



УДК 664.723.047

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СУШКИ ЗЕРНА В УСТАНОВКАХ ПЛОТНОГО СЛОЯ

КОРБАТОВА Е.А.

*Студентка 5 курса инженерного факультета
специальность «Механизация сельского хозяйства»
Научный руководитель ЗИМИН И.Б., к.т.н., доцент
ФГБОУ ВПО «Великолукская ГСХА», Россия*

Основной проблемой в технологическом процессе сушки зерна является повышение пропускной способности зерносушилок с одновременным снижением затрат тепловой энергии на единицу удаленной влаги. Одним из путей решения рассматриваемой проблемы является предварительный нагрев зерна перед сушкой. Для реализации данного способа интенсификации сушки зерна нами предлагается использовать бункера активного вентилирования с усовершенствованной воздухораспределительной системой.

Сушка зерна, предварительный нагрев зерна, агент сушки, бункер активного вентилирования, воздухораспределительные корпуса.

Основной проблемой в технологическом процессе сушки зерна является повышение пропускной способности сушильных агрегатов с одновременным снижением затрат тепловой энергии на единицу удаленной влаги. В связи с этим, научными учреждениями, заводами-изготовителями и практикой разработаны способы интенсификации этой важной операции [7].

Одним из таких способов является перевод сушилок на работу с рециркуляцией отработавшего агента сушки, прошедшего сушильную или охладительную камеры. Рециркуляция отработавшего агента сушки может быть полной или частичной [3].

У большинства шахтных зерносушилок агент сушки используется однократно, пронизывая и сырую, ещё не нагретую массу в верхних секциях шахт, и полусухую, уже нагретую почти до предела массу в нижних секциях. Вместе с тем, из технологии сушки хорошо известно, что сырую массу необходимо подсушивать агентом с более низкой температурой. С другой стороны, если в верхней части сушилки агент сушки использует свою влагопоглощающую способность почти полностью, то сказать это о нижних камерах нельзя. Таким образом, отработавший в нижних секциях шахт агент сушки имеет ещё достаточно высокую температуру и влагопоглощающую способность, т.е. для массы в верхних шахтах он может ещё являться полноценным агентом сушки.



На практике, рассмотренный выше способ интенсификации сушки зерна предполагает проход агента сушки последовательно через три секции шахты колонковой сушилки, когда агент сушки с максимально возможной температурой снимает влагу сначала в нижней секции шахты, а затем, несколько остыв, - в средней и, наконец, развернувшись, просушивает наиболее сырую массу в верхней секции. После этого агент сушки выбрасывается в атмосферу. Наибольшую трудность в осуществлении сушки по такой технологии представляет расчет параметров процесса сушки с тем, чтобы агент сушки в верхней зоне не насытился влагой до предела, иначе вместо подсушки он будет увлажнять зерно и при определенных условиях даже образовывать конденсат, что не допустимо [7].

С рециркуляцией отработавшего агента сушки работает зерносушилка фирмы «Картер-Дей» (США). В данном зерносушильном агрегате сушильная колонна разделена на две зоны, но на рециркуляцию (в топочный агрегат) направляется отработавший агент сушки только с нижней сушильной зоны, смешиваясь с нагретым наружным воздухом, который прошел охлаждающую секцию. Существенное сокращение расхода топлива на нагрев смеси в теплогенераторе связан с тем, что рециркулирующая часть агента сушки имеет температуру на входе в топочный агрегат 32...49°C.

Интенсификация процесса сушки возможна не только путем рециркуляции агента сушки, но и самой просушиваемой зерновой массы [5]. Этот прием особенно эффективен при сушке высоковлажного зерна. Дело в том, что обычная прямоточная сушка предусматривает однократный пропуск зерна через сушильную (сушильные) и охлаждающую камеры (колонки). При необходимости значительного влагосъема возможен многократный пропуск зерна через сушилку или перевод шахт с параллельной на последовательную схему работы. Высоковлажное зерно можно высушить и за один пропуск, поддерживая температуру агента сушки на уровне предельно допустимой, однако в этом варианте технико-экономические показатели сушилки существенно снизятся. Во избежание перегрева и ухудшения качества зерна его влажность в прямоточных сушилках снижают не более чем на 6...8%.

В отличие от прямоточных сушилок, в рециркуляционных сушилках часть просушенного зерна смешивается с вновь поступающим сырым зерном, вследствие чего последнее просушивается до кондиционной влажности за один пропуск. Чем выше исходная влажность сырого зерна, тем в меньшем количестве его подают в сушилку и тем большая масса сухого зерна совершает рециркуляцию.

