

УДК 631.365.22

Статья

## Экспериментальные исследования технологического процесса рециркуляционной зерносушилки бункерного типа

Николай В. Муханов<sup>1,\*</sup>, Степан А. Марченко<sup>2</sup>, Владимир В. Воронков<sup>3</sup>  
и Алексей Н. Шевяков<sup>4</sup>, Евгений А. Тихонов<sup>5</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени Д.К. Беляева, 153012, г. Иваново, ул. Советская, 45, E-Mail: [nikem81@rambler.ru](mailto:nikem81@rambler.ru)

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени Д.К. Беляева, 153012, г. Иваново, ул. Советская, 45, E-Mail: [stepmarchenko@yandex.ru](mailto:stepmarchenko@yandex.ru)

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени Д.К. Беляева, 153012, г. Иваново, ул. Советская, 45, E-Mail: [voronkov58@list.ru](mailto:voronkov58@list.ru)

<sup>4</sup> ФГБОУ ВО Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени Д.К. Беляева, 153012, г. Иваново, ул. Советская, 45, E-Mail: [alexshev1982@mail.ru](mailto:alexshev1982@mail.ru)

<sup>5</sup> Петрозаводский Государственный Университет, г. Петрозаводск, пр. Ленина 33; E-Mail: [tihonov@psu.karelia.ru](mailto:tihonov@psu.karelia.ru)

\* Автор, с которым следует вести переписку; E-Mail: [nikem81@rambler.ru](mailto:nikem81@rambler.ru);  
Tel.: +7-930-356-79-89;

Получена: 20 Ноября 2016 / Принята: 25 Ноября 2016 / Опубликовано: 7 Декабря 2016

---

**Аннотация:** При длительном хранении зерна важным показателем его сохранности является влажность, для снижения которой ниже критического уровня используют различные способы сушки и конструкции зерносушилок. Перспективными в этом направлении становятся зерносушилки, основанные на принципе активного вентилирования смесью воздуха и топочных газов. Для осуществления наиболее полноценного автоматизированного энергосберегающего процесса сушки и улучшения качества зерна, возникла необходимость в разработке рециркуляционной зерносушилке бункерного типа.

**Ключевые слова:** зерно; сушка зерна; рециркуляционная зерносушилка бункерного типа

---

*Article*

## **Experimental research of the technological process of bunker type recirculating dryer**

**Nikolaj Muhanov <sup>1,\*</sup>, Stepan Marchenko <sup>2</sup>, Vladimir Voronkov <sup>2</sup> and Alexej Shevyakov<sup>4</sup>, Evgeny Tihonov<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Ivanovo state agricultural Academy named after D. K. Belyaev, 153012, Ivanovo, Sovetskaya st. 45; E-Mails: [nikem81@rambler.ru](mailto:nikem81@rambler.ru) (N. M.)

<sup>2</sup> Ivanovo state agricultural Academy named after D. K. Belyaev, 153012, Ivanovo, Sovetskaya st. 45; E-Mails: [stepmarchenko@yandex.ru](mailto:stepmarchenko@yandex.ru) (S. M.)

<sup>3</sup> Ivanovo state agricultural Academy named after D. K. Belyaev, 153012, Ivanovo, Sovetskaya st. 45; E-Mails: [voronkov58@list.ru](mailto:voronkov58@list.ru) (V. V.)

<sup>4</sup> Ivanovo state agricultural Academy named after D. K. Belyaev, 153012, Ivanovo, Sovetskaya st. 45; E-Mails: [alexshev1982@mail.ru](mailto:alexshev1982@mail.ru) (A. S.)

<sup>5</sup> Petrozavodsk State University, Lenin av. 33, 185910 Petrozavodsk, Russia; E-Mails: [tihonov@psu.karelia.ru](mailto:tihonov@psu.karelia.ru) (E. A. T.).

\* Author to whom correspondence should be addressed; E-Mail: [nikem81@rambler.ru](mailto:nikem81@rambler.ru); Tel.: +7-930-356-79-89; Fax: none.

*Получена: 20 November 2016 / Принята: 25 November 2016 / Опубликовано: 7 December 2016*

---

**Abstract:** While long-time grain storage the main parameter of its preservation is humidity, for keep it below critical level is use the different ways of desiccation and grain-dryers design. The most perspective method in that topic is grain-dryers which are based on principle of air-combustion products compound active ventilation. For most automatic and low energy consumption desiccation process implementation and increasing of grain quality, there is necessity in bunker-type recirculating grain-dryer development.

**Keywords:** grain; grain drying; bunker type recirculating dryer

---

## 1. Введение.

Высокая пищевая ценность зерна и его многостороннее использование сделало данный продукт наиболее важным источником пищи не только человека, но и животных. Широкое распространение зерновых культур во всех природно-климатических зонах нашей планеты обусловлено еще и тем, что их выращивание, по сравнению с другими сельскохозяйственными культурами, связано с меньшими эксплуатационными и трудовыми затратами.

Проведенный анализ производства зерна в РФ показал, что за последние 5 лет оно увеличилось по сравнению с благоприятным 2011 годом на 29% [1, 2]. Однако, следует отметить, что еще велики потери зерна вследствие различных негативных факторов. К одному из таких факторов можно отнести высокий износ зернохранилищ, а именно более 60% элеваторов устарели и находятся в неудовлетворительном техническом состоянии. Из-за этого хранимое зерно портится, и потери достигают 3-5% в количестве, в качестве же потери еще выше, так как из продовольственного зерно в итоге превращается в фуражное, которое дешевле продовольственного [3]. В целом же после уборки урожая при перевозке и хранении теряется от 5 до 25 % зерна в зависимости как от технического оснащения элеваторов, так и общей культуры организации хранения. ФАО оценивает ежегодные потери зерна в 10 % от всего производства [4]. Максимумом для некоторых менее развитых стран является 30-50 % [4]. Оценивая же потери зерна в РФ за 2015 год, следует отметить, что они составили более 10% [1,2].

