

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора Смелика Виктора Александровича на диссертационную работу Коваленко Родиона Михайловича «Обоснование параметров и режимов работы системы рециркуляции воздуха аэродинамического устройства для сушки зерна», представленную к защите в диссертационный совет 72.2.016.02 при государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Нижегородский государственный инженерно-технологический университет» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1 – Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

1. Актуальность темы диссертации

Производство зерна является одним из ключевых секторов сельского хозяйства, направленным на обеспечение населения продовольствием, а животных кормами. Показатели общего урожая зерна и приходящиеся на душу населения играют важную роль в достижении продовольственной и национальной безопасности государства.

В общей технологии производства зерна наибольшие затраты ресурсов приходятся на послеуборочную обработку. В регионах Нечерноземья уборка урожая зачастую проходит при неблагоприятных погодных условиях, когда поступающее на пункты послеуборочной обработки зерно необходимо не только очищать от примесей, но и сушить до кондиционной влажности, обеспечивающей его длительное и безопасное хранение. Сушка влажного зерна основная и наиболее сложная технологическая операция послеуборочной обработки, при которой затрачивается значительное количество топлива и электроэнергии. При этом необходимо поддерживать режимы сушки, обеспечивающие сохранение продовольственных и семенных качеств зерна.

Одним из способов снижения энергозатрат при конвективной сушке зерна является повышение эффективности использования параметров агента сушки. Во многих современных сушильных установках агент сушки зачастую не успевает за один цикл сушки отдать всю запасенную теплоту и предельно впитать из зерна влагу. Повторное использование теплоты не полностью отработавшего агента сушки будет способствовать снижению энергозатрат и способствовать равномерному распределению теплоты агента сушки и повышению уровня его влагонасыщения.

Несмотря на значительное количество исследований, посвященных вопросам снижения энергоемкости процесса сушки зерна путем рекуперации теплового агента, полученные в них данные свидетельствуют резервах возможного повторного использования теплоты отработавшего агента сушки с различным влагосодержанием, а также недостаточно изучено подмешивание к нему порций свежего атмосферного воздуха.

В связи с этим работа, направленная на повышение энергоэффективности послеуборочной обработки зерна за счет обоснования параметров и режимов работы системы рециркуляции воздуха аэродинамического устройства для его

сушки, является актуальной и направлена на решение народнохозяйственной задачи по повышению эффективности сельскохозяйственного производства.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверность и новизна

На основании анализа и систематизации предшествующих исследований, посвященных повышению эффективности послеуборочной обработки зерна, а также по результатам собственных аналитических и экспериментальных исследований, соискатель обосновал необходимость разработки новой конструктивно-технологической схемы аэродинамического устройства для сушки зерна с системой рециркуляции агента сушки для максимально возможного использования его теплофизических свойств. Достоверность научных положений, приведенных в диссертации, подтверждается корректностью постановки и решения задач, обработкой экспериментальных данных по общепринятым методикам с применением стандартных и специализированных методов, натурного эксперимента, а также использованием сертифицированного современного вычислительного оборудования с соответствующим программным обеспечением.

На основании проведенного анализа автором в работе сформулированы цель и задачи исследования, а по результатам выполненных исследований сделано заключение по диссертационной работе, анализируя которые, можно отметить следующее:

- цель работы и задачи исследования, сформулированные автором, отражают содержание работы, корректны и соответствуют уровню диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук;

- изложенные в диссертации научные положения обоснованы и вытекают из разработанных автором схем, графических зависимостей, полученных расчетных формул, результаты решения которых согласуются с результатами, полученными ранее известными учеными в рассматриваемой области исследований;

- заключение по диссертационной работе отражает поставленные в работе задачи исследования и вытекает из полученных результатов теоретических и экспериментальных исследований, содержит полезную научную и практическую информацию.

По результатам диссертационной работы сформулированы пять выводов.

Выводы достоверны, вытекают из содержания диссертации, и корреспондируются с пятью поставленными задачами.