Принцип действия рециркуляционных сушилок сводится к следующему. По замкнутому контуру сушилки непрерывно движется большой поток сухого зерна, в несколько раз превышающий фактическую производительность сушилки. В этот поток вводят сырое зерно в объеме производительности сушилки.



ки, одновременно выводя соответствующий объем сухого зерна из контура рециркуляции.

Важным элементом рециркуляционной сушки является процесс нагрева смеси сырого и рециркулирующего зерна в теплообменнике в течение 10...20 мин, где происходит перераспределение теплоты и влаги между сырыми холодными и сухими нагретыми зернами путем контактного теплообмена (сорбционная сушка сырого зерна). При этом происходит выравнивание температуры и влажности в слое, а также перемещение влаги к поверхности единичных зерновок. Тщательное перемешивание сырых и сухих зерновок является одним из условий эффективной работы такой сушилки.

После теплообменника зерновую смесь направляют на сушку в сушильную камеру (камеры), при выгрузке из которой поток разделяется на два; один из них направляется на дальнейшую обработку или в склад, а второй - на рециркуляцию. При наличии в сушильном агрегате двух параллельно работающих шахт (например, сушилки ДСП-32 и СЗШ-16) из одной шахты пускают зерно на рециркуляцию, а из второй - на выгрузку. Такой вариант удобен в эксплуатации ещё и тем, что экспозицией сушки во второй шахте добиваются просушки зерна до кондиции.

Технологический эффект рециркуляционной сушки достигается за счет применения предварительного подогрева массы, контактного теплообмена с минимальным расходом энергии и использования агента сушки с более высокой температурой, как в камере предварительного нагрева, так и в основной (рециркуляционной) камере.

Еще одним из технологических приемов интенсификации процесса сушки является повышение эффективности процесса влагоотдачи путем использования отлежки нагретого зерна [2]. В этом случае внутри продуваемой агентом сушки зерновой массы продолжается интенсивный влагоперенос из внутренних слоев зерновок к их поверхности, а также процесс выравнивания температуры и влажности всего слоя. Экономичность этого процесса связана с выделением влаги за счет внутренней тепловой энергии зерновок и последующего более легкого удаления этой свободной влаги. Сушилки, использующие рассматриваемый прием, оборудуются промежуточными зонами отлежки между сушильными секциями шахт (например, шахтная сушилка ЛСО Чешской Республики). Такое же назначение имеют и промежуточные камеры польских сушилок М-819 и М-839.

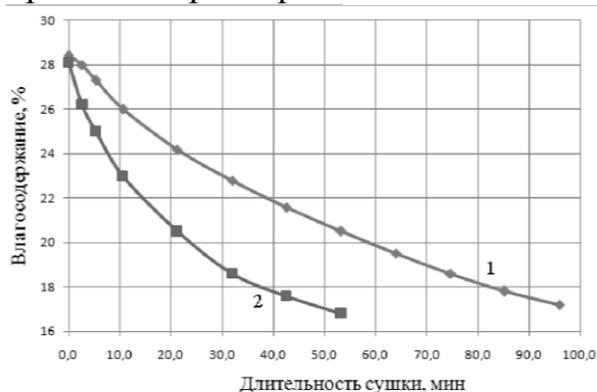
Иногда процесс отлежки применяют при циклической сушке. В этом случае более длительный процесс (2,5...3 ч) называют промежуточным отволаживанием и проводят его в отдельных емкостях (например, силосах с перфорированными стенками) с обязательным удалением выделяющейся влаги вентилированием.

Одним из наиболее эффективных и приемлемых способов интенсификации процесса сушки является предварительный нагрев зерна перед

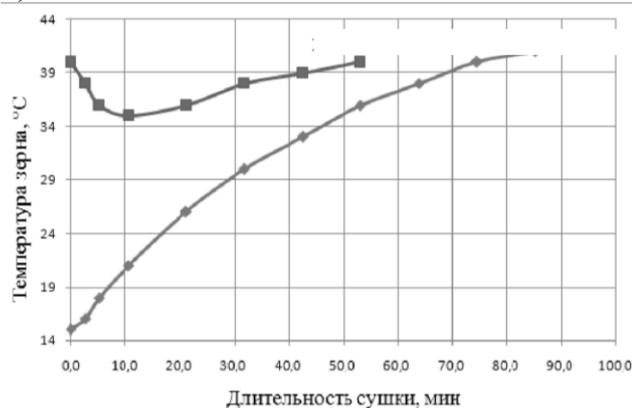


подачей его в сушильную камеру. Этот способ позволяет массе начать отдачу влаги сразу же после ее загрузки в шахту сушилки, минуя процесс прогрева. Кроме того, процесс предварительного нагрева сопровождается снижением влажности зерна на 2...3% [7].

