов'язана із зростанням цін на енергоносії.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Відомі такі способи сушіння зернових: конвективний, кондуктивний, радіаційний, сорбційний, електричний, комбінований [4].

Зерносушарки можна поділити за наступними критеріями: за способом сушіння зернових (підігрітим повітрям або сумішшю димових газів із зовнішнім повітрям); за способом завантаження зерна (періодичної дії, безперервної дії, імпульсної дії); за орієнтацією шарів зерна (вертикальні, горизонтальні, похилі, шахтні); за схемою руху теплоносія по відношенню до зерна (прямопотоківі, з поперечними потоками, із змішаними потоками); за станом (структурою зернового шару – з нерухомим, рухомим, киплячим, фонтануючим, віброкиплячим та ін.); за мобільністю (стаціонарні, пересувні); за типом енергії (теплової, механічної, інфрачервоними променями, радіаційної, сонячної, струмами високої частоти, енергією надвисоких частот та комбінованою); за типом енергоносія (на природному газі, пропані, бутані, дизельному пальному, мазуті, сирій нафті, біодизелі, біопаливі, інших твердих видах палива); за типом сушильної камери (шахтні, барабанні, вібраційні).

Значна кількість досліджень в останні роки стосується енергозберігаючих технологій, прийомів, технологічних процесів та конструкції технологічного обладнання [1, 2, 3, 5]. Цікаві напрямки досліджень стосуються рекуперації тепла в сушарках, покращення теплопередачі та аеродинамічних властивостей сушарок. Не зважаючи на значні досягнення в цій галузі науки і техніки, задачі енергоефективності сушіння зернових вирішені не повністю.

**Метою дослідження** є встановлення раціональності переобладнання сушарки для сушіння зернової продукції з використанням газогенераторних технологій; визначення

переваг використання таких технологій та меж їх практичного застосування.

**Об'єктом дослідження** є процес сушіння зернових, його особливості, енергетичні параметри, які визначають вибір складу технологічного комплексу.

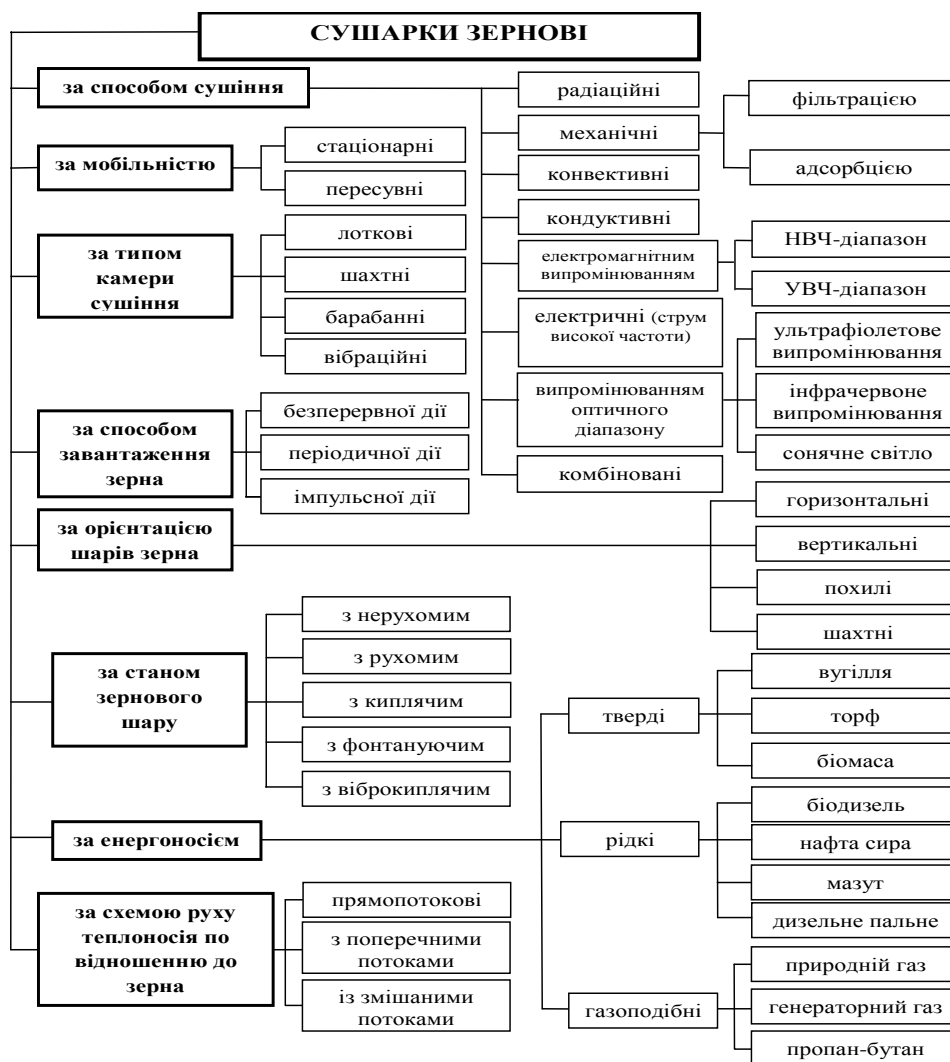


Рис.1. Розширена класифікація зерносушарок

**Матеріали та методика досліджень.** Для проведення дослідження використано комплекс методів наукового дослідження: порівняльний, теоретичний та статистичний методи, системний метод аналізу і синтезу, формальна та аналітична оптимізація системи використання генераторного газу для сушіння зернових.