Таким образом, важнейшей задачей при производстве зерна является его сохранность в течение длительного периода времени. Это связано с тем, что зерно представляет собой живой организм, который может погибнуть, при несоблюдении определенных условий. Наиболее значимыми условиями сохранности зерна являются его влажность и температура.

Излишняя влага или повышенная температура могут привести к плесневению и к полной порче зернового материала. Влажность в значительной степени определяется методами уборки зерна. Если в прошлом, после скашивания, зерно могло созреть и высушиться в неплотных снопах в поле до обмолота, что способствовало потере большей части влаги, то в настоящее время комбайновый способ уборки предполагает наличие в зерновом ворохе, находящегося в бункере зерноуборочного комбайна, примесей растительного и минерального происхождения. Частицы соломы, колосьев, сорняков и т.п. обладая большей, чем зерно влажностью, за счет гигроскопичности зерновок передают им часть своей влаги. Поэтому влажность зерна после уборки выше, чем его влажность до уборки.

В связи с этим наиболее значимыми мероприятиями по послеуборочной обработке зерна являются:

- удаление из зернового вороха всех примесей на машинах первичной очистки зерна;
- обеспечение кондиционной влажности зерна, обеспечивающей его длительное хранение.

В настоящее время имеется достаточно большое количество способов удаления лишней влаги из зернового материала, но главенствующую роль в данном технологическом процессе занимает термическая сушка.

## 2. Материалы и методы

Зерно, как объект сушки, представляет собой очень сложную биологически живую систему со своими закономерностями и откликом на внешние воздействия окружающей среды – это обуславливает его сложный химический состав и структуру. [5]

В литературе понятию «зерно» обычно придают собирательное значение, имея в виду зерновой ворох. Однако в некоторых случаях требуется различать отдельно взятое зерно (зерновку) одной культуры от совокупности множества их в сочетании с зернами других культур, различными примесями (семена сорных растений, растительные остатки, почва, камни) и с воздухом (или агентом сушки), заполняющим пространство между ними. Такая совокупность является зерновым ворохом, по своему значению его приравнивают к зерновому слою, зерновой насыпи. Вместе с тем, физические и химические процессы, наблюдаемые при сушке зерновой массы, представляют собой суммарный результат большой совокупности процессов, совершающихся в пределах каждого отдельно взятого зерна. [5-8]

Как мы уже отмечали выше, особое влияние на свойства зерна оказывает содержащаяся в нем влага, так как зерно с повышенной влажностью не выдерживает длительного хранения из-за неконтролируемого самосогревания и развития плесневелых грибов. Поэтому путем сушки стремятся создать такие условия, при которых жизнедеятельность зерна, микроорганизмов и вредителей в зерновой массе сводилась бы к минимуму. Количественное содержание, состояние и характер взаимодействия влаги с тканями зерна оказывают решающее влияние на физические, биологические, физико-химические, структурно-механические, теплофизические и массообменные характеристики зерна. [5]

Единичная зерновка (зерно) представляет собой анизотропное коллоидное капиллярно-пористое тело с различным анатомическим строением основных частей – плодовые оболочки, зародыш и эндосперм. Плодовые оболочки, состоящие из нескольких слоев плотных клеточных стенок, содержат большое количество микро- и макрокапилляров и микропор, через которые пары воды проникают как в зерно, так и в обратном направлении, из чего можно сделать вывод, что плодовые оболочки не являются препятствием для удаления влаги из зерна в процессе сушки. [5, 9-10]

Следующие за плодовыми расположены семенные оболочки, состоящие из гиалинового и алейронового слоев, последний обладает такой же гидрофильностью, как и семенная оболочка. Нарушение режима сушки приведет к уплотнению клеток оболочек, что они становятся непроницаемы для паров воды, которые скапливаются внутри эндосперма. И в результате возрастания давления паров образуются «вздутые» зерна, это и есть так называемое явление «закала».

Эндосперм зерна представляет собой плотное квазикапиллярное пористое тело, с влагой, удерживаемой в микрокапиллярах. Зародыш зерна отличается высокой сложностью строения. Он состоит из живых клеток, особенно чувствительных к нагреву.

Специфические свойства зерна, как объекта сушки, в значительной мере обусловлены особым состоянием воды, содержащейся в зерне, и механизмом взаимодействия ее с веществами зерна. В зерне нет свободной воды. Она более или менее прочно связана с тканями зерна и его клетками или находится в виде водного раствора той или иной концентрации и состава.

Различие в строении и химическом составе разных частей зерна определяет неравномерность распределения влаги в зерновке, что, в свою очередь, влияет на скорость обезвоживания и нагрева составных частей зерна. Все это необходимо учитывать при выборе и обосновании режимов сушки.

По нашему мнению, для выбора оптимального режима процесса сушки большое значение имеют такие показатели зерна, как аэродинамические – гидравлическое сопротивление; физико-механические – упругость, скважистость, гигроскопичность; теплофизические свойства – теплоемкость, теплопроводность и термостойчивость. [5-6]

В зависимости от способа и режима термической сушки существуют различные конструкции зерносушилок. Причем они различаются между собой как по внешним признакам, так и по форме и исполнению самой сушильной камеры. Так, например, в шахтных сушилках в качестве элементов подвода агента сушки к влажному зерновому материалу и теплообменника служат каналы-короба или жалюзи; в барабанных – лопастная система; в напольных, карусельных, конвейерных и в бункерах активного вентилирования – перфорированная поверхность.

