Ягунин Сергей Сергеевич. Повышение эффективности сушилок ядрицы путем оптимизации загрузки и режимов сушки : диссертация ... кандидата технических наук : 05.20.01, 05.20.02.- Тамбов; Мичуринск, 2006.- 197 с.: ил. РГБ ОД, 61 06-5/3065

61**:**06**-**5/3065

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНО­ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ТЕХНИКИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ (ГНУ ВИИТиН)

На правах рукописи



**Ягунин Сергей Сергеевич**

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СУШИЛОК ЯДРИЦЫ ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАГРУЗКИ И РЕЖИМОВ СУШКИ**

Специальность 05.20.01 — Технологии и средства механизации

сельского хозяйства

Специальность 05.20.02 - Электротехнологии и электрооборудование

в сельском хозяйстве

**Диссертация**

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научные руководители: доктор технических наук, профессор **Тишанинов Н.П.,** доктор технических наук **Нагорнов С.А.**

Тамбов - Мичуринск - 2006

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВА­НИЙ 8

1Л. Анализ способов сушки 8

* 1. Классификация и анализ средств сушки с конвективным подводом тепла 22
	2. Анализ исследований процесса конвективной сушки зерна..31

Выводы по главе 41

Цель и задачи исследований 42

1. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СУШКИ ГРЕЧНЕВОЙ ЯДРИЦЫ 43
2. Оценка влияния величины массы продукта в цикле сушки на качество и эффективность процесса 43
3. Тепловой анализ процесса сушки ядрицы в сушилках цикли­ческого типа 51
4. Математическое моделирование процесса сушки ядрицы ..61
5. Анализ тепло- и влагообмена в процессе сушки ядрицы... 61
6. Анализ кинетики сушки ядрицы 73

Выводы по главе 79

1. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИС­СЛЕДОВАНИЙ 81
2. Программа экспериментальных исследований 81
3. Методика определения физико-механических свойств крупы ядрицы 82
4. Методика исследований процесса сушки гречневой крупы

ядрицы 85

1. Обоснование факторов, диапазонов варьирования и крите­риев оценки процесса сушки 93
2. Методика определения коэффициента диффузии влаги 94

Выводы по главе 100

4. РЕЗУЛЬТАТЫ И АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕ­ДОВАНИЙ 101

* 1. Анализ эксплуатационно-технологических и энергетических показателей процесса сушки ядрицы 101
		1. Кинетика температур агента сушки и продуктового

слоя 102

* + 1. Показатели производительности и энергоемкости процесса 111
	1. Анализ теплового баланса сушилки ядрицы 117
		1. Анализ теплопотерь с поверхности сушилки и на нагрев металлоконструкции 118
		2. Анализ затрат теплоты на нагрев продукта и выпаривание влаги 124
		3. Анализ структуры энергозатрат на процесс сушки ядрицы 126
	2. Анализ результатов исследований процесса сушки с четы­рехрядным калорифером 128
	3. Результаты исследований массообмена (сушки) гречневой ядрицы 133
	4. Анализ результатов исследований качества сушки

ядрицы 137

Выводы по главе 140

5.ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВА­НИЙ 143

Выводы по главе 148

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ 149

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 151

ПРИЛОЖЕНИЯ 162

ВВЕДЕНИЕ

Одно из ведущих мест в инфраструктуре технических средств послеуборочной обработки зерна на сельскохозяйственных предприятиях и его последующей переработки занимают процессы сушки зерновых культур и их аппаратурное оформление. Основ­ными требованиями, предъявляемыми к сушилкам, являются: улучшение технологических свойств высушиваемого материала; снижение энергозатрат на проведение процесса сушки посредст­вом интенсификации этого процесса.

В настоящее время совершенствование сушильного оборудо­вания находится на новом этапе, обусловленном появлением в сельскохозяйственном производстве различных форм собственно­сти. Помимо крупных агропромышленных предприятий появилось множество небольших сельскохозяйственных производственных кооперативов, фермеров и мелких частных перерабатывающих предприятий, занимающихся выращиванием или переработкой зерна, а мощная зерносушильная техника сосредоточена в основ­ном на элеваторах и крупных сельскохозяйственных предприяти­ях. При сдаче на хранение зерновых культур на элеватор к нему предъявляются жесткие требования. Если влажность или засорен­ность культур выходит за рамки ограничительной кондиции, то та­кое зерно либо не принимают на хранение, либо поднимают цены за подработку до уровня, достигающего 50% себестоимости произ­водства зерна, недоступного фермерам и мелким сельскохозяйст­венным предприятиям.

Вышесказанное обуславливает необходимость обеспечения этих категорий сельскохозяйственных товаропроизводителей ма­логабаритной, высокоэффективной, энерго- и ресурсосберегающей техникой для сушки зерна.