**Результати досліджень.** Для досягнення мети було досліджено різні види обладнання для сушіння зернового матеріалу. В результаті дослідження були виявлені недоліки існуючих варіантів класифікації, які є неповними. Розширена класифікація зерносушарок, складена в результаті ретельного вивчення об'єкту дослідження, представлена на рис.1.

В результаті аналізу сушарок за наведеними вище факторами, в поєднанні з можливістю їх переведення на генераторний газ, отриманий з соломи власного виробництва, для подальшого дослідження були обрані сушарки шахтного типу. Їх переваги в даному випадку визначаються: широким спектром зернових, що підлягають сушінню; високим рівнем вибухопожежної безпеки; можливістю використання системи рекуперації тепла; можливістю керування тепловими процесами в окремих секціях; мінімальними витратами енергоносія (до 1 м<sup>3</sup> природного газу на 1 т / %); високою якістю висушеного зерна та низьким рівнем його травмування. На рисунку 2 наведено структурну схему шахтної сушарки, яка обладнана газогенераторною установкою.

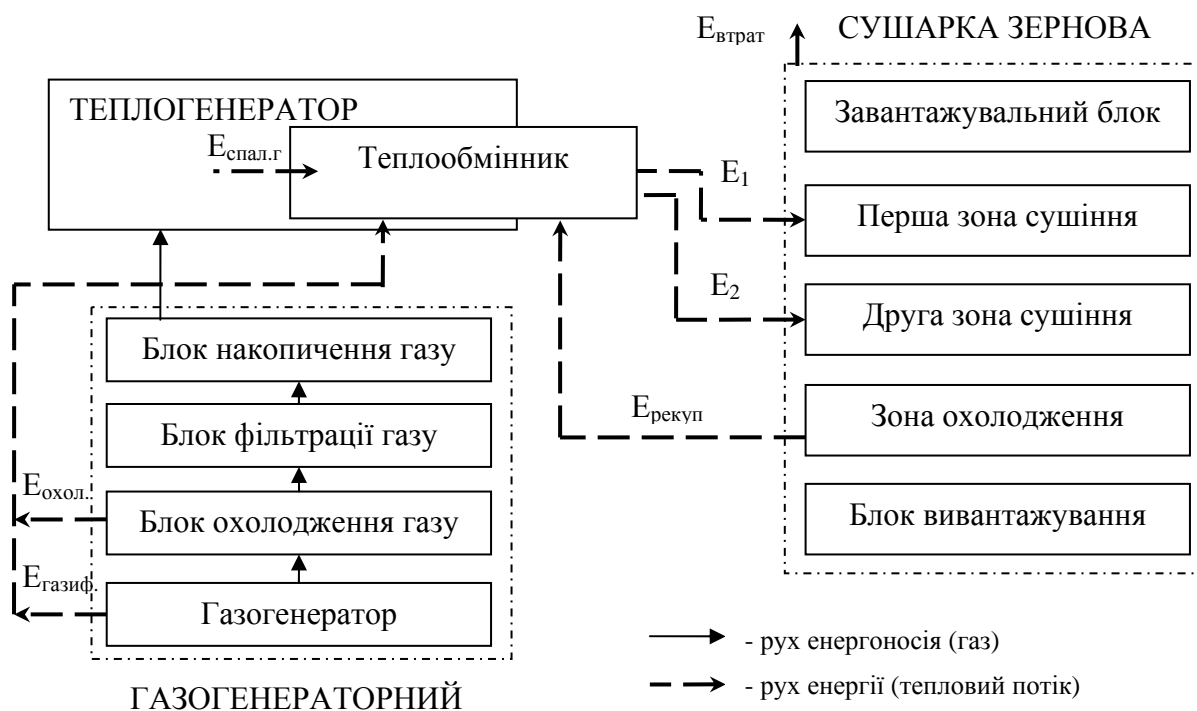


Рис.2. Структурна схема шахтної сушарки, обладнаної газогенераторною установкою

На схемі (рис. 2) показано широкі межі використання енергетичних потоків газогенераторної установки. Наприклад, енергія, що виділяється при газифікації, разом з енергією, відібраною в процесі охолодження генераторного газу, може бути використана для підігріву як повітря, так і теплоносія. При цьому, якщо цієї енергії недостатньо для досягнення необхідної їх температури, використовується теплообмінник, що працює за рахунок спалювання генераторного газу.