По выводам, приведенным в заключении диссертационной работы, необходимо отметить следующее:

В первом выводе приведена информация о том, что для оценки совершенства конструкции зерновой сушилки предложен обобщенный критерий – «комплексный показатель совершенства конструкции сушилки», учитывающий удельную металлоемкость конструкции, удельный расход теплоты и стоимость сушилки. Вывод подтверждается материалами первого и частично второго раздела диссертации.

Вывод достоверен и согласуется с первой задачей исследования. Однако вывод носит аннотационный характер, его следовало бы конкретизировать.

Второй вывод констатирует то, что для обоснованного выбора рациональных режимов работы тепловентиляционной системы при конвективной сушке зерна разработаны модели ее работы при повторном использовании теплоты отработавшего агента сушки с частичным дозированием свежего атмосферного воздуха. Вывод подтверждается материалами первого и второго раздела диссертации.

Вывод достоверен, обладает новизной и отвечает на вторую поставленную задачу.

В третьем выводе приведена информация о разработанном аэродинамическом устройстве для сушки зерна с системой рециркуляции агента сушки, работающем в ручном и автоматическом режимах, новизна которого защищена патентом РФ на изобретение № 2777996. Представлены результаты определения скорости фильтрации агента сушки через зерно и равномерности его распределения по длине камеры сушки разработанного аэродинамического устройства.

Вывод является новым и подтверждается материалами второго, третьего и четвертого разделов диссертации. Вывод достоверен и отвечает на третью поставленную задачу.

Четвертый вывод содержит информацию о снижении интегрального расхода энергии на сушку зерна при использовании на разработанном аэродинамическом устройстве автоматизированной системы рециркуляции агента сушки с четырехходовым клапаном-смесителем.

Вывод является новым, основан на результатах экспериментальных исследований, представленных в четвертом разделе диссертации.

Вывод достоверен и соответствует четвертой задаче исследований.

Пятый вывод согласуется с пятой задачей и содержит сведения об экономической эффективности использования разработанного аэродинамического устройства в сравнении с сушкой зерна на приемном устройстве с аэрожелобом УПА-15.

Вывод достоверен и подтверждается материалами пятого раздела диссертации.

В совокупности все выводы отвечают на поставленные задачи исследования.

3. Оценка содержания диссертационной работы и автореферата

Диссертационная работа состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка литературы и 10 приложений, изложена на 188 листах машинописного текста, из них 118 страниц основного текста без списка литературы и приложений. Список литературы насчитывает 137 источников, а основной текст содержит 74 рисунка и 12 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, степень работанности темы, цель и задачи исследования, объект и предмет исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы исследования, основные положения, выносимые на защиту, апробация, публикации, личный вклад автора в работу, структура и объем работы.

Замечания по введению:

1. При обосновании актуальности темы исследования следовало бы указать и целевое назначение зерна, поступающего на послеуборочную обработку. Показатели экономии затрат, приведенные на с. 5 диссертации, будут различны в зависимости от целевого назначения обрабатываемого зерна (семена, продовольствие, фураж). Не всегда применим отказ от теплообменников в тепловентиляционных установках, поскольку топочные газы в составе агента сушки негативно влияют на продовольственные и фуражные качества высушиваемого зерна.

2. Спорно утверждение на с. 5, что «наиболее перспективным способом снижения энергозатрат на сушку зерна является повторное использование теплоты отработавшего агента сушки...», скорее всего это один из возможных способов снижения энергозатрат при сушке урожая.

3. Необходимо было указать, что сушка зерна в технологиях его послеуборочной обработки наиболее затратна в условиях регионов с влажным климатом. В регионах с сухим климатом не всегда имеется потребность в сушке убираемого с поля зерна.

4. Не указан личный вклад автора в общем объеме публикаций.

В первом разделе «Состояние вопроса и задачи исследования» рассмотрены наиболее доступные и широко применяемые способы сушки зерна. Проанализированы основные типы распространённых в нечерноземной зоне России зерновых сушилок, отмечены их основные недостатки. Систематизированы виды зерновых сушилок с технологиями, применяемыми при их работе.