Эффективное использование достоинств различных типов зерносушилок возможно лишь при оптимизации параметров режимов сушки, а также толщины слоя зерна и его состояния в сушильной камере (плотный, разрыхленный, «кипящий» (взвешенный), фонтанирующий). [11]

В настоящее время за рубежом просматривается тенденция отказа от крупногабаритных и энергоемких конструкций зерносушилок, и переход на небольшие передвижные и стационарные зерносушилки способные в кратчайшие сроки высушить собранный урожай с минимальными энергозатратами. При этом, перспективными, на наш взгляд, являются конструкции сушилок, основанных на принципе активного вентилирования смесью воздуха и топочных газов (или нагретым воздухом от электрокалорифера), с различными по исполнению системами рециркуляции нагретого зерна в сушильной камере. В результате обеспечивается контакт нагретого материала с еще влажным не обработанным зерном, что способствует улучшению начальных условий его сушки. Кроме того, заслуживают внимания сушилки, использующие принцип осциллирующего (импульсного) режима сушки зерна, с наличием активных зон, в которых зерновой слой имеет меньшую толщину. Это позволяет улучшить влаго- и теплообмен в активной зоне сушилки, что способствует интенсификации процесса сушки зерна. Движение слоев зерна в активной зоне обеспечивается за счет работы транспортирующих органов и гравитационных сил. [2, 7, 11]

В целом конструкции зерносушилок должны отвечать трем основным современным требованиям:

- обладать высокой энергоэффективностью при использовании энергоносителей на тонну готовой продукции;
- обеспечивать равномерность обдува и нагрева, как слоя зернового материала, так и зерновок в отдельности;
- сохранять и улучшать качественные показатели высушиваемого зернового материала.

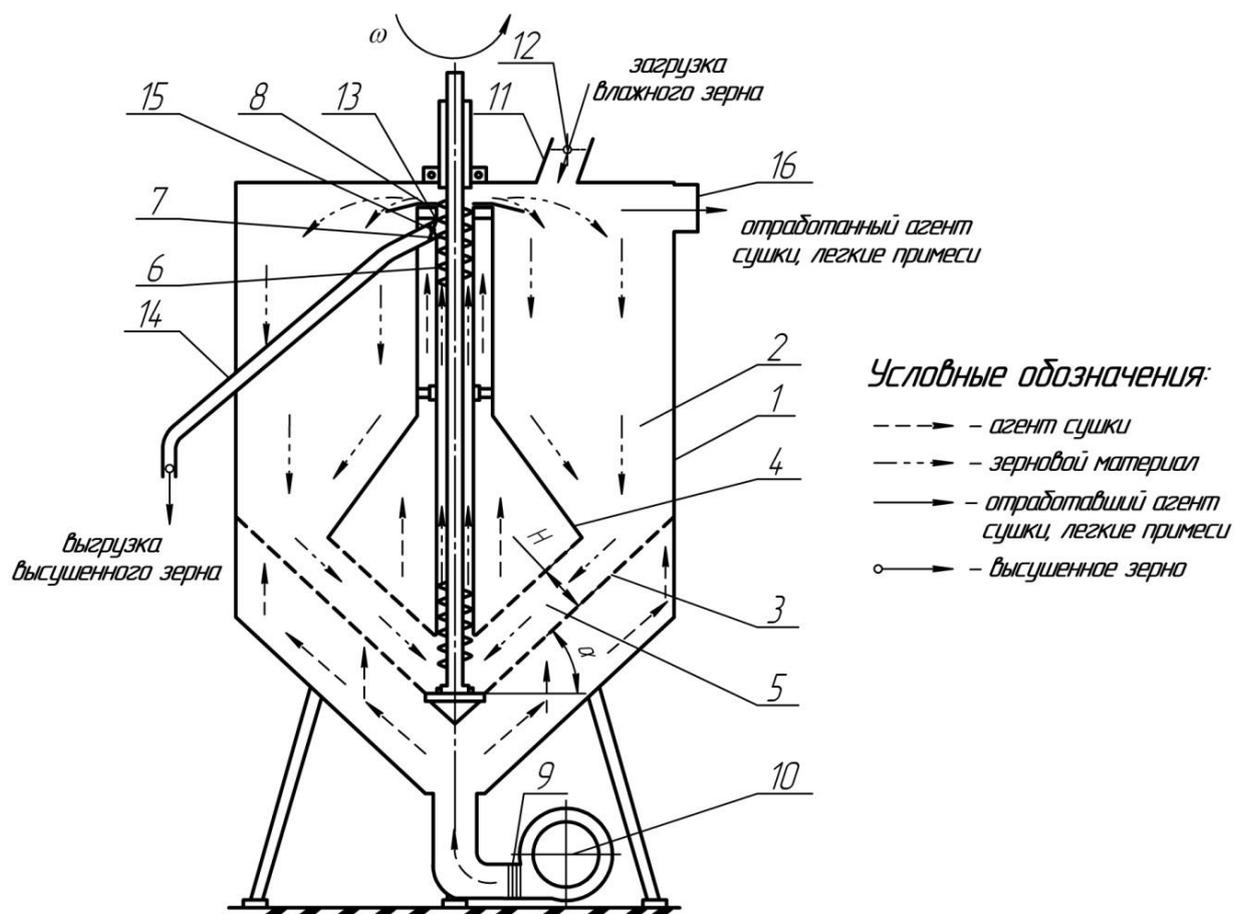
Исходя из указанных выше требований на базе лаборатории кафедры «Технические системы в агробизнесе» ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА была разработана и изготовлена действующая модель рециркуляционной зерносушилки бункерного типа (РЗБТ).

