

## ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Нестерова Дмитрия Андреевича «Совершенствование процесса сушки зерна проса в СВЧ-аппарате с закрученными потоками теплоносителя», представленной в диссертационный совет Д212.035.01 при ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств**

Процессы сушки находят достаточно широкое использование в сельском хозяйстве, в элеваторной, пищевой, фармацевтической, микробиологической, текстильной, ряде отраслей химической, деревообрабатывающей, горнорудной промышленности, при производстве строительных материалов и в некоторых других отраслях. Назначение процессов снижения избыточной влажности разных материалов связано с подготовкой их к длительному хранению и предотвращением при этом существенных количественных и качественных потерь высушиваемых биологических и других объектов, с обеспечением полного или частичного затормаживания процессов окисления, коррозии, деполимеризации, а также процессов жизнедеятельности как в самих объектах сушки, так и в обитающих внутри них и (или) на их поверхности микроорганизмов и других живых (паразитных, вредящих) объектов, с направленным изменением свойств (физических, химических, механических, биологических и др.), формы, структуры, состава, агрегатных состояний материалов, с уменьшением их объема и массы, с повышением концентрации хозяйственно полезных компонентов в технологических средах для дальнейшей их переработки или для других вариантов использования.

Из существующего разнообразия практически применяемых способов и технологий сушки наибольшее распространение имеют тепловые конвективные, однако, при всех своих преимуществах они не лишены серьезных недостатков, к числу которых относятся их высокая энергоемкость, стоимость и продолжительность, неравномерность нагрева и удаления влаги, жесткость режимов термического воздействия, способная вызвать снижение показателей качества высушиваемых сред, уменьшение интенсивности тепломассообменных процессов в материалах на отдельных этапах сушки, ведущее к снижению производительности по влагосъему и ухудшению качественных характеристик обезвоживаемых объектов, а также некоторые другие недостатки, зависящие от используемых конструкций сушильных установок, наличия или отсутствия в них схем автоматизации, конкретных принципов энергосбережения, типов топочных блоков (теплогенераторов, ТЭН и др.), видов топлива и энергии и т.д.

Устранение даже отдельных видов из перечисленных недостатков процессов сушки, применяемых, например, для снижения влажности зерна в сельском хозяйстве, элеваторной, пищевой и перерабатывающей промышленности позволит решить ряд актуальных практических задач стоящих перед экономикой России, например таких как снижение себестоимости производства зерна и продуктов его переработки и обеспечение сохранности их высокого качества, сокращение затрат энергетических ресурсов в названных отраслях и повышение эффективности их использования, обеспечение экологической безопасности применяемых тепловых технологий и реализующего их оборудования и других.

Один из вариантов комплексного решения ранее упомянутых задач по совершенствованию процесса сушки проса предложен в рассматриваемом автореферате диссертации Нестерова Д.А. В данной квалификационной работе исследован способ снижения влажности зерна, находящегося во взвешенно-закрученном слое, за счет применения к нему комбинированного энергоподвода от закрученных потоков нагретого теплоносителя и СВЧ-обработки, а также создана оригинальная конструкция сушильного аппарата для его реализации, уникальность технического решения которого защищена патентом на изобретение РФ №2544406. Основными элементами научной новизны работы автора являются: кинетические закономерности процесса сушки зерна проса; найденные физико-механические, теплофизические и электрофизические характеристики проса как объекта сушки; разработанная статистическая модель для исследования взаимодействия различных факторов, влияющих на процесс снижения влажности зерна проса в

СВЧ-аппарате с закрученными потоками теплоносителя; созданная математическая модель процесса СВЧ-сушки зерна проса во взвешенно-закрученном слое, обладающая высокой детализацией и базирующаяся на общепринятых методах моделирования и физико-математического описания.

Анализ содержания глав диссертации, судя по автореферату, свидетельствует о её целостности, завершённости и достаточном уровне апробации.

По автореферату имеются следующие замечания:

1. В первых двух абзацах научной новизны работы (стр.4) автор называет в качестве таковой определенные им формы связи влаги в зерне проса. На наш взгляд, полученные Нестеровым Д.А. данные (стр.6-7) не являются новизной как таковой, поскольку повторяют результаты, найденные намного раньше во времени другими исследователями. Классификация форм связей влаги с материалами общеизвестна и разработана академиком Ребиндером П.А. (Ребиндер П.А. и др., 1952), получила дополнительное развитие применительно к процессам сушки у Лыкова А.В. (Лыков А.В., 1968) и была конкретизирована для влаги в зерне разных сельскохозяйственных культур в работах других авторов (Гинзбург А.С. и др., 1969; Куприц Я.Н. и др., 1977; Егоров Г.А., 1985; Казаков Е.Д., 1994 и др.).

2. В описании второй главы автореферата (стр.6-7) приведены результаты экспериментального определения форм связи влаги в зерне проса, а также физико-механические, теплофизические и электрофизические его параметры, но не указано для какого количества и каких конкретно наименований сортов и гибридов проса они найдены, при каких значениях начальной влажности и объемной плотности зерна проводились опыты, а также с использованием каких аппаратурно-приборных средств.