Приведено описание относительно нового технологического принципа повторного использования отработавшего агента сушки. Указано, что несмотря на значительное количество научно-исследовательских работ, в которых рассматриваются вопросы снижения энергоёмкости процесса сушки зерна путем рециркуляции теплоты отработавшего агента сушки, полученные в них данные не в полной мере отражают пределы возможного использования теплоты отработавшего агента сушки с различным влагосодержанием и недостаточно изучено влияние подмешивания к нему свежего воздуха.

Замечания по первому разделу:

1. Не приведены заявленные в названии раздела задачи исследования.

2. Анализ состояния вопроса выполнен аннотационно, не приведены технологические схемы анализируемых технических решений. Обзор предшествующих теоретических исследований выполнен без глубокого анализа математического описания рассматриваемых процессов.

3. В разделе не приведен анализ патентной информации. По данным Международных патентных ведомств от 70 до 90 процентов новой информации содержится в патентных документах и больше нигде не публикуется.

4. Приведенная в выводах по разделу информация о том, что в нечерноземной зоне России наибольшее распространение получили зерновые сушилки бункерного типа и в условиях импортозамещения находят широкое применение аэродинамические устройства, не совсем соответствует действительности, поскольку в каждой отдельной области региона преимущественное распространение получают и другие сушильные установки.

Во втором раздел «Обоснование конструктивно–технологической схемы повторного использования агента сушки» представлена конструктивно–технологическая схема разработанного аэродинамического устройства для сушки зерна. Описаны различные режимы работы системы рециркуляции агента сушки. Проведено графическое моделирование подмешивания свежего воздуха при повторном использовании агента сушки. Рассмотрено влияние режимов работы системы рециркуляции агента сушки на аэродинамическую характеристику сети. Представлены контрольные параметры автоматического поддержания рациональных режимов работы тепловентиляционной системы. Для оценки совершенства конструкции зерновых сушилок предложен показатель – «комплексный показатель совершенства конструкции сушилки».

Замечания по второму разделу:

1. При выборе оборудования для сушки зерна определяющими факторами являются не только указанные в разделе высокая производительность, экономичность, оптимальный расход топлива, долговечность, цена, но и показатели, обеспечивающие получение конечного продукта заданного качества. Например, для получения высококлассных семян из зернового вороха повышенной влажности, сушильная установка должна обеспечивать «мягкие» режимы работы для сохранения и возможного повышения посевных качеств зерна.

2. Предложенный показатель не в полной мере отражает совершенство конструкции сушилки, поскольку он не учитывает качество получаемого конечного продукта.

3. На схеме работы тепловентиляционной системы при рециркуляции сушильного агента с подмешиванием наружного воздуха (рисунок 2.9. на с. 41) смесь агента сушки с наружным воздухом корректнее было бы обозначить новыми тепловлажностными характеристиками, а не суммой характеристик каждого из компонентов смеси.

4. Не приведено обоснование принятых для моделирования параметров исходных данных (таблица 2.2, с. 41).

5. Первый и второй выводы по разделу носят аннотационный характер без конкретных количественных характеристик.

В третьем разделе «Программа и методика научного исследования» приведены программа и методика экспериментальных исследований, сделано описание экспериментальной установки и применяемых приборов и оборудования.

Представлена методика автоматического управления заслонкой клапана-смесителя системы рециркуляции отработавшего агента сушки аэродинамического устройства для сушки зерна.

Замечания по третьему разделу:

1. Нет обоснования конструктивных размеров опытного образца аэродинамического устройства для сушки зерна с системой рециркуляции агента сушки, приведенных на с. 59 диссертации.

2. На с. 61 дизельная горелка Baltur TBL 85 P названа теплогенератором.