Как показывают исследования процесса предварительного нагрева зерна перед сушкой [6], при поступлении предварительно нагретого зерна в сушильную камеру испарение влаги с его поверхности протекает настолько интенсивно, что в начале процесса температура зерна снижается, несмотря на подвод теплоты извне (рисунок 1). На испарение влаги расходуется не только теплота сушильного агента, но и часть теплоты, аккумулированной зерном в процессе предварител



а)



б)

1 – прямоточная сушка; 2 – сушка с предварительным нагревом зерна

Рисунок 1 – Кривые кинетики прямоточной сушки и сушки с предварительным нагревом зерна: а) кривые сушки; б) термограммы зерна

Предварительный нагрев зерна, интенсифицируя процесс, позволяет применить на стадии сушки более мягкие режимы, что также способствует более полному сохранению качества зерна. Снижение температуры зерна в начальный период сушки, сопровождающееся интенсивным испарением влаги, служит надежной защитой от перегрева зерна, что создает лучшие условия для сохранения его качества.



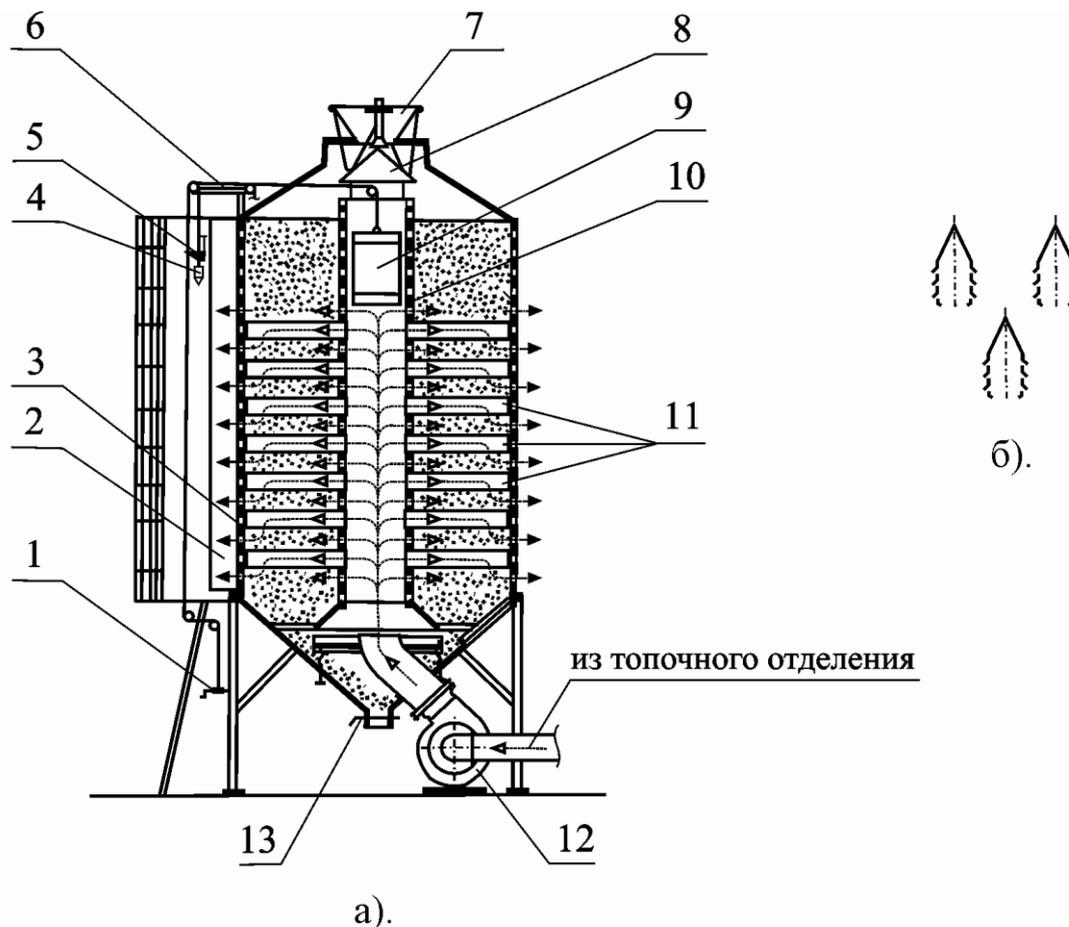
По мере развития процесса сушки подвод влаги к поверхности зерна ослабляется, происходит углубление зоны испарения внутрь зерна, температура его начинает повышаться.

