УДК 664.72
DOI: 10.47336/0131-7393-2023-9-18-19-25

ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОЦЕССА РЕЦИРКУЛЯЦИИ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА В БАРАБАННОЙ СУШИЛКЕ

С.В. ПАНЧЕНКО,
кандидат технических наук,
И.Э. ЛИПКОВИЧ,
доктор технических наук, доцент,
А.Н. ТОКАРЕВА,
кандидат технических наук, доцент
М.С. ДЕМЧЕНКО,
кандидат технических наук
Азово-Черноморский инженерный институт
ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет»
E-mail: panchenkosergey@mail.ru

Рассмотрены процессы сушки зерна в сушилке барабанного типа с использованием рециркуляции отработавшего агента сушки. Установлены зависимости изменения удельных тепловых затрат от расхода рециркуляционного сушильного агента (СА).

Ключевые слова: *сушка зерна; рециркуляция; сушильный агент; диаграмма влажного воздуха.*

Сушка зерна – одно из важнейших звеньев в технологической линии производства и первичной переработки зерновой продукции. Свежесобранное зерно обладает достаточно высокой влажностью, которая может достигать 20–35%. Энергетические затраты на очистку и сушку зерна достигают 34,5% от общего количества энергоресурсов, затраченных на производство зерна [1]. Таким образом, сушка зерна – самый энергоёмкий процесс в первичной обработке.

Для снижения энергетических затрат применяются такие мероприятия, как использование в качестве источника теплоты биотоплива, двухэтапная технология сушки зерна, совершенствование конструкций топок, интенсификация процессов сушки, применение автоматизированных систем управления процессом сушки и др. [2].

Один из основных способов снижения расходов теплоты – рециркуляция СА [3]. Применение такого способа позволяет снизить затраты энергии до 25% в зависимости от исходных параметров теплового режима сушки [4].

Но такой вариант экономии энергии имеет ряд условий. Рециркуляция СА оказывается наиболее эффективной в условиях низкотемпературной сушки зерна при низкой температуре наружного воздуха. Рециркуляция приводит к повышению влагосодержания СА и ее использование может не иметь

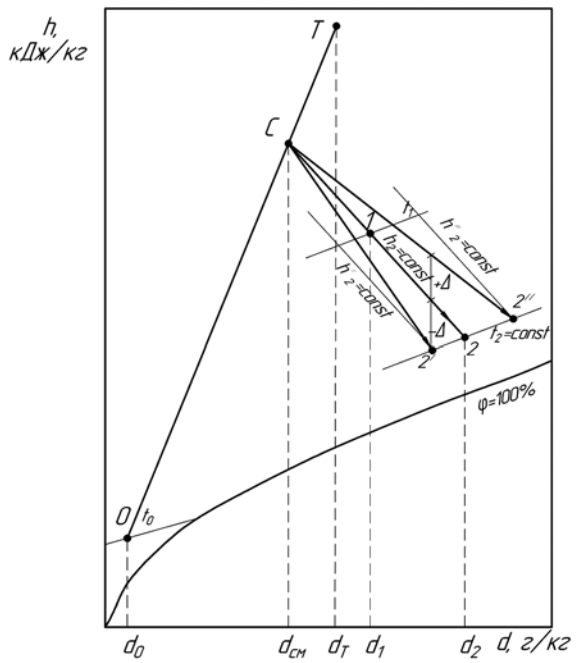


Рис. 1. Изменение состояния сушильного агента в hd-координатах процесса сушки

смысла, так как при этом удельный расход теплоты увеличивается [5].

Рассмотрим процесс сушки зерна для условий Ростовской области при использовании барабанной сушилки СЗСБ–8А, которая нашла широкое применение в технологических линиях переработки зерна. Конструктивное исполнение данной сушилки позволяет легко переоборудовать ее в устройство с рециркуляцией СА.

При исследованиях данного процесса сушки были использованы графо-аналитический метод и корреляционно-регрессионный анализ. Работу проводили с использованием h-d диаграммы влажного воздуха. Температуру агента сушки приняли в соответствии с нормативными документами от 90 до 140°С. Влажность использованного воздуха по данным исследований приняли равной 60% [6].

Температуру наружного воздуха приняли по данным многолетних метеорологических наблюдений в Ростовской области [7]. При проведении иссле-

РАСЧЕТ УДЕЛЬНЫХ РАСХОДОВ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА СУШКУ ЗЕРНА

Температура окружающего воздуха, t_0, °С	Температура сушильного агента на входе в сушильную камеру, t_1, °С	Начальная влажность зерна, wн, %	Удельный расход теплоты при расходе рециркуляционного агента (в % от общего расхода), q, кДж/кг испаренной влаги			
			0	33	50	83
6,7	90	20	4330	15077	20103	50258
23,6	90	20	4981	7472	9607	17934
6,7	110	20	5799	10052	14359	60309
23,6	110	20	6320	9768	12398	35816
6,7	140	20	6293	9090	13267	37760
23,6	140	20	5119	7251	9616	27647
6,7	90	35	8920	14192	19513	62443
23,6	90	35	3651	4581	5249	6809
6,7	110	35	4374	5700	6718	9405
23,6	110	35	3451	5249	6998	19381
6,7	140	35	5449	9485	13479	64024
23,6	140	35	3761	5726	7105	16682

дований рассматривался период уборки зерновых культур. Максимальная среднесуточная температура составила 23,6°С при влажности φ = 30%, что соответствует климатическим условиям третьей декады июля. Самые неблагоприятные для послеуборочной обработки зерна погодные условия наблюдаются в третьей декаде октября. Среднесуточная температура воздуха в данный период составляет 6,7°С, относительная влажность φ = 79%.