По проведенному литературному и патентному обзору на данный момент прямых аналогов предлагаемой конструкции не существует. Есть лишь близкие по техническому решению бункера активного вентилирования и мобильные зерносушилки как отечественного производства АгроТехМаш (г. Воронеж), так и импортные модели, выпускаемые различными компаниями такими как: Agrex, Mecmar, Fratelli Pedrotti, Zaffrani и т.п. Однако данные конструкции характеризуются значительной неравномерностью нагрева зерна, в толще высушиваемого, достигающей 3-4 градусов Цельсия и выше, неравномерностью охлаждения зерна, что не полностью отвечает агротехническим требованиям, а также отличаются значительными расходами энергоресурсов и высокой стоимостью установок.

Отличительной особенностью конструкции РЗБТ является наличие активной зоны, в которой происходит испарение влаги в движущихся слоях зернового материала.

Рециркуляционная зерносушилка бункерного типа (рис. 1) состоит из бункера, сушильной камеры с внутренним конусным днищем, центральной секции, кожуха транспортирующего

рабочего органа, транспортирующего рабочего органа с разбрасывающим диском, вентилятора, нагревателя, загрузочного патрубка с заслонкой, выгрузного цилиндрического желоба и выпускного дефлектора. [12, 13]



**Рисунок 1.** Функциональная схема РЗБТ: 1 – бункер; 2 – сушильная камера; 3 – днище; 4 – центральная секция; 5 – активная зона; 6 – кожух; 7 – транспортирующий рабочий орган; 8 – разбрасывающий диск; 9 – нагреватель; 10 – вентилятор; 11 – загрузочный патрубок; 12 – заслонка; 13 – выгрузное окно; 14 – выгрузной цилиндрический желоб; 15 – шарнирная заслонка; 16 – выпускной дефлектор

РЗБТ работает следующим образом. В начальный период после заполнения влажным зерном сушильной камеры 2 (рис. 1) последовательно включают вентилятор 10 и нагреватель 9. После достижения необходимой температуры нагрева зерна в активной зоне 5, при которой его влажность снижается на 0,40...0,45%, включают транспортирующий рабочий орган 7 (в виде вертикального шнека). С его помощью зерно поднимается на разбрасывающий диск 8 и равномерно распределяется по верхнему слою не нагретого зернового материала, где происходит тепломассообмен между слоями. Таким образом не нагретый слой зерна приобретает температуру на 4...5 °С выше от начальной. При установившемся режиме сушки остывающий верхний слой зерна в сушильной камере

нагревается только на  $2,0...2,5^{\circ}\text{C}$ . В результате, происходит снижение влажности зернового слоя в пределах  $0,03...0,05\%$ . Дополнительное снижение влажности нагретого зерна, сходящего с разбрасывающего диска, наблюдается за счет обдувания зерновок воздухом во время их полёта. [12, 13]



**Рисунок 2.** Лабораторная модель РЗБТ: 1 – тепловая пушка; 2 – бункер; 3 – приводной механизм; 4 – датчики температуры и влажности; 5 – пульт управления и вывода данных

Движение слоёв зерна в сушильной камере и её активной зоне осуществляется за счёт действия гравитационных сил, возникающих при постоянном освобождении объёма заборной части вертикального шнека при его вращении.

Отработанный агент сушки и легкие примеси, отделившиеся от зернового материала, поступают в атмосферу через выпускной дефлектор 16. Для достижения кондиционной влажности зерно должно пройти через активную зону  $10...15$  раз в зависимости от начальной влажности зернового материала.

По достижении зерна влажности  $15,0...15,5\%$  отключают нагреватель, чтобы охладить нагретый зерновой материал наружным воздухом, подаваемым в активную зону вентилятором. При этом удаляется свободная влага в виде пара из межзернового пространства. Процесс охлаждения зерна прекращают при достижении им кондиционной влажности  $14,0...14,5\%$ .

Выгрузку готового продукта осуществляют через выгрузное окно 13, для чего переводят заслонку 15 в выгрузном жёлобе в открытое положение. В результате зерновой материал, поднимаемый шнеком, поступает в окно и самотеком транспортируется из бункера зерносушилки. [12, 13]

### 3. Результаты

На лабораторной модели РЗБТ, для подтверждения работоспособности и эффективности конструкции были проведены ряд однофакторных экспериментов по сушке зернового материала с варьированием частоты вращения транспортирующего органа.

Эксперименты проводились с зернами яровой пшеницы сорта «Московская», которые искусственно увлажняли до 20%, и высушивали до кондиционной влажности – 14%.

На основании полученных экспериментальных данных были построены зависимости (рис. 3-7).

