



**МЛНЧ-2015**

Международные Лыковские научные чтения



**ВЕБ-КОНФЕРЕНЦИЯ**

**Первые Международные Лыковские научные чтения,  
посвящённые 105-летию академика А.В. Лыкова**

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СУШКИ  
И ТЕРМОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ  
В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
И АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**

**22 - 23 СЕНТЯБРЯ 2015 ГОДА**

*Веб-конференция «Первые Международные Лыковские научные чтения,  
посвящённые 105-летию академика А.В. Лыкова – МЛНЧ-2015» прово-  
дится при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных  
исследований - проект № 15-08-20703-г*

Москва 2015

УДК 687  
ББК 37.23  
А43

**Председатель Оргкомитета**  
Председатель Комитета РосСНИО  
по проблемам сушки и термовлажностной обработки материалов,  
д.т.н., профессор Рудобащта Станислав Павлович

**Заместители Председателя Оргкомитета**  
член-корр. НАН Р. Беларусь, д.т.н., профессор  
**Павлюкевич Николай Владимирович,**  
академик РААСН, д.т.н., профессор  
**Федосов Сергей Викторович**

**Учёный секретарь Оргкомитета**  
учёный секретарь Комитета РосСНИО по проблемам сушки и термовлажностной обра-  
ботки материалов, к.т.н., профессор Кошелева Мария Константиновна

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СУШКИ И ТЕРМОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ** [Текст]: сборник научных статей Первых Международных Лыковских научных чтений (22-23 сентября 2015 года) / РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ЗАО «Университетская книга», Курск, 2015., 485 с.

**ISBN 978-5-9907009-4-9**

В сборник включены научные статьи российских и зарубежных учёных, представленные на вебинаре, в которых рассматриваются вопросы теории и математического моделирования процессов сушки и термовлажностной обработки различных материалов, проблемы сушки и термовлажностной обработки материалов в химической, пищевой, текстильной и лёгкой промышленности, в строительной индустрии, древесины, вопросы экологической и производственной безопасности при проведении рассматриваемых процессов, методы и средства контроля и управления данными процессами.

Материалы сборника предназначены для преподавателей вузов, аспирантов, научно-технических и инженерно-технических работников различных отраслей промышленности и агропромышленного комплекса.

**ISBN 978-5-9907009-4-9**

УДК 687  
ББК 37.23

© Российский государственный  
аграрный университет – МСХА  
имени К.А. Тимирязева, 2015  
© ЗАО «Университетская книга», 2015  
© Авторы статей, 2015

УДК 664.723.011:633.16

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ЗЕРНА ПРОСА  
IMPROVING THE PROCESS OF DRYING MILLET**

**Л.К. Овсянникова\*, В.В. Юрковская \*\*  
L.K. Ovsyannikova\*, V.V. Yurkovskaya\*\***

*\*Одесская национальная академия пищевых технологий, Украина, Одесса,  
(e-mail: ludok-08@bk.ru).*

*\*\*Одесская национальная академия пищевых технологий, Украина, Одесса,  
(e-mail: nika\_onaft@mail.ru).  
Odessa National Academy of Food Technologies Ukraine Odessa*

*Аннотация:* Данная работа посвящена исследованию процесса двухэтапного способа сушки новых сортов проса (Вітрило, Ювілейне). Этот способ предусматривает два этапа – сушку и охлаждение зерна. Влажное и сырое зерно на первом этапе сушат в конвективных прямооточных зерносушилках в нисходящем температурном режиме до влажности, которая на 1,5...2,0 % превышает кондиционную (для проса – 15,0...15,5 %). На втором этапе зерно направляют в тепломасообменник (емкости для отлежки) и затем охлаждают наружным воздухом до температуры, не превышающей температуру окружающей среды более 10 °С. Исследованы закономерности изменения показателей их качества в процессе сушки. Рассчитаны основные показатели эффективности внедрения технологической линии сушки проса.

