

# ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СУШКИ ЗЕРНА

## FEATURES OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF GRAIN DRYING

Авторы: *Опалёнов Андрей Олегович (Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н.Толстого)*

Аннотация: *В данной статье представлены особенности технологического процесса сушки зерна. Также был дан краткий математический анализ массы просушенного зерна в плановых тоннах для всех типов сушилок. А также были указаны агротехнические требования.*

Ключевые слова: *Сушка, зерно, способ, влажность, хранение.*

Annotation: *This article presents the features of the technological process of grain drying. A brief mathematical analysis of the mass of dried grain in planned tons for all types of dryers was also given. Agrotechnical requirements were also indicated.*

Keywords: *Drying, grain, method, humidity, storage.*

Сушка влажных материалов базируется на двух основных принципах: удалении влаги из материала в виде жидкости и путем превращения жидкости в пар.

Первый принцип обезвоживания получил воплощение в механическом (прессование, центрифугирование) и сорбционном (смешивание с влагопоглощающими веществами) способах сушки.

Второй принцип обезвоживания связан с подводом теплоты к материалу для испарения влаги. В зависимости от способа передачи теплоты различают: конвективный, кондуктивный, радиационный, электрический, молекулярный способы тепловой сушки.

Механический способ целесообразно применять только при удалении свободной влаги: прессование используют при выделении соков из плодов и ягод, а центрифугирование – при сушке древесины, зерна (намоченного дождем, после влажного обеззараживания, сортирования по удельному весу в жидкости).

Сорбционный способ применяют при обезвоживании материалов, не переносящих сушки или теряющих ценные свойства при нагревании (семена фасоли, сои, гороха, вики и др., которые начинают трескаться уже при нагреве до 27°). При этом семенной материал смешивают с влагопоглотителем (силикагелем, опилками и др.), выбираемым с учетом легкого последующего отделения его от высушенного материала, или с более сухим материалом (той же или другой культуры).

Сушка не требует расхода теплоты, но протекает очень медленно и требует

выделения и регенерации влагопоглотителя.

Конвективный способ основан на передаче теплоты, необходимой для нагрева материала и испарения из него влаги, конвекцией от движущегося газообразного теплоносителя (нагретого воздуха или его смеси с топочными газами). Теплоноситель также поглощает и уносит испаренную из материала влагу.

Кондуктивный способ предполагает непосредственный контакт материала с нагретой поверхностью и передачу теплоты путем кондукции (теплопроводности). Процесс связан с большим расходом топлива, имеет низкую скорость и не обеспечивает необходимого качества из-за неравномерного нагрева материала.

Радиационный способ характеризуется подводом теплоты к материалу в виде лучистой энергии: солнечных лучей при естественной и инфракрасных лучей при искусственной сушке. Применение последней ограничивается низким к. п. д. и значительным расходом электрической энергии (1,5 кВт·ч на 1 кг испаренной влаги).

Электрический способ заключается в нагреве и испарении влаги из материала, помещенного в поле токов высокой частоты между двумя пластинами (обкладками конденсатора. Несмотря на быстрый, равномерный нагрев и высокую интенсивность сушки способ не находит широкого применения из-за большого расхода электрической энергии (3 кВт·ч на 1 кг испаренной влаги).

Молекулярная сушка (сублимация) состоит в первоначальном отъеме теплоты от высушиваемого материала, в результате чего температура его значительно снижается, а влага самозамораживается и выходит на поверхность в виде кристалликов льда, и в последующем подводе теплоты, что приводит к превращению льда в водяные пары, минуя жидкую фазу. Способ находит применение при сушке овощей, фруктов, различных биологических препаратов. Низкая производительность и высокая стоимость сдерживают его распространение.

Сушилки классифицируют по характеру процесса сушки – периодического и непрерывного действия; по мобильности – стационарные и передвижные, по состоянию высушиваемого материала – с неподвижным, подвижным плотным, подвижным разреженным материалом; по направлению движения теплоносителя относительно зернового потока – прямоточные, противоточные, с поперечным потоком.

Сушка неподвижного материала применяется в стеллажных, лотковых, жалюзийных, ленточных, напольных, карусельных сушилках (рисунок 1.1 а, б, в, г, д, е) Все они относятся к сушилкам периодического действия, т. е. загрузка и разгрузка их производится через определенные промежутки времени. Теплоноситель пронизывает слой материала, расположенного на сетках (стеллажах), на перфорированных металлических лотках (контейнерах), на наклонных полках (жалюзи), на бесконечной перфорированной ленте (сетке), на воздухопроницаемой ткани, нагревает его, поглощает влагу и удаляется наружу. Вследствие неравномерности нагрева слоя материала, низкого к. п. д. и невозможности обеспечения поточности процесса эти сушилки используются для малосыпучих материалов, требующих длительной сушки.

Сушка подвижного плотного материала осуществляется в шахтных сушилках, где теплоноситель, поступающий из подводящих коробов, пронизывает зерно, движущееся между коробами под действием силы тяжести, нагревает его, поглощает влагу и удаляется через отводящие короба. Скорость движения зерна изменяется с помощью выпускного механизма. Особенностью использования шахтных сушилок является необходимость предварительной очистки зернового материала

Сушка подвижного разреженного материала применяется в барабанных сушилках, имеющих медленно вращающийся, несколько наклоненный цилиндр с расположенными внутри лопастями, вдоль которого движутся в одном направлении высушиваемый материал, пересыпаемый лопастями, и теплоноситель.