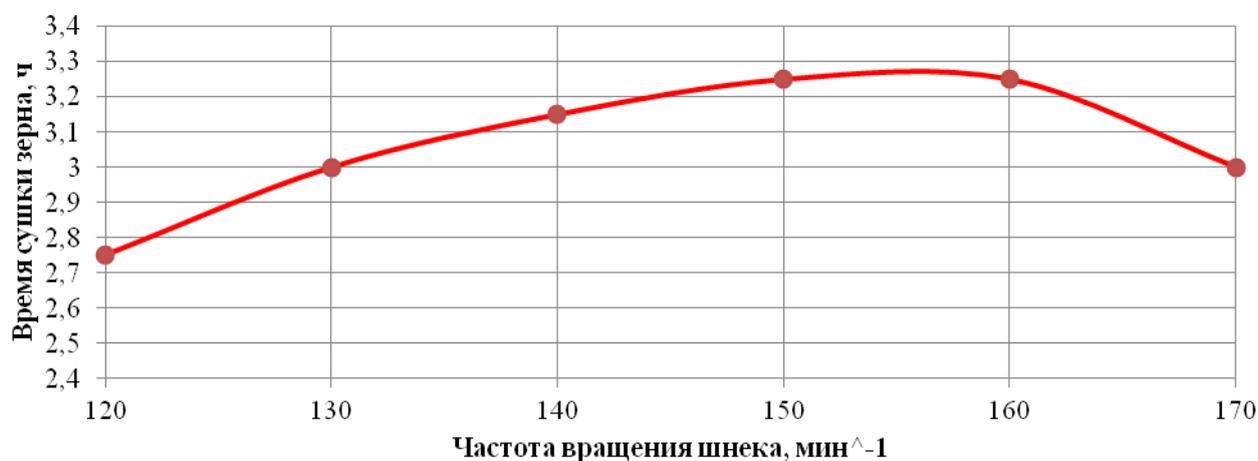


Рисунок 3. Зависимость времени сушки зерна от частоты вращения шнека

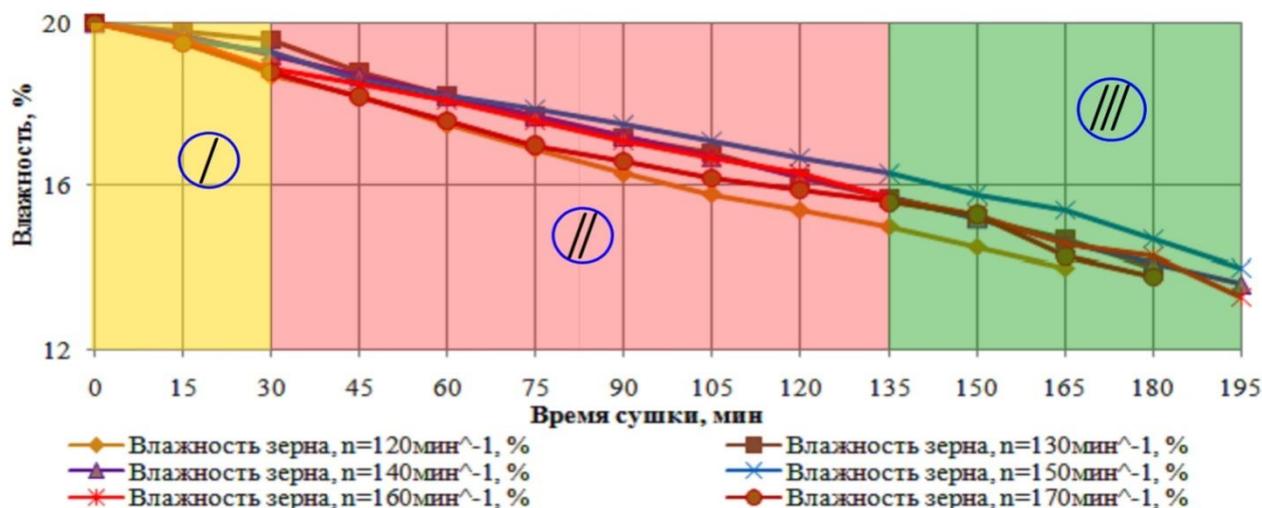


Рисунок 4. Зависимость значений влажности зерна от частоты вращения шнека и времени сушки

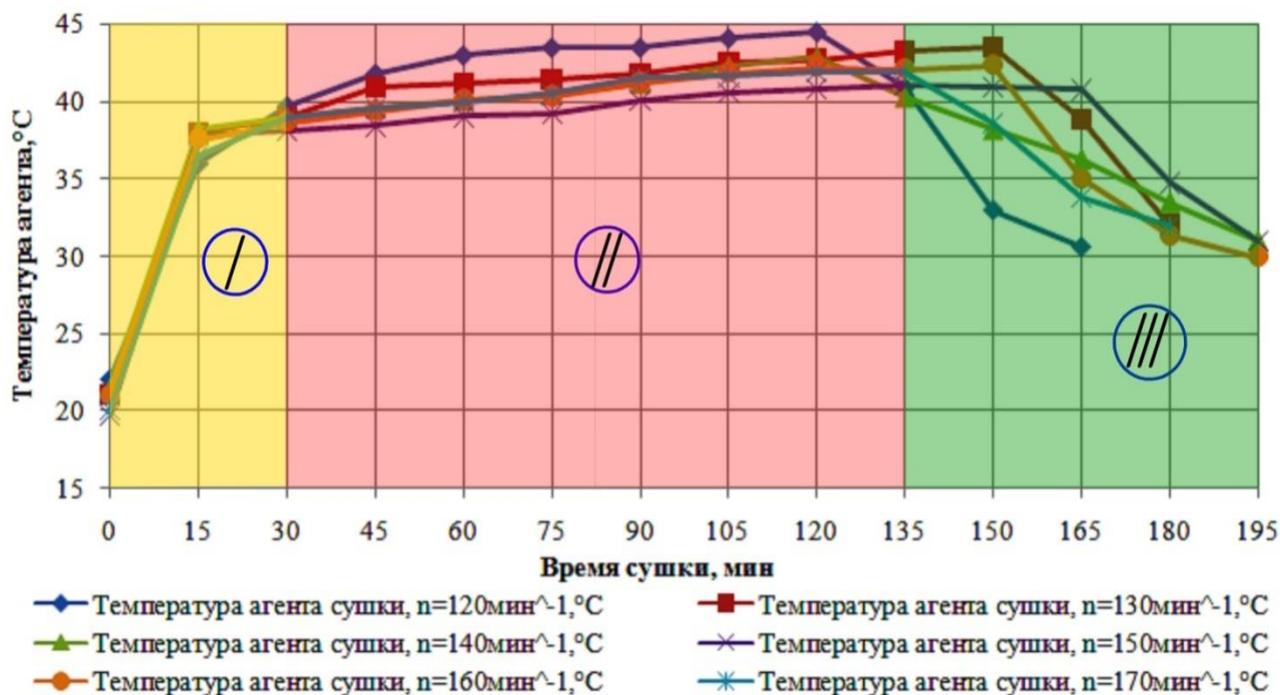


Рисунок 5. Зависимость значений температуры агента сушки в межзерновом пространстве от частоты вращения шнека и времени сушки