Однако простым масштабированием (при переходе от суши­лок большой производительности, установленных на элеваторах, к малым, обеспечивающим потребности указанных категорий сель­ских товаропроизводителей) эту задачу решить оказалось невоз­можно. Существующие сушилки в большинстве случаев не только физически, но и морально устарели, поскольку возможности их при существующих ценах на энергоресурсы исчерпаны. Поэтому при переходе от крупногабаритных сушилок к новым, отвечающим современным экономическим и экологическим требованиям, есте­ственно, возникла проблемная ситуация. Высокая технико­экономическая эффективность процесса сушки, повышение произ­водительности труда и улучшение санитарно-гигиенических и эко­логических условий производства возможны только при создании нового типа сушильного оборудования.

Используемое в настоящее время оборудование для сушки зерна наряду с большими габаритными размерами характеризуется высокой энерго - и металлоемкостью при низком качестве высу­шиваемого зернового материала. Дальнейшее внедрение передо­вых методов сушки в производство сдерживается недостатками существующего оборудовании.

Таким образом, разработка малогабаритных, высокоэффек­тивных, энерго - и ресурсосберегающих сушилок для указанной категории сельских товаропроизводителей является весьма акту­альной задачей, которая предопределила цель исследований: по­вышение эффективности процесса сушки гречневой ядрицы путем оптимизации режимов работы малогабаритной конвективной су­шилки периодического (циклического) действия.

Исследования проводились по программе НИР Российской академии сельскохозяйственных наук (задание 01. 02. на

1. .2005 гг.) в государственном научном учреждении ВИИТиН.

На защиту выносятся:

-математические модели обоснования компромиссных решений по выбору режимов работы сушилок в мно­гокритериальном пространстве (производительность, энергоемкость, качество процесса и затраты на тех­нологическое обслуживание);

* математическое описание теплового баланса суши­лок циклического действия;
* экспериментальные зависимости производительности сушилок, энергоемкости и качества процесса с кине­тикой температурных режимов и величиной загрузки сушильной камеры;
* взаимосвязи результативных показателей с исходной температурой продукта, характеристиками калорифера;

 взаимосвязь кинетики температурных режимов суш­ки и продолжительности протекания процесса с вели­чиной слоя просушиваемого продукта и его влагосо- держанием.

**ОБЩИЕ ВЫВОДЫ**

1. В малотоннажных перерабатывающих линиях целесооб­разно использовать сушилки периодического действия с непод­вижным разрыхленным состоянием продуктового слоя при конвек­тивном теплообмене и возможности регулирования температуры сушильного агента.
2. Основным параметром режима работы сушилок цикличе­ского действия следует считать массу ядрицы (Мя) в цикле сушки, определяющую кинетику температурных режимов (при прочих равных условиях), качество, производительность и энергоемкость процесса, а резервы эффективности их использования должны ба­зироваться на сравнении возможного повышения производитель­ности и снижения затрат на технологическое обслуживание с по­терями от вынужденной пересушки ядрицы при увеличении Мя.
3. Анализ кинетики температурных режимов сушки с ис­пользованием трехрядного калорифера позволил установить, что после времени нагрева т = 0,4...0,5тОТк температура продукта сни­жается на 12,5... 16%, а в интервале охлаждения падает до 0°С, так как процесс охлаждения протекает по принципу «испарителя - ох­ладителя».
4. При снижении загрузки сушильной камеры с 63,6 кг до
5. кг (в 1,8 раза) продолжительность цикла сушки снижается в 2,14 раза, приращение температур в надрешетной камере снижает­ся в 3 раза, а период приращения температур - в 1,7 раза, что под­тверждает возможность повышения производительности и сниже­ния теплопотерь при уменьшении Мя.
6. Оптимальная производительность сушилки с трехрядным калорифером достигается при Мя = 40...46 кг и составляет 99 кг/ч (по основному времени) и 86 кг/ч (по эксплуатационному). Удель­ная энергоемкость процесса изменяется в диапазонах 1,68...2,09 кВт-ч/кг выпаренной влаги и 0,187...0,365 кВт-ч/кг высушенной ядрицы. Сушилка с четырехрядным калорифером обеспечивает по­вышение производительности на 31%, существенное снижение удельной энергоемкости.
7. В структуре теплового баланса средние затраты энергии на нагрев продукта, компенсацию теплопотерь с поверхности и с отработанным сушильным агентом примерно равны и составляют
8. .22,6%, на выпаривание избыточной влаги - 31,5%, на нагрев металлоконструкции сушилки - 8,7%.
9. Тепловой и интегральный КПД сушилок с одним типом калорифера изменялись в исследуемой области незначительно - rjT = 55,2...58%, tJh = 48,5...54,1 %. Разница между этими величинами определяется долей энергии на привод вентилятора, которая в среднем составляет 0,85 кВт-ч за цикл сушки.
10. Качество процесса сушки ядрицы снижается с увеличени­ем Мя в 3,3 раза и послойно - от нижнего к верхнему в 1,36...2,14 раза, что подтверждает существенность резерва эффективности от снижения вынужденной пересушки ядрицы при уменьшении за­грузки сушильной камеры в цикле сушки.
11. Годовой экономический эффект от использования сушил­ки с оптимальными режимами работы и параметрами составляет 196,9 тыс. рублей, когда сушильное оборудование не лимитирует производительность перерабатывающей линии и 268,5 тыс. рублей - при недостатке сушильного оборудования за счет дополнитель­ного эффекта от увеличения производительности.