3. В третьей главе автореферата (стр.7-11) не приведено конструктивно-функциональной схемы, фотографии, описания устройства и принципа работы лабораторной установки, на которой проводились экспериментальные исследования, что не дает достаточно полного представления о методике и программе проведения опытов, а также не позволяет судить об адекватности переноса полученных в ней режимов процесса для использования в промышленном аппарате для сушки дисперсных материалов в закрученном потоке теплоносителя с СВЧ-энергоподводом (рис.12 стр.17).

4. В автореферате нигде не указываются марки и основные технические характеристики источников СВЧ-энергии (мощность и способ ее регулирования, КПД, время эксплуатации, тип генерируемой электромагнитной волны [ $H_{10}$ ,  $H_{11}$  или др.], вид охлаждения, величина  $K_{СВЧ_{Um}}$  и др.), используемых в лабораторной установке и в производственном СВЧ-аппарате с закрученными потоками теплоносителя, не говорится о том, проводились ли автором исследования по согласованию магнетрона с рабочей камерой сушилки, что особенно важно в условиях низкой заполненности рабочей зоны установки высушиваемым материалом, поскольку в этом случае в результате переотражения электромагнитной волны от стенок рабочей камеры может произойти возврат части энергии магнетрона, что приведет к выходу его из строя, а также вызовет существенное снижение его теплового КПД из-за непроизводительных потерь СВЧ-энергии, к неравномерности распределения электромагнитного поля СВЧ в рабочей камере, которая в свою очередь приведет к неравномерности нагрева и сушки зерна и к увеличению неэффективных энергозатрат на процесс. Таким образом, отсутствие в работе перечисленных сведений показывает, что в ней не дается никаких исходных данных для оценки эффективности проводимой СВЧ-обработки зерна в составе комбинированного способа сушки и эксплуатационной надежности работы СВЧ-блока в разработанном сушильном аппарате. Экспериментально выявленная технологическая эффективность сушки проса исследуемым способом не обязательно соответствует эффективному проведению в нем СВЧ-обработки.

5. Нуждается в объяснении, с чем связано снижение температуры нагрева материала (Т, К) на ряде режимов процесса сушки исследуемым способом в диапазоне времени от 3,5-3,8 мин. до 9 мин., показанное на графиках зависимости  $T = f(t)$  на рисунке 7в (стр.14), рисунках

8б, 9б, 10б (стр.15) и полученное по результатам расчета параметров процесса снижения влажности на разработанной автором математической модели. На первый взгляд, факт снижения температуры зерна противоречит физическому смыслу процесса сушки, поскольку с уменьшением отбора количества тепла на испарение влаги, из-за уменьшения ее количества в материале по мере обезвоживания, избыток тепловой энергии, подводимой в процесс должен повышать температуру зерна, или поддерживать ее на постоянном уровне, если учитывать снижение количества выделяемого тепла в материале от СВЧ-обработки из-за снижения влажности зерна.

6. В п.7 основных выводов и результатов по работе (стр.18) говорится о проведенных промышленных испытаниях, найденных в исследованиях оптимальных технологических параметров разработанного сушильного оборудования для зерна проса, но в тексте автореферата о сути этих испытаний ничего не сказано, в частности, о том, как в производственных условиях реализовывался разработанный автором процесс сушки. Кроме того нигде в автореферате не приведены числовые данные по результатам этих испытаний.

7. В автореферате не отражено проводилась ли технико-экономическая оценка эффективности разработанного автором СВЧ-аппарата для сушки проса в закрученном потоке теплоносителя и какая марка шахтной или барабанной сушилки была выбрана в качестве базового варианта для сравнения. Кроме того, для вычислений необходимо привести технические характеристики для разработанной автором производственной комбинированной сушилки (рис. 12 стр.17), поскольку все известные установки кипящего слоя, аэрофонтанные зерносушилки и аппараты с закрученными потоками теплоносителя всегда существенно уступают шахтным и барабанным сушилкам по производительности.

В целом, диссертационная работа Нестерова Дмитрия Андреевича, судя по автореферату, по формальным признакам отвечает требованиям действующего Положения о порядке присуждения учёных степеней, а её автор заслуживает присвоения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств.

Ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией  
био энерготехнологий подразделения СКНИИМЭСХ  
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,  
кандидат технических наук (специальность 05.20.01)  
e-mail: elektro\_skniimesh.rashn@mail.ru, тел.: 8-(863-59)-42-2-80  
347740, ул. им. Ленина, 14, г. Зерноград, Ростовская область

Максименко  
Владимир  
Андреевич  
11.05.2018г.

Ведущий инженер лаборатории  
био энерготехнологий подразделения СКНИИМЭСХ  
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»  
e-mail: buhantsov.k@gmail.com, тел.: 8-(951)-538-13-87  
347740, ул. им. Ленина, 14, г. Зерноград, Ростовская область

Буханцов  
Кирилл  
Николаевич  
11.05.2018г.

Подпись, должность и учёную степень Максименко В.А., подпись и должность Буханцова К.Н. удостоверяю

Специалист по персоналу  
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»



Е.А. Воротникова

Полное наименование и почтовый адрес организации: Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Аграрный научный центр «Донской» (СКНИИМЭСХ ФГБНУ «АНЦ «Донской»); 347740, ул. им. Ленина, 14, г. Зерноград, Ростовская область, Российская Федерация, e-mail: vniptim@gmail.com, тел./факс: 8-(863-59)-42-2-80