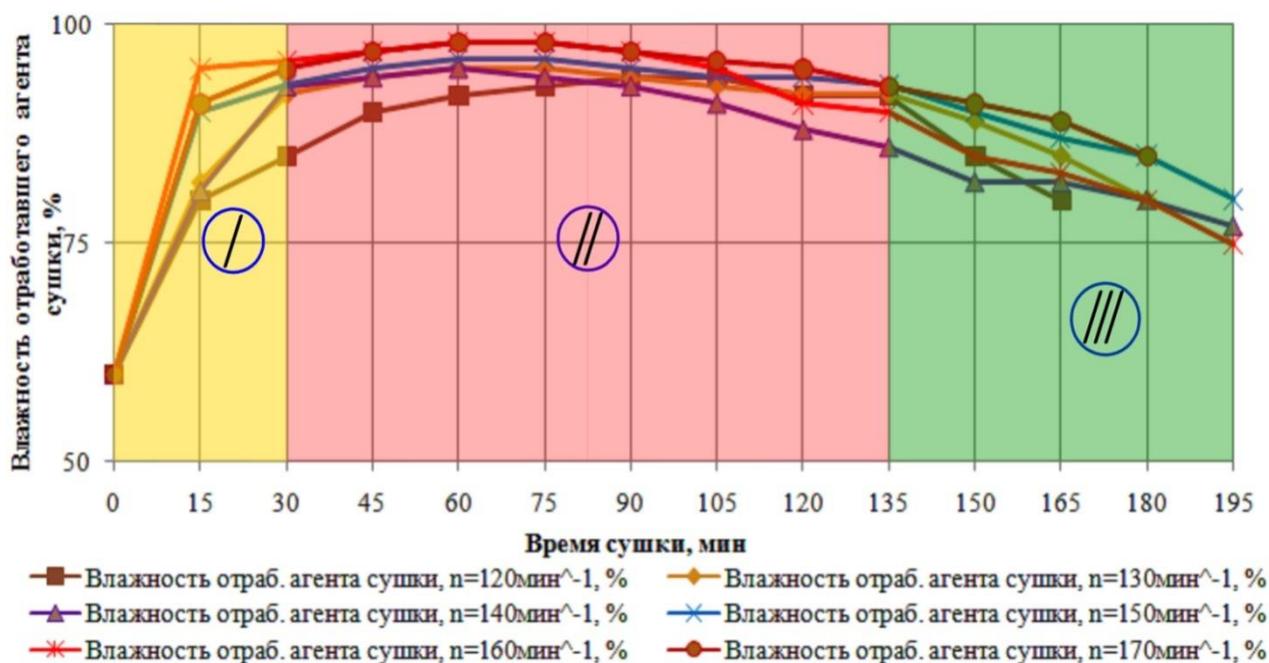
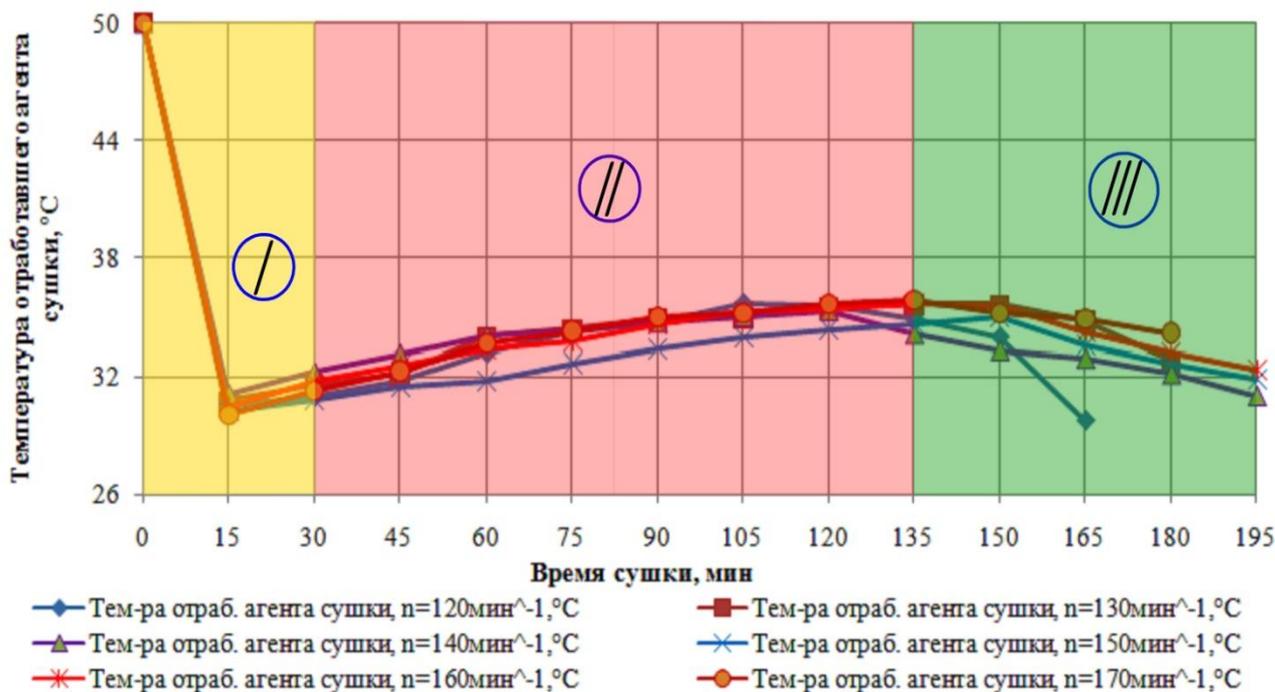


Рисунок 6. Зависимость значений влажности обработанного агента сушки от частоты вращения шнека и времени сушки



**Рисунок 7.** Зависимость значений температуры обработанного агента сушки от частоты вращения шнека и времени сушки

При систематизации результатов экспериментов, получена зависимость времени истечения зернового столба от частоты вращения шнека, диапазон изменения частоты вращения вертикального шнека составил 120...170 мин<sup>-1</sup>. Выбор такого диапазона обусловлен необходимой производительностью зерносушилки, а также минимальными потерями от дробления зерна при ее функционировании. Также были получены зависимости времени истечения зерна через активную зону и времени сушки зерна от частоты вращения транспортирующего органа, исходя из полученных зависимостей, можно констатировать, что минимальная экспозиция сушки наблюдается при частоте вращения вертикального шнека 120 мин<sup>-1</sup>.