**Abstract:** This paper is devoted to the study of a two-stage drying process of new varieties of millet (Vitry, Yuvileyne). The method comprises two steps - drying and cooling of the grains. Wet and raw grain in the first phase ramjet dried in convective dryers downstream temperature conditions to humidity, which is 1.5...2.0 % higher than the conditioned (for millet – 15.0...15.5 %). The second stage seed directed to teplomasoobmennik (tank binning) and then cooled to ambient air temperature not exceeding ambient temperature over 10 °C. The regularities of changes in indicators of quality in the drying process. Calculated key performance indicators of technological line of drying millet.

**Ключевые слова:** Просо; двухэтапная сушка; технологическая линия; энергозатраты  
**Keywords:** Millet, two-stage drying, processing line, energy.

С появлением современных сортов проса актуальным является усовершенствование технологии их послеуборочной обработки, применения современных методов сушки и хранения, которое позволит сохранить ценные свойства проса и уменьшить энергозатраты при его обработке.

Процессы сушки и конструкции зерносушилок постоянно совершенствуются. Но возможности снижения расхода топлива и электроэнергии не исчерпаны. Для выбора рациональных температурных режимов сушки мелкосеменных культур, таких как просо, определение производительности зерносушилок при их сушке, а также расходов теплоты и, соответственно, топлива на сушку, необходимо знать, кроме основных свойств данной культуры, и закономерности кинетики их сушки. Известно, что для сушки зерна применяют конвективные зерносушилки.

Постановка задачи: обоснование эффективных режимов термической обработки проса новых сортов (Вітрило, Ювілейне), что позволит снизить энергозатраты на послеуборочной его обработку, улучшить качество и обеспечить их долговременное гарантированное хранение.

Результаты исследования. Исследованы физико-технологические свойства и геометрические показатели свежесобранного зерна проса различных типов при разной влажности, которые могут быть использованы на практике при организации технологического процесса хранения, подготовки и переработки зерна проса для пищевых и кормовых целей.

Установлены закономерности кинетики сушки и охлаждения зерна проса при различных способах термообработки. Главным фактором, влияющим на конечную температуру зерна проса, является температура сушильного агента. На продолжительность процесса сушки и коэффициент сушки в основном влияет начальная влажность зерна. Кроме того, влияет совместное действие температуры сушильного агента и начальной влажности семян. Конечная температура нагревания семян не превышает предельное значение 50 °C (в зависимости от начальной влажности).

Микробиологические показатели зерна проса подтверждают удовлетворительное качество свежесобранного зерна проса и в процессе хранения после его термической обработки, а пробная выпечка хлеба показывает, что зерно проса целесообразно использовать в хлебопекарной промышленности.

Для исследования была составлена математическая модель наиболее распространенной на заготовительных элеваторах и ХПП шахтной прамоточной зерносушилки типа ДСП-32от, в которой можно реализовать двухэтапную технологию сушки зерна по схеме, приведенной на рис. 1.

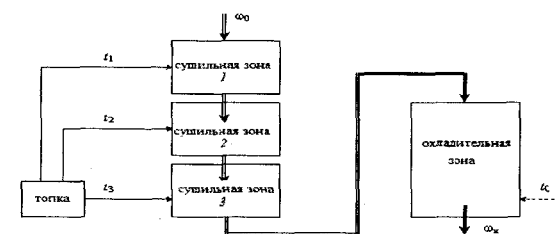


Рисунок 1. Параметрическая схема двухэтапной сушки зерна в зерносушилке типа ДСП-32от

