

Г.Ф. Ханхасаев, д-р техн. наук, проф.
Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ
С.Н. Шуханов, д-р техн. наук, доц.
Т.А. Алтухова, канд. техн. наук, доц.
Иркутская государственная сельскохозяйственная академия, г. Иркутск
УДК 631.354

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИАЛЬНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПРОЦЕССА ТЕПЛОТДАЧИ ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ ЗЕРНА УСТРОЙСТВОМ ВИХРЕВОГО ТИПА

Экспериментальным путем получены новые критериальные зависимости процесса теплоотдачи при охлаждении зерна. Для сравнения приведены данные других авторов.

Ключевые слова: процесс охлаждения, теплоотдача, критериальная зависимость.

G.F. Khankhasaev, D. Sc. Engineering, Prof.
S.N. Shukhanov, D. Sc. Engineering, Assoc. Prof.
T.A. Altukhova, Cand. Sc. Engineering, Assoc. Prof.

DETERMINATION OF HEAT TRANSFER CRITERIA DEPENDENCE WHEN COOLING GRAIN BY VORTEX DEVICE

New heat transfer criteria dependence when cooling grain was obtained by an experiment. For comparison, the data of other authors is presented in the article.

Key words: cooling process, heat transfer, criteria dependence.

Высокий уровень потерь зерна на всех этапах его производства, начиная от возделывания и заканчивая послеуборочной обработкой, оказывает негативное влияние на объемы и экономику зернового хозяйства. Необходимо совершенствование использования материально-технической базы на этапе послеуборочной обработки зерна, так как потери при обработке превышают в 2–3 раза потери при уборке. В структуре общих затрат доля на послеуборочную обработку составляет 30–60 %, а в структуре себестоимости – 40%. Своевременная и качественная обработка зерна – один из путей сокращения его потерь, улучшения семенных, продовольственных и фуражных качеств. Важной и ответственной операцией послеуборочной обработки зерна является его охлаждение и сушка [4].

Существующие охладительные устройства не отвечают современным требованиям. В связи с этим остро стоит вопрос создания машин, работающих на качественно новом уровне.

Для разработки модернизированных охладительных устройств необходимо знание, в том числе критериальных зависимостей. Для проведения экспериментальных исследований разработана и изготовлена лабораторная установка вихревого охладителя зерна (рис. 1).

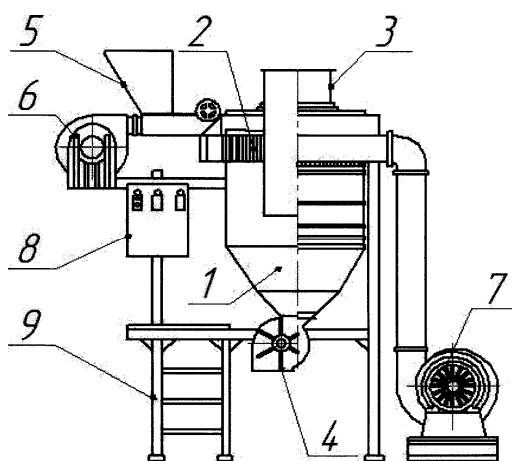


Рис. 1. Лабораторная установка вихревого охладителя зерна

Она состоит из рабочей камеры 1, щелевого аппарата 2, выпускного патрубка 3, шлюзового затвора 4, приемного бункера 5, вентилятора среднего давления 6, высоконапорного вентилятора 7, щита управления 8 и рамы 9.

Процесс охлаждения зерна в ней осуществляется следующим образом. Нагретое зерно из приемного бункера установки подается в рабочую камеру воздушным потоком, создаваемым вентилятором среднего давления. В камере оно интенсивно обдувается закрученным воздушным потоком при больших скоростях обтекания и быстро охлаждается. Закрученный поток образуется в камере при нагнетании наружного воздуха высоконапорным вентилятором через щелевой аппарат. Охлажденное зерно непрерывно удаляется из установки через шлюзовую затвор, а отработавший воздух уходит наружу через центральный выпускной патрубок.

Для определения скорости движения зерна в рабочей камере лабораторной установки использовалась стробоскопическая фотосъемка.

С целью установления закономерностей изменения температуры зерна по времени при больших скоростях его обдува применены методы физического моделирования [2]. В соответствии с теорией подобия процесс теплообмена, совершаемый при больших скоростях обтекания между отдельно летящей зерновкой и закрученным воздушным потоком, можно представить как процесс теплообмена, происходящий между неподвижно закрепленной зерновкой и скоростным воздушным потоком, обтекающим ее.

При проведении экспериментальных исследований использовался стенд, который включает в себя:

- устройство для подачи наружного воздуха, состоящее из компрессора РГН-1200 и ресивера объемом 1,5 м³;
- устройство для нагрева зерновки и емкости с адсорбентом;
- устройство для охлаждения зерновки, состоящее из трубы с регулируемым вентилем.