3. На моделях (рисунки 3.14, 3.115, 3.19) такие показатели как: давление воздуха $P_{атм}$, Па; температура наружного воздуха $t_{н.в.}$, °С; влажность воздуха $\varphi_{н.в.}$, %; расход воздуха на входе в распределяющий воздухоподводящий патрубок, Q_n , м³/ч; влажность партии зерна w_z , %; температура агента сушки внутри аэрожелоба, $t_{аэп.}$, °С; расход отработанного агента сушки после прохождения через материал, Q_k , м³/ч; температура отработанного агента сушки, $t_{о.а.с.}$, °С; влажность материала во время сушки, $w_{зк}$, %; температура семян во время сушки, $t_{з.к.}$, °С; расход топлива, q_t , кг/ч; потребляемая мощность электроэнергии, $N_{эл.}$, кВт·ч и др. изменчивы во времени и являются случайными, в вероятностно-статистическом смысле, процессами, обозначаемыми и учитываемыми при моделировании иначе. При проведении исследований изменчивость указанных показателей не учитывалась.

4. Не имело смысла приводить в тексте диссертации простейшие общеизвестные формулы: 3.3; 3.4; 3.5; 3.6. В формулах одни и те же параметры имеют разные обозначения и рассчитаны по разному, так, например, в формуле 3.2 средний расход воздуха по всей камере сушки обозначен ΣQ_i , а в формуле среднее значение расхода воздуха по всей камере сушки обозначено как A и рассчитывается иначе; в формулах 3.5 и 3.6 среднеквадратическое отклонение имеет разные обозначения.

В четвертом разделе «Результаты экспериментальных исследований» приведены результаты лабораторного исследования и производственных испытаний аэродинамического устройства для сушки зерна, отображены: аэродинамические характеристика камеры сушки, влияние системы рециркуляции на распределение агента сушки в заполненной зерном сушильной камере.

Замечания по четвертому разделу:

1. Нет информации об объемах выборки экспериментальной информации для расчета достоверных статистических характеристик измеряемых параметров.

2. В таблице 4.1 (с. 96) влияние режимов работы и системы рециркуляции на равномерность распределения расхода отработавшего агента сушки по длине камеры сушки с зерном оценено только одной статистической характе-

ристической – коэффициентом вариации. Для более объективной оценки следовало бы привести и другие статистические характеристики – средние значения и дисперсии.

3. Отработавший агент сушки в таблицах 4.1, 4.2 и подразделе 4.3 назван отработанный агент сушки.

В пятом разделе «Экономическая эффективность» приведены расчеты технико-экономических показателей разработанного аэродинамического устройства для сушки зерна в сравнении с приемным устройством с аэрожелобом УПА-15. Выполнен расчет «комплексного показателя совершенства конструкции сушилки» для разработанного устройства.

Замечания по пятому разделу:

1. Экономическая эффективность рассчитана в сравнении с устройством УПА-15, предназначенным для приема, вентилирования и временного хранения зерна, а не для сушки. Экономическую эффективность следовало бы рассчитать в сравнении с установкой, прямым назначением которой является сушка зерна.

4. Ценность результата работы для науки и практики

Соответствие паспорту специальности. Материалы диссертации соответствуют паспорту специальности 4.3.1. «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса»: пункт 6. Методы и средства оптимизации технологий, параметров и режимов работы машин и оборудования.

1. Предложена конструктивно-технологическая схема нового аэродинамического устройства для сушки зерна содержащее аэрожелоб, разделенный грузонесущей перфорированной перегородкой на воздухоподводящую и транспортирующую части, представляющий собой каркас, обтянутый тканью. Внешние стенки аэрожелоба и центральный воздухораспределительный канал изготовлены из воздухонепроницаемой и водоотталкивающей ткани, а внутренние боковые стенки из ткани для сит. Система рециркуляции отработавшего агента сушки состоит из сдвижного зонта с загрузочным отверстием, пылеулавливающего устройства, клапана-смесителя, а также вентилятора аспиратора, обеспечивающего режим аспирации. Новизна технического решения подтверждена патентом РФ на изобретение (патент РФ № 2777996)

2. Получены модели работы тепловентиляционной системы в режиме рециркуляции агента сушки при подмешивании свежего воздуха

3. Обоснованы рациональные конструктивные и технологические параметры системы рециркуляции агента сушки, комплексно влияющие на удельные энергозатраты при сушке зерна на разработанном аэродинамическом устройстве.