Проведено компьютерное математическое моделирование работы зерносушилок по традиционному и трехступенчатому нисходящему режиму двухэтапного способа сушки зерна проса с начальной влажностью  $w_0$  (18,3...24,2 %). Сущность математической модели и алгоритма расчетов состоит в следующем. Для расчета режимов сушки исходными данными являются влажность  $w_0$  и температура  $\square_0$ , т.е. начальные параметры зерна. Объемы сушильных зон  $V_1$ , толщина слоя зерна, скорость агента сушки по зонам и ряд других постоянных величин — конструктивные параметры сушилки. Нормируемая влажность зерна на выходе из сушилки  $w_k$  и его температура на выходе из каждой зоны  $\square_1$   $\square_{доп}$  являются граничными условиями. Например, при традиционном способе зерно проса сушили до конечной влажности 13,5 % по двухступенчатому восходящему режиму в соответствии с действующей «Інструкцією по сушінню продовольчого, кормового зерна, насіння олійних культур та експлуатації зерносушарок (Одеса-Київ: ДАК «Хліб України», 1997. 72 с.).

При двухэтапной сушке зерно проса сушили до влажности 15,5 % по трехступенчатому нисходящему режиму. Для реализации этого режима сушки охлаждающую зону сушилки необходимо подключить газоходом к топке сушилки ДСП-32от. После отволаживания зерна в бункере (силосе), оборудованном системой активного вентилирования, его постепенно охлаждали наружным воздухом.

Шахтную прамоточную зерносушилку рассчитывали с учетом статистики процесса сушки на основе балансовых уравнений. Следует подчеркнуть, что термический к.п.д. сушилок зависит от параметров наружного воздуха. Основные полученные результаты проведенных расчетов зерносушилки при сушке зерна приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Технично-экономические показатели сушилки

Показатели	Способ сушки	
	традиционный	двухэтапный
Производительность плановая, пл. т/ч	32,00	42,00
Производительность по сырому зерну, т/ч	29,09	38,18
Общее извлечение влаги, %	5,00	7,00
Производительность по выпаренной влаге, т/ч	2,37	3,11
Удельные затраты топлива на сушку зерна, кг/пл. т	11,78	9,79
Термический к.п.д. сушилки, %	51,98	62,35

Анализ приведенных данных показывает, что применение двухэтапного способа сушки позволяет повысить плановую производительность сушилки на 31,2 %, снизить затраты топлива на 20,3 %, а тепловой к.п.д. зерносушилки повысить на 19,9 %.

Использование разработанной математической модели для расчетов прамоточной сушилки позволяет не только выявить технико-экономические показатели ее работы в конкретных условиях, но и рекомендовать более экономичные режимы сушки.

## Список литературы

1. Лыков А.В. Теория сушки. Изд. 2-е, перер. и доп. М.: Энергия. 1968. – 472 с.
2. Рудобашта С.П. Массоперенос в системах с твёрдой фазой. М.: Химия. 1980.– 248с.
3. Камышник Л.Д., Журавлев А.П., Хасанова Ф.М. Сушка и хранение семян подсолнечника. М.: Агропромиздат, 1989. – 95 с.
4. Schneider, A. Neue Diagramme zur Bestimmung der relativen Luft - feuchtigkeit über gesättigten, wässrigen Salzlosungen und wässrigen Schwefelsäure - losungen bei verschiedenen Temperaturen // Holz als Roh - und Werkstoff, 1960. Jahrg. 18. Heft 7. S. 269 - 272.
5. Гинзбург А.С., Анискин В.И., Окунь Г.С., Чижиков А.Г. Гигроскопические свойства зерна различных культур. – М.: ЦИНТИ Госкомзагот. СССР, 1967.
6. Гинзбург А.С., Дубровский В.П., Казаков Е.Д., Окунь Г.С., Резчиков В.А. Влага в зерне. М.: «Колос», 1969.
7. Забавин И.С., Рудобашта С.П. Исследование равновесной влажности зерна // Труды международного научно-технического семинара «Актуальные проблемы сушки и термовлажностной обработки материалов». Воронеж, 2010. С. 330 - 336.
8. С.П. Рудобашта, Г.А. Зуева, Н.А. Зуев. Гигроскопические свойства семян // Известия вузов. Химия и химическая технологи. 2015. Т. 58. Вып. 1. С. 68-71.
9. Henderson S.M. // Agricultural Engineering. 1952. V. 33. N 1. P. 29 - 32.