Контрольно-измерительные приборы: самопишущий потенциометр КСП-4 с хромоникелевой термопарой, микроманометр ММН и спиртовой термометр.

Наружный воздух подавался газодувкой в трубу с регулируемым вентилем, на выходе которой устанавливалась термопара с насаженной на конце зерновкой. При обдувании зерновки наружным воздухом происходило ее охлаждение, а снижение ее температуры регулировалось на диаграммной ленте потенциометра. Охлажденную зерновку снова нагревали в горячем адсорбенте, который нагревался электронагревательным устройством. Нагрев зерновку до определенной температуры, ее снова охлаждали при другой скорости воздушного потока.

Для проведения опытов было отобрано несколько зерновок пшеницы и в середине их бороздки просверлены отверстия диаметром 0,8 мм. Поочередно зерновки устанавливались на конец термопары, и эксперименты проводились при различных скоростях обтекания.

В результате обработки экспериментальных данных было получено следующее выражение коэффициента теплоотдачи при охлаждении зерна:

$$\alpha_3 = 0,244 \cdot \lambda \cdot V^{0,6} / d_{\text{пр}}^{0,4} \cdot \nu^{0,6}, \quad (1)$$

где λ – теплопроводность воздуха, Вт /м °С; ν – кинематическая вязкость воздуха, м / с ; V – скорость обтекания зерна воздушным потоком, м /с; $d_{\text{пр}}$ – приведенный диаметр зерновки, м.

Обобщенным уравнением, характеризующим процесс теплообмена, является критериальная зависимость вида $Nu = f(Re)$.

После преобразования формулы (1) получаем опытное выражение критериальной зависимости (2):

$$Nu_3 = 0,244 \cdot Re^{0,6}. \quad (2)$$

Данная зависимость вместе с аналогичными выражениями других авторов [1, 2, 3] представлена на рисунке 2, из которого видно, что при скоростях обдува, равных скорости витания зерна, или числах Рейнольдса (заштрихованная часть), число Нуссельта, характери-

зующее интенсивность теплообмена, составляет 20-30, что в 2-3 раза больше, чем при охлаждении зерна в кипящем слое, и на порядок – в плотном слоях (2-3) [1].

Следовательно, при таких скоростях обтекания процесс теплообмена протекает более интенсивно.

Критериальные зависимости, полученные вышеназванными авторами, действительны только для чисел Рейнольдса Re до 10^3 . Зависимости, которые нам удалось вывести, позволяют изучать процессы охлаждения зерна, происходящие в интервале чисел от 10^3 до 10^4 .

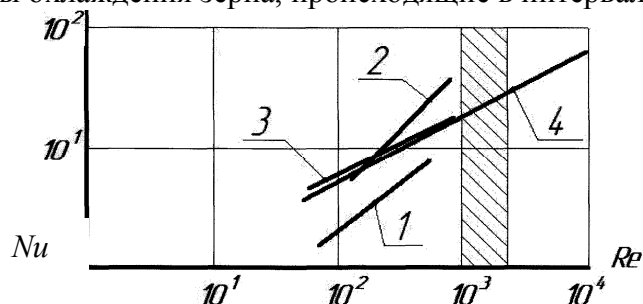


Рис. 2. Критериальные зависимости: 1 – В.М. Лурье для плотного слоя; 2 – А.В. Авдеева для виброожиженного слоя; 3 – И.М. Федорова для кипящего слоя; 4 – экспериментальная; где Nu – критерий Нуссельта; Re – число Рейнольдса

Полученные данные позволяют существенно раздвинуть рамки знаний в этой области и могут быть полезными при проектировании машин для послеуборочной обработки зерна нового поколения.

Библиография

1. Авдеев А.В. Изыскание и исследование рациональных охладителей для зерносушилок с-х. типа: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – М., 1975. – 19 с.
2. Лурье В.М. Исследование процесса охлаждения семенного зерна: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1970. – 27 с.
3. Федоров И.М. Теория и расчет процесса сушки во взвешенном состоянии: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1951. – 19 с.
4. Тельпук М.Б. Повышение эффективности охлаждения зерна после сушки путем совершенствования конструктивных и технологических параметров аэродинамического охладителя: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Великие Луки, 2011. – 19 с.

Bibliography

1. Avdeev A.V. The search for and study of rational coolers for agricultural grain dryers: Author's abstract of Dis. ... Cand. Sc. Eng.: 05.20.01. – M., 1975. – 19 p.
2. Lurie V.M. The study of seed grain cooling process: Author's abstract of Dis. ... Cand. Sc. Eng. – M., 1970. – 27 p.
3. Fedorov I.M. Theory and Design of the drying process in a suspended state: Author's abstract of Dis. ... Cand. Sc. Eng. – M., 1951. – 19 p.
4. Telpuk M.B. Improving the efficiency of grain cooling after drying by improving design and process parameters of aerodynamic cooler: Author's abstract of Dis. ... Cand. Sc. Eng. – Velikie Luki, 2011. – 19 p.