Теоретическая и практическая значимость работы. Предложен критерий оценки совершенства конструкции зерновой сушилки. Разработаны алгоритм и модели управления и поддержания рациональных режимов работы тепловентиляционной системы. Практическую ценность представляет конструк-

ция аэродинамического устройства для сушки зерна на основе тканых материалов. Использование тканых материалов снижает металлоемкость и стоимость конструкции, облегчает монтаж и обслуживание сушилки. Применение в сушилке автоматизированной системы подмешивания свежего воздуха при рециркуляции агента сушки позволяет до 35% снизить энергозатраты.

Сушилка испытана в производственных условиях «Опытного поля» ФГБОУ ВО Костромской ГСХА и ЗАО «Шунга» Шунгенского сельского поселения Костромского района Костромской области, что подтверждено соответствующими документами

5. Освещение основных результатов работы в печати и соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Основные положения диссертационной работы опубликованы в четырех печатных работах, в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, получен один патент на изобретение.

Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с требованиями, предъявляемыми ВАК к диссертационным работам согласно ГОСТ Р 7.0.11-2011. Материал изложен подробно, логически выдержан, грамотно представлен графический и иллюстрационный материал.

Автореферат соответствует содержанию диссертации и отражает ее основные положения.

Выводы, сделанные соискателем в заключении по работе, совпадают с авторефератом, соответствуют заявленной цели исследования, в целом отражают поставленные задачи, вытекают из содержания диссертации и представляют основные результаты работы.

Вместе с тем имеются некоторые общие **замечания** по диссертации:

1. Анализ технологического процесса сушки зерна на предлагаемом аэродинамическом устройстве выполнен без учета вероятностного характера внешних возмущающих факторов (переменная влажность поступающего с поля зерна, температура и влажность окружающего воздуха и пр.), которые негативно влияют на его эффективность.

2. Предложенный комплексный показатель совершенства конструкции сушилки Кп не в полной мере позволяет оценить достоинства сушилок, поскольку в состав его не входят показатели качества конечного продукта.

3. Целесообразно было бы рассмотреть возможность и оценить эффективность использования в теплогенераторе сушилки вместо дизельного топлива более дешёвого топлива, например, газа. В настоящее время многие сельхозтоваропроизводители, занимающиеся выращиванием зерна переоборудуют теплогенераторы для работы с дорогим дизельным топливом на более дешёвый газ.

4. В тексте диссертации можно было сократить не везде оправданное цитирование ранее опубликованного материала.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация Коваленко Родиона Михайловича «Обоснование параметров и режимов работы системы рециркуляции воздуха аэродинамического устройства для сушки зерна» представляет собой научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи, имеющей важное значение для агропромышленного комплекса, направленной на повышение эффективности производства зерна на основе сокращения затрат на его сушку с применением системы рециркуляции агента сушки с подвешиванием свежего воздуха в ручном и автоматическом режимах.

Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, имеет заверченный характер и соответствует паспорту специальности 4.3.1. «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса».

Выполненная диссертационная работа советуется критериям, указанным в части первой пункта 9, а также пунктах 10, 11, 13 и 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней ...», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842 (с последующими изменениями), а ее автор Коваленко Родион Михайлович достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса».

Официальный оппонент:

Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технические системы в агробизнесе» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», специальность: 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (1999 г.)



Смелик Виктор Александрович

Полное наименование организации: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (сокращенное название: ФГБОУ ВО СПбГАУ).

Почтовый адрес: 196601, г. Санкт-Петербург-Пушкин, Петербургское шоссе, д.2

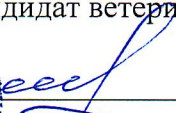
Телефон: (812) 470 04 22

Адрес электронной почты университета: agro@spbgau.ru

Ученое звание, ученую степень, должность и подпись **Смелика В.А.** заверяю:

ФГБОУ ВО СПбГАУ, профессор по научной и международной работе кандидат ветеринарных наук, доцент



 Р.О. Колесников

02 окт 2025 г. 2025 г.

вх. 09.10.2025г.