Предварительный нагрев зерна не только интенсифицирует испарение влаги, но и обеспечивает возможность сокращения потерь теплоты с отработавшим агентом сушки, поскольку его температура практически равна температуре испаряющейся влаги с поверхности зерна.

Для предварительного нагрева зерна перед сушкой, в промышленных сушилках предусмотрены специальные камеры предварительного нагрева сырого зерна.

Применительно для технологических линий сельскохозяйственных предприятий нами предлагается осуществлять предварительный нагрев зерна перед сушкой в бункерах активного вентилирования (например, бункер БВ-40), устанавливаемых в линии перед зерносушильным агрегатом. Подвод теплоты в бункер для предварительного подогрева зерновой массы возможен, если к вентилятору бункера подведен воздуховод подогретого агента сушки, поступающего из топочного отделения сушилки. При этом электрокалорифер бункера демонтируется за ненадобностью.

Для эффективной реализации технологии предварительного подогрева зерна перед сушкой нами предлагается модернизировать воздухораспределительную систему бункера активного вентилирования [1, 4]. Основой рассматриваемой модернизации является размещение в пространстве между внутренним и внешним перфорированными цилиндрами бункера – воздухораспределительных коробов жалюзийного типа (рисунок 2).



→ - подогретый воздушный поток; → - отработавший воздушный поток

1-лебедка; 2-воздухораспределительная рубашка; 3-внешний перфорированный цилиндр; 4-груз; 5-флажок; 6- кронштейн с блоками; 7- распределитель зерна; 8-конус; 9-клапан; 10-внутренний перфорированный цилиндр; 11-воздухораспределительные жалюзийные короба; 12-вентилятор; 13-шибер

Рисунок 2 – Усовершенствованный вариант бункера активного вентилирования: а) конструктивно – технологическая схема бункера; б) поперечный разрез воздухораспределительного жалюзийного короба

Воздухораспределительные жалюзийные короба пятигранной формы расположены рядами по всей высоте перфорированной части бункера. Торцевая часть каждого короба заглушена со стороны отвода отработавшего воздушного потока. Для лучшего скольжения зерна по коробу угол между его верхними гранями составляет 70° . Радиус закругления верхнего ребра короба равен 5 мм во избежание задержки зерна и скопления сора на коробе. Для более интенсивного продувания зернового слоя боковые стенки короба выполнены жалюзийными, с углом наклона жалюзи к горизонту 75° . Короба опираются на



жесткие фиксаторы (плечики) приваренные к перфорированной поверхности внутреннего и внешнего цилиндров бункера.

Технологический процесс усовершенствованной конструкции бункера активного вентилирования протекает следующим образом (рисунок 2). После загрузки бункера зерном и установки клапана 9 в положение, когда его верхний торец расположен на 150...200 мм ниже уровня зерновой массы, включается вентилятор 12. Подогретый из топочного отделения агент сушки ($t=30-35^{\circ}\text{C}$) нагнетается вентилятором во внутренний перфорированный цилиндр 10 бункера. Далее воздушный поток пронизывает зерновую массу в трех направлениях: а). через щели перфорированной поверхности внутреннего цилиндра 10; б). через воздухораспределительные короба 11 (в вертикальном направлении); в). через жалюзи боковых стенок воздухораспределительных коробов. В результате, создаются благоприятные условия для равномерной подсушки зерновой массы и повышения интенсивности протекания массообменных процессов.

Отработавший в бункере и насыщенный влагой воздушный поток поступает через перфорированную поверхность внешнего цилиндра 3 в атмосферу.

Предложенный вариант модернизации конструктивной схемы бункера активного вентилирования позволяет более эффективно использовать установки бункерного типа в качестве емкостей для предварительного нагрева зерна перед сушкой. Одновременно с получением более выравненных показателей по влажности и температуре зерновок, перед основной операцией сушки, рассматриваемая технология подсушки высоковлажного зерна позволяет повысить пропускную способность зерносушилок на 20-30% при одновременном снижении энергозатрат на сушку (удельный расход топлива снижается в среднем на 20%), что приобретает особую актуальность в условиях сложной экономической ситуации в сельскохозяйственном производстве.