На **рис. 1** схематично изображены процессы изменения состояния СА сушильного агента на hd-диаграмме влажного воздуха.

Характерные точки процесса: 0 – наружный воздух, который смешивается с дымовыми газами из точки Т с образованием СА в точке С. Для сушки без рециркуляции эта точка совпадает с точкой 1 – СА непосредственно на входе в сушильную камеру. Для сушки с рециркуляцией СА точка 1 находится в зависимости от количества рециркулируемого СА.

Процесс 1–2 – процесс сушки в идеальной сушильной камере является адиабатным и протекает по линии h = const. В реальной сушильной установке имеет место теплообмен с окружающей средой, подвод теплоты с высушиваемым барабаном, потери теплоты с транспортными средствами и прочие потери. Процесс сушки отклоняется от адиабаты и идет выше или ниже в зависимости от знака углового коэффициента процесса Δ.

Проведены расчеты удельного расхода теплоты при сушке без рециркуляции и с различным расходом рециркулируемого СА (см. **таблицу**).

По данным таблицы построены графические зависимости изменения удельных затрат теплоты при использовании процесса рециркуляции. Данные зависимости показаны на **рис. 2**.

Как видно из анализа представленных графиков, с увеличением доли рециркулируемого СА при любых значениях его температуры и разной влажности высушиваемого материала удельные расходы теплоты на сушку зерна возрастают в экспоненциальной зависимости. При этом в летний период года увеличение энергетических затрат идет менее интенсивно при более высокой исходной влажности зерна ($w_н$ =35%). В осенний период года при более высокой влажности наружного воздуха затраты тепловой энергии ниже при более низкой влажности зерна ($w_н$ = 20%). Исключение составляет лишь режим сушки зерна с исходной влажностью $w_н$ = 35% и температурой СА 110 0С. При таком сочетании данных параметров процесс испарения влаги из обрабатываемой продукции протекает практически по адиабатной зависимости.

Таким образом, производить сушку зерна с рециркуляцией СА для выбранных климатических условий и принятом показателе качества зерна нецелесообразно. Следовательно, дальнейшие исследования должны быть направлены на анализ других способов снижения энергетических затрат при сушке зерновой продукции.

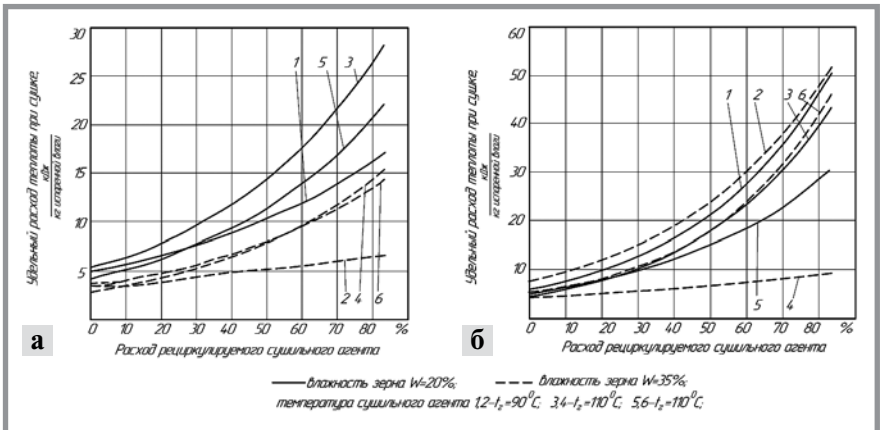


Рис. 2. Изменение удельных затрат теплоты от расхода рециркулируемого сушильного агента (в % от общего расхода): а – летний период года ($t_н$ = 23,6°С, φ = 60%); **б** – осенний период года ($t_н$ = 6,7°С, ϕ = 79%)

Литература

1. Сорочинский, В. Ф. Эффективность сушки зерна на зерносушилках различных типов / В. Ф. Сорочинский // Хлебопродукты. – 2009. – № 3. – С. 42–43.

2. Данилов, Д. Ю. Энергосберегающие технологии при сушке зерна / Д. Ю.

Окончание на стр. 25

мосферу выше крыши здания. Вытяжная шахта должна располагаться выше воздухоприемных отверстий и с подветренной стороны по отношению к зданию на плане.