Шахтные и барабанные сушилки относятся к сушилкам непрерывного действия.

Культура, сорт	Исходная влажность зерна до сушки	Пропуски через зерносушилку		Тип сушилки	
		всего	номер пропуска	шахтная	
				температура, °С	
				агента сушки	семян
Ячмень, Оренбургский кормовой	17	2	1 2	90	45
Яровая пшеница, Карабалыкская 90	19	4	1 2 3 4	90	45

Таблица 1 - Режимы сушки семенного зерна

Массу просушенного зерна в плановых тоннах (М) для всех типов сушилок рассчитывают по формуле:

$$M = M_f * K_v * K_k,$$

где  $M_f$  — фактическая масса сырого зерна, поступившего в сушилку, т;  $K_v$ ,  $K_k$  — коэффициенты пересчета массы зерна в плановые единицы соответственно в

зависимости от влажности зерна до и после сушки и культуры. =Массу зерна после сушки вычисляем по формуле:

$$M2 = M1 * (100 - W1) / (100 - W2),$$

где M1 — масса зерна до сушки, т; W1, W2 — соответственно влажность зерна до и после сушки, %. Например, масса ячмень (семена) после сушки будет равна:

$$M2 = 230 * (100 - 17) / (100 - 15) = 224,6 \text{ т}$$

Агротехнические требования представляют из себя:

Влажность – важнейший показатель качества семян и зерна. От содержания воды в зерне зависит его пищевая и кормовая ценность, стойкость при хранении, рентабельность перевозок, технология переработки. Стандартами установлены четыре состояния зерна по влажности: сухое, средней сухости, влажное и сырое (таблица 2).

Влажность зерна в период уборки колеблется в больших пределах и зависит от культуры, сорта, сроков уборки, погодных условий.

На длительное хранение необходимо засыпать зерно сухое или средней сухости (кондиционной влажности), в котором жизнедеятельность и дыхание самого зерна почти останавливается, прекращается развитие вредителей и микроорганизмов. Поэтому для сохранности зерна необходимо влажность его снижать и доводить до кондиционной. Процесс удаления влаги из зерна называется сушкой.

Культура	Сухое	Средней сухости	Влажное	Сырое
Пшеница, ячмень, овес, Рожь, гречиха, кукуруза	До 14,0	14,1...15,0	15,6...17,0	Свыше 17,0
Рапс	До 8,0	8,1...10,0	10,1...12,0	Свыше 17,0

Таблица 2 - Состояние зерна по влажности, %

Высокого качества сушки можно достичь при соблюдении оптимальных значений основных показателей процесса сушки: температуры нагрева материала, температуры теплоносителя, продолжительности сушки, скорости движения материала и теплоносителя.

При нагреве зерна сверх допустимой температуры происходит распад веществ (денатурация белка), входящих в состав клеток, отмирание протоплазмы и гибель зерна как живого организма. Высокотемпературный и продолжительный нагрев обуславливает потери питательных веществ. Максимально допустимая температура зависит от исходной влажности материала и продолжительности пребывания его в нагретом состоянии. Так, при влажности продовольственного зерна 25% и продолжительности пребывания его в нагретом состоянии 15 мин максимальная

температура нагрева не должна превышать 52°C. Увеличение времени пребывания до 30 (60) мин снижает допустимое значение максимальной температуры нагрева на 3 (6)°С.

Повышение предельной температуры при снижении влажности материала делает целесообразным введение ступенчатых режимов сушки – на каждом последующем этапе сушки повышают температуру нагрева зерна в соответствии со снижением их влажности. После каждого пропуска рекомендуется охлаждение и отлежка зерна (5-6 ч), во время которой влага из внутренних слоев перемещается к их поверхности. Для семенного зерна предельная температура нагрева ниже на 5-8°C по сравнению с продовольственным. Расход теплоносителя поддерживают максимально возможным, не допуская выноса зерна из отводящих воздухопроводов.

Установленные параметры настройки и контроля тепловых режимов сушки на сушилке СЗШР-16 представим в таблице 3.

Культура	Исходная влажность зерна	Количество ступеней сушки	Предельная температура теплоносителя, °С	
			семенное зерно	продовольств. зерно
Пшеница, рожь, ячмень	до 18	одна	70	120...130
	18...20	одна	65	110...120
	22...26	две: 1-я	60	110
		2-я	65	110
	более 26	две: 1-я	55	110
		2-я	60	110

Таблица. 3 - Режимы сушки семенного и продовольственного зерна на сушилке СЗШР-16

Требуемую температуру нагрева зерна обеспечивают изменением температуры теплоносителя и экспозицией сушки.

### Использованные источники

1. Манасян, С.К. Моделирование и интенсификация процесса сушки зерна//Механизация уборки, послеуборочной обработки и хранения зерна: мат-лы 2-й Междунар. науч.-практ. конференции «Земледельческая механика в растениеводстве» (г. Москва, ГНУ ВИМ, 17-18. 12. 2003г.)// Науч. тр. ВИМ. - Т.148. - М., 2003. - С.216-225.
2. Цугленок, Н.В. Функциональное описание процесса сушки зерна/Н.В. Цугленок, С.К. Манасян, Н.Н. Конусов//Вестн. КрасГАУ. - 2005. - № 8. - С. 217-221.
3. Манасян,С.К. Принципы конвективной сушки зерна / С.К. Манасян // Вестн. КрасГАУ. - 2008.-№ 6. - С. 145-150.