Проведя анализ результатов экспериментов, можно сказать, что:

- процесс сушки зернового материала можно разделить на три характерных этапа: предварительный нагрев, рабочий нагрев и охлаждение;

- на этапе предварительного нагрева происходит интенсивное повышение температуры агента сушки в активной зоне и происходит съем свободной влаги с поверхности зерна;

- на этапе рабочего нагрева в связи с началом выравнивания температуры зернового материала происходит стабилизация температуры агента сушки с выходом ее на заданный температурный режим, в результате происходит разрушение связей внутренней влаги с сухим веществом зерновки и выход влаги через поры оболочки зерна;

- на этапе охлаждения зерновой материал взаимодействует с охлаждающим агентом, снимающим остаточную влажность и доводящим температуру зернового материала до необходимой по агротребованиям;

- частота вращения транспортирующего органа вследствие различной скорости прохождения через активную зону зернового материала оказывает влияние на его параметры, что сказывается как на степени ожигания, так и на степени прогреваемости, что в свою

очередь ведет к изменению величины съема влаги за один проход через активную зону, разница между значениями в одинаковый промежуток времени может составить 25...50%;

– теплоноситель, проходя сквозь зерно в активной зоне насыщается, но не поступает в сушильную камеру, а выводится наружу, сокращая экспозицию сушки на 10...12%.

#### 4. Обсуждение и заключение

Полученные результаты позволяют также сформулировать гипотезу о том, что при соответствующем выборе параметров, увеличение температуры агента сушки не приведет к перегреву зерна, увеличение влагосодержания агента сушки – к его дополнительному увлажнению зернового материала, а уменьшение экспозиции сушки – к недосушке зерна.

Проведенные эксперименты показали работоспособность конструкции РЗБТ, но только при изменении одного параметра. В данных экспериментах не рассматривалось изменение других параметров способных повлиять на процесс сушки, как с положительной, так и отрицательной точки зрения. К таким параметрам можно отнести: живое сечение дна сушильной камеры, оптимальный угол естественного откоса влажного зерна разных культур, толщина зернового слоя в активной зоне, скорость зернового материала, проходящего через активную зону.

*Работа выполнена в рамках реализации комплекса научных мероприятий Программы стратегического развития ПетрГУ на 2012-2016 гг.*

#### Литература

1. Обзор сельского хозяйства в 2015 году: производство зерновых и масличных культур [Электронный ресурс]. URL: // [http://id-marketing.ru/goods/obzor\\_selskogo\\_hozjajstva\\_v\\_2015\\_godu\\_proizvodstvo\\_zernovyh\\_i\\_maslichnyh\\_kultur.htm#\\_ftnref1](http://id-marketing.ru/goods/obzor_selskogo_hozjajstva_v_2015_godu_proizvodstvo_zernovyh_i_maslichnyh_kultur.htm#_ftnref1) (дата обращения 1.12.2016).
2. Муханов Н.В., Марченко С.А., Воронков В.В., Шевяков А.Н. Исследование технологического процесса работы рециркуляционной зерносушилки бункерного типа // Проблемы и перспективы инновационного развития агротехнологий: Материалы XX Международной научно-производственной конференции (Белгород, 23 – 25 мая 2016 г.). Т.2. – Белгород: Белгородский ГАУ, 2016. С.58-59
3. Платонова Е. Урожай зерна в России впервые в новейшей истории превзойдет мощности хранения // Газета.ru от 12.08.2016 [Электронный ресурс]. URL: // <https://www.gazeta.ru/business/2016/08/11/10118735.shtml> (дата обращения 1.12.2016).
4. Ильина З., Кондратенко С., Ёнчик Л. Мировая продуктовая порча // Белорусское сельское хозяйство: ежемесячный научно-практический аграрный журнал [Электронный ресурс]. URL: // <http://agriculture.by/articles/agrarnaja-politika/mirovaja-produktovaja-porcha> (дата обращения 1.12.2016).
5. Марченко С.А., Муханов Н.В. Зерно как объект сушки // Материалы VII Всероссийской научно-практической заочной конференции молодых ученых «Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи». – Курган: КГСХА, 2015. С. 63-65
6. Гержой, А.П. Зерносушение и зерносушилки / А.П. Гержой, В.Ф. Самочетов. - Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1967. – 255 с.
7. Марченко С.А., Муханов Н.В., Шевяков А.Н. Обоснование функциональной схемы зерносушилки // Современные тенденции развития науки и производства: сборник

материалов Международной научно-практической конференции (21-22 января 2016 года). Том 2 – Кемерово: ЗапСибНЦ, 2016. С. 406-410.