За таких умов рівняння енергетичного балансу процесу сушіння прийме вигляд:

$$E_{\text{спал.г.}} + E_{\text{охол.}} + E_{\text{газиф.}} + E_{\text{рекуп.}} = E_1 + E_2 + E_{\text{втрат.}} \quad (1)$$

де:  $E_{\text{спал.г.}}$  – енергія від спалювання генераторного газу в теплогенераторі, кДж;  $E_{\text{охол.}}$  – енергія, що виділяється при охолодженні генераторного газу при його підготовці до спалювання, кДж;  $E_{\text{газиф.}}$  – енергія, що виділяється газогенератором в процесі газифікації енергоносія, кДж;  $E_{\text{рекуп.}}$  – енергія, що передається теплообміннику в результаті рекуперації газів, що відводяться із зони охолодження;  $E_1$  – енергія, що передається від теплообмінника в першу зону сушіння (зону попереднього підігріву), кДж;  $E_2$  – енергія, що передається від теплообмінника в другу зону сушіння (зону попереднього підігріву), кДж;  $E_{\text{втрат.}}$  – сукупна енергія, що втрачається на всіх елементах сушарки, кДж.

Резерв покращення енергоефективності сушарки  $\Delta E$  в порівнянні з базовою моделлю складають специфічні енергопотоки, пов'язані з роботою газогенератора та використанням генераторного газу:

$$\Delta E = E_{\text{охол.}} + E_{\text{газиф.}} \quad (2),$$

Розрахуємо коефіцієнт заміщення енергії від спалювання основного енергоносія за рахунок використання додаткових резервів теплової енергії:

$$K_{\text{зам}} = \Delta E / (E_{\text{спал.г.}} + E_{\text{охол.}} + E_{\text{газиф.}} + E_{\text{рекуп.}}) = \Delta E / \sum E \quad (3),$$

Таким чином, використання запропонованої технології дозволить зекономити частину енергоносіїв. Величина коефіцієнту заміщення залежить, перш за все, від якості пристроїв для здійснення теплообмінних процесів. Умова енергоефективності для сушарки з газогенераторним живленням має наступний вигляд:

$$K_{\text{зам}} \rightarrow 1 \quad (4),$$

Ідеальним варіантом, досягнення якого неможливе в реальних умовах, є досягнення коефіцієнтом заміщення максимально можливої величини, тобто  $K_{\text{зам}} = 1$ .

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Аналіз вищевикладеного матеріалу приводить до наступних висновків:

- використання газогенераторної установки для живлення зерносушарки є доцільним і економічно обґрунтованим;

- спрямування специфічних для газогенераторної установки енергетичних потоків на сушіння зернового матеріалу дозволяє замінювати частину енергоносія, що спалюється для підтримання теплового балансу;

- підтримання раціонального енергетичного балансу сушарки, що обладнана газогенераторною установкою, вимагає введення системи моніторингу та керування енергетичними потоками. Це забезпечить найбільшу енергоефективність процесу.

Для впровадження результатів дослідження в конкретну конструкцію перспективним буде проведення розгорнутого аналізу енергетичного балансу системи із урахуванням характеристик зернового матеріалу та конкретних умов експлуатації сушарки.

#### **Використані джерела інформації**

1. Алейников В.И., Жидко В.И., Спиридонова М.Г. Эффективность предварительного нагрева зерна перед сушкой / В.И. Алейников // Труды ВНИИЗ. – М., 1970. – С 136-150.

2. Алейников В.И. Интенсификация процесса сушки и энергосбережения в шахтных и камерных зерносушилках: Автореф. дисс. д-ра техн. наук: 05.20.01, ЦНИИМЭСХ. – Минск, 1988. - 56 с.

3. Бурдо О.Г. , Крицкий В. И. , Мохамед Абдель Вирас Хабиб. Теплообменник на тепловых трубах для предварительного подогрева зерна перед сушкой / О.Г. Бурдо // Разработка и совершенствование технологических процессов, машин и оборудования для производства, хранения и транспортировки продуктов питания. - М., 1987. - С.29-30.

4. Станкевич Г.М., Страхова Т.В., Атаназевич В.І. Сушіння зерна / Г.М. Станкевич – К.: Либідь, 1997. – 352 с.

5. Шубин Г.С., Лебедев Е.А. Некоторые вопросы аэродинамики и энергосбережения в сушильных камерах / Г.С. Шубин //Труды Международной научно-практической конференции «Современные энергосберегающие тепловые технологии (сушка и термовлажностная обработка материалов)». - М.: МГАУ, 2002. – С. 138-143.