Таким образом, при устройстве вентиляции в помещениях для аккумуляторов должны предусматриваться повышенные требования, обеспечивающие их пожаро- и взрывобезопасность. Сами вентиляционные установки и системы представляют опасность, так как по воздуховодам могут образовываться смеси водорода с воздухом, которые являются пожаро- и взрывоопасными.

Система вентиляции в аккумуляторном участке СХП – важнейший элемент в системе защиты персонала от воздействий вредных производственных факторов и в система противопожарных мероприятий.

Литература

1. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

2. Петренко, Н.В. Производственная санитария и гигиена труда. Расчет систем вентиляции: методические указания / Н.В. Петренко, И.В. Егорова. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2016. – 137 с.

3. Петренко Н.В., Егорова И.В., Липкович И.Э., Коркишко А.Н. Организация вентиляции мастерской транспортных средств // Научный Альманах ассоциации France-Kazakhstan. – 2023. – № 1. – С. 183–192.

4. СП 60.13330.2020 Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.

5. Обеспечение комфортных условий на типовых рабочих местах автотранспортных предприятий: Учебное пособие / И.Э. Липкович, В.А. Кравченко, И.А. Шишина, С.М. Пятикопов, А.В. Семенихин. – Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2009.

6. Обеспечение безопасности в сельскохозяйственной отросли. Часть 2: Охрана труда при техническом сервисе на сельскохозяйственном предприятии. Учебное пособие с грифом УМО / И.Э. Липкович, С.Л. Пушенко, М.М. Украинцев, Н.В. Петренко, И.В. Егорова, А.В. Пикалов. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ. – 2021. – 390 с.

The article considers the arrangement of the ventilation system in rooms for batteries, which should provide for increased requirements to ensure their fire and explosion safety. The ventilation system in the battery section is the most important element in the system for protecting personnel from the effects of harmful production factors and in the system of fire prevention measures.

Keywords: *ventilation system; battery area; hazardous substances, workplace.*

Окончание. Начало на стр. 18-19

Данилов, С. Н. Завиваев, А. Ю. Рындин // Евразийское Научное Объединение. – 2017. – Т. 1, № 4(26). – С. 36–37.

3. Цубанов, А. Г. К вопросу экономии топлива в конвективных зерносушилках с рециркуляцией сушильного агента / А. Г. Цубанов, А. Л. Синяков, И. А. Цубанов // Агропанорама. – 2013. – № 5(99). – С. 32–37.

4. Синяков, А. Л. Энергосбережение в конвективных зерносушилках путем рециркуляции сушильного агента / А. Л. Синяков, И. А. Цубанов // Агропанорама. – 2009. – № 5(75). – С. 40–44.

5. Сашко, К. В. Оптимизация процесса сушки зерна при использовании частичной рециркуляции сушильного агента / К.В. Сашко, В.А. Коротинский, А.Ф. Лешко // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве.– М.: ВИЭСХ. – 2004. – Ч. 2. – С. 211–216.

6. Инструкция по сушке продовольственного, кормового зерна, маслосемян и эксплуатации зерносушилок № 9-3-82 / Инструкция разработана лабораторией зерносушения ВНИИЗ при участии Сибирского, Казахского, Кубанского филиалов ВНИИЗ и ОТИПП. – М.: ЦНИИТЭИ Минзага СССР, 1982. – 61 с.

7. Гриценко, А. А. Агрометеорологические условия в Зерноградском районе Ростовской области (1930-2002 гг.) / А. А. Гриценко; Российская академия сельскохозяйственных наук, Всероссийский научно-исследовательский институт зерновых культур имени И.Г. Калиненко. – Ростов-на-Дону: ЗАО «Книга», 2005. – 80 с.

The processes of grain drying in a drum-type dryer using recirculation of the spent drying agent are considered. The dependences of the change in specific heat costs on the consumption of the recirculating drying agent are established.

Keywords: *grain drying; recirculation; drying agent; humid air diagram.*

АГРОЦЕНТР ПРЕДСТАВИЛ НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ

Компания «Агроцентр» (FEATAGRO, входит в Ассоциацию «Росспецмаш») представила посевной комплекс серии N-12000, предназначенный для высева зерновых, зернобобовых, масличных культур, а также трав по минимальным и нулевым технологиям с одновременным внесением сухих гранулированных удобрений.

Новинкой сезона 2023 года, которую завод продемонстрировал в работе стал посевной комплекс серии APU-9800. Эту машину отличает высокая скорость посева, очень качественная укладка семенного материала с эффективным прикатыванием и возможностью вносить как гранулированные, так и жидкие минеральные удобрения.

Аграриям впервые представили в работе посевной комплекс серии SD-12600 для традиционного рядкового посева имеет компактные размеры за счет расположения на одной раме бункера и высевающей части посевного комплекса.

Еще одним совершенно новым агрегатом, показанным в работе, стал Ликвилайзер TITAN-12000 - агрегат для внутрипочвенного высокоточного внесения жидких комплексных удобрений, КАС, биофунгицидов, инсектицидов или воды.