8. Марченко С.А., Муханов Н.В., Шевяков А.Н. К выбору конструктивных параметров активной зоны рециркуляционной зерносушилки бункерного типа // В сборнике: Сельское хозяйство – драйвер российской экономики (для обсуждения и выработки решений). Оргкомитет международной агропромышленной выставки – ярмарки «Агрорусь-2016». 2016. С. 311.
9. Шевцов, А.А. Зерносушение: учеб. пособие / А.А. Шевцов, А.В. Дранников, С.В. Куцов; Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж: ВГТА, 2011. – 80 с.
10. Зверев, С.В., Зверева Н.С. Физические свойства зерна и продуктов его переработки. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 176 с.
11. Шевяков А.Н., Марченко С.А., Муханов Н.В. Развитие зерносушилок // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения / Сборник научных трудов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. 2016. С. 477-480.
12. Заявка на пат. № 2015148327. Рециркуляционная зерносушилка бункерного типа [Электронный ресурс] // URL: [http://www1.fips.ru/fips\\_servl/fips\\_servlet](http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet) (дата обращения 1.12.2016).
13. Марченко С.А., Муханов Н.В., Шевяков А.Н. Обоснование функциональной схемы зерносушилки // Современные тенденции развития науки и производства: сборник материалов Международной научно-практической конференции (21-22 января 2016 года). Том 2 – Кемерово: ЗапСибНЦ, 2016. С. 406-410.

## References

1. Obzor selskogo hozyaystva v 2015 godu: proizvodstvo zernovyih i maslichnyih kultur [Elektronnyiy resurs]. URL: // [http://id-marketing.ru/goods/obzor\\_selskogo\\_hozjaystva\\_v\\_2015\\_godu\\_proizvodstvo\\_zernovyih\\_i\\_maslichnyih\\_kultur.htm#\\_ftnref1](http://id-marketing.ru/goods/obzor_selskogo_hozjaystva_v_2015_godu_proizvodstvo_zernovyih_i_maslichnyih_kultur.htm#_ftnref1) (data obrascheniya 1.12.2016).
2. Muhanov N.V., Marchenko S.A., Voronkov V.V., Shevyakov A.N. Issledovanie tehnologicheskogo protsessa raboty retsirkulyatsionnoy zernosushilki bunkernogo tipa // Problemy i perspektivy innovatsionnogo razvitiya agrotekhnologiy: Materialy XX Mejdunarodnoy nauchno-proizvodstvennoy konferentsii (Belgorod, 23 – 25 maya 2016 g.). T.2. – Belgorod: Belgorodskiy GAU, 2016. S.58-59
3. Platonova E. Urojay zerna v Rossii v pervyye v noveyshey istorii prevzoydet moschnosti hraneniya // Gazeta.ru ot 12.08.2016 [Elektronnyiy resurs]. URL: // <https://www.gazeta.ru/business/2016/08/11/10118735.shtml> (data obrascheniya 1.12.2016).
4. Ilina Z., Kondratenko S., Enchik L. Mirovaya produktovaya porcha // Belorusskoe selskoe hozyaystvo: ejemesyachnyiy nauchno-prakticheskiy agrarnyyi jurnal [Elektronnyiy resurs]. URL: // <http://agriculture.by/articles/agrarnaja-politika/mirovaja-produktovaja-porcha> (data obrascheniya 1.12.2016).
5. Marchenko S.A., Muhanov N.V. Zerno kak obyekt sushki // Materialy VII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy zaочноy konferentsii molodyih uchenyih «Razvitie nauchnoy, tvorcheskoy i innovatsionnoy deyatel'nosti molodezhi». – Kurgan: KGSNA, 2015. S. 63-65

6. Gerjoy, A.P. Zernosushenie i zernosushilki / A.P. Gerjoy, V.F. Samochetov. - Izd. 4-e, pererab. i dop. – M.: Kolos, 1967. – 255 s.
7. Marchenko S.A., Muhanov N.V., SHEvyakov A.N. Obosnovanie funktsionalnoy shemyi zernosushilki // Sovremennyye tendentsii razvitiya nauki i proizvodstva: sbornik materialov Mejdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (21-22 yanvarya 2016 goda). Tom 2 – Kemerovo: ZapSibNTS, 2016. S. 406-410.
8. Marchenko S.A., Muhanov N.V., SHEvyakov A.N. K vyboru konstruktivnykh parametrov aktivnoy zonyi retsirkulyatsionnoy zernosushilki bunkernogo tipa // V sbornike: Selskoe hozyaystvo – drayver rossiyskoy ekonomiki (dlya obsujdeniya i vyirabotki resheniy). Orgkomitet mejdunarodnoy agropromyshlennoy vyistavki – yarmarki «Agrorus-2016». 2016. S. 311.
9. SHEvtsov, A.A. Zernosushenie: ucheb. posobie / A.A. SHEvtsov, A.V. Drannikov, S.V. Kutsov; Voronej. gos. tehnol. akad. – Voronej: VGTA, 2011. – 80 s.
10. Zverev, S.V., Zvereva N.S. Fizicheskie svoystva zerna i produktov ego pererabotki. – M.: DeLi print, 2007. – 176 s.
11. SHEvyakov A.N., Marchenko S.A., Muhanov N.V. Razvitie zernosushilok // Nauchnoe obespechenie razvitiya APK v usloviyah importozamescheniya / Sbornik nauchnykh trudov mejdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii professorsko-prepodavatelskogo sostava. Ministerstvo selskogo hozyaystva Rossiyskoy Federatsii, Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyiy agrarniy universitet. 2016. S. 477-480.
12. Zayavka na pat. № 2015148327. Retsirkulyatsionnaya zernosushilka bunkernogo tipa [Elektronnyiy resurs] // URL: [http://www1.fips.ru/fips\\_servl/fips\\_servlet](http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet) (data obrascheniya 1.12.2016).
13. Marchenko S.A., Muhanov N.V., SHEvyakov A.N. Obosnovanie funktsionalnoy shemyi zernosushilki // Sovremennyye tendentsii razvitiya nauki i proizvodstva: sbornik materialov Mejdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (21-22 yanvarya 2016 goda). Tom 2 – Kemerovo: ZapSibNTS, 2016. S. 406-410.