

УДК 631.53

СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ АЭРИРОВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ МАСС

Аммосов Иннокентий Николаевич*старший преподаватель, Арктический государственный агротехнологический университет, г. Якутск, Россия***Дондоков Юрий Жигмитович***кандидат технических наук, доцент, Арктический государственный агротехнологический университет, г. Якутск, Россия***Дринча Василий Михайлович***доктор технических наук, профессор, Арктический государственный агротехнологический университет, г. Якутск, Россия, vdrincha@list.ru*

Аннотация: Представлены физические принципы и основные подходы, применяемые в процессах аэрирования зерновых масс. Приведено описание приборов, рекомендуемых для определения скорости воздушного потока над зерновой массой и давления в нагнетательной ветви вентиляторов. Проанализированы основные подходы и технические решения систем управления для аэрирования зерновых масс. Представлены схемы автоматического управления работой вентиляторов в процессах аэрирования зерна.

Ключевые слова: Зерно, температура, скорость воздушного потока, давление, относительная влажность воздуха, термостат, гигростат, системы контроля и управления.

MONITOR AND CONTROL SYSTEMS FOR GRAIN MATERIALS AERATION

Ammosov Innokentiy N.*Senior Lecturer, Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk, Russia***Dondokov Yuriy Zh.***Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk, Russia***Drincha Vasilii M.***Doctor of Technical Sciences, Professor, Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk, Russia, vdrincha@mail.ru*

Abstract: The physical principles and basic approaches used in the processes of aeration of grain masses are presented. A description of the instruments recommended for determining the air flow rate over the grain mass and the pressure in the blower branch of the fans are given. The main approaches and techniques of control systems for grain masses aeration are analyzed. The schemes of automatic control of the fans in the processes of grain aeration are presented.

Keywords: Grain, temperature, air flow rate, pressure, air relative humidity, thermostat, humidistat, monitor and control systems.

Введение. Хранимое зерно постоянно подвержено опасностям, обусловленным миграцией влаги, активностью плесеней и насекомых. При появлении проблем хранения зерна независимо от их причин в критической области зерновой массы всегда происходит повышение температуры. Раннее выявление этих проблем, до появления потерь зерна, обычно осуществляют с системами мониторинга температур зерна.

Путем мониторинга температуры зерновой массы оператор определяет изменения в зерновой массе. Температуры выше оптимальных значений для оптимального хранения зерна в любом случае представляют опасность. Однако, повышение температуры только на несколько градусов в отдельных областях зерновой массы может быть признаком серьезных потенциальных проблем. Даже если зерно хранится при холодных температурах, повышение температур в отдельных очагах представляет потенциальные опасности. Системы определения температур информируют оператора об опасностях количественных и качественных потерь зерна [5, 6, 12].

Активность плесеней. В каждом хранимом зерне в некотором количестве присутствуют различные виды плесеней. Влага и температура стимулируют рост плесеней и приводят к снижению качества хранимого зерна. Перегрузка зерна, как один из способов борьбы с плесенью, способствует образованию микротрещин на зерновках, которые в пятнадцать раз более подвержены поражению плесенью, чем здоровое зерно [1, 9,10].

Насекомые. Жизнедеятельность насекомых всегда повышает температуру хранимого зерна. Более теплая часть зерна (не средняя температура) может превратиться в очаг развития насекомых. Для уничтожения насекомых могут применяться фумиганты, при этом стоимость фумигантов может быть уменьшена путем тщательного мониторинга температуры зерна. Плотность заражения насекомыми и их воспроизводство увеличиваются во влажном зерне. В процессе поедания зерновок насекомые выделяют все в больших количествах тепло и выделяют энергию для постоянного увеличения их массы. Однако, практически все насекомые переходят в состояние покоя при сравнительно низких температурах.

Миграция влаги. Даже если зерно в хранилище засыпано с однородной температурой и влажностью, холодные ночи и теплые дни могут привести к перемещению воздуха в зерновой массе. Эти конвекционные потоки переносят влагу, образуя зоны неоднородные по температуре и влажности. В областях с повышенной влажностью и температурой повышается дыхание, следовательно, и дополнительно выделяется тепло. Комбинация факторов конвекционных потоков и дыхания зерна может привести к росту грибов, и обусловить серьезные потери, если зерно не подвергнуть аэрированию, посредством которого выровнить влажность и температуру зерна. Аэрация позволяет «вывести» тепловой фронт из хранилища,

а также обеспечить условия безопасного хранения зерна без необходимости перегрузки зерна из бункера в бункер. В процессе однократной перегрузки теряется около полпроцента зерна вследствие невидимых внутренних повреждений, часть теряется в виде дробленого зерна, а также уменьшается ресурс эксплуатируемого зернового оборудования [3, 4, 11].

Целью статьи является обоснование принципов повышения сохранности зерна путем его аэрирования с применением систем автоматического управления работой вентиляторов.

Материалы и методы исследования. Материалы получены в процессе проведения многолетних экспериментальных исследований аэрации зерновых материалов основных сельскохозяйственных культур в различных климатических условиях, а также на основании анализа многочисленных патентов и литературных источников, посвященных вопросам аэрирования зерна.

Результаты и обсуждение. Для контроля технологических параметров процесса аэрирования зерна применяются приборы общего назначения и некоторые средства специального контроля. Это обусловлено тем, что, как правило, каждая аэрационная установка зачастую выполнена для работы в специальных хозяйственных условиях.

Одними из наиболее часто контролируемых параметров являются расход воздушного потока через зерновую массу и давление в нагнетательной ветви вентилятора.

Разработано устройство для контроля воздушного потока над зерновой массой, при низких скоростях воздушного потока (рис. 1). Устройство включает конический, прозрачный, пластиковый патрубок, обращенный большим конусом кверху.

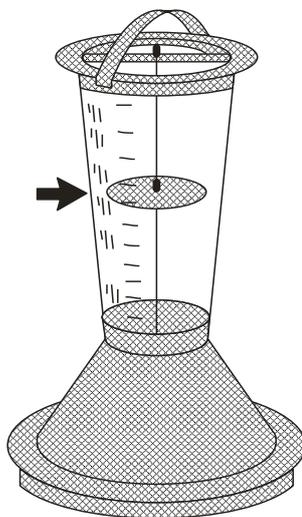


Рис. 1. Устройство для контроля расхода воздуха над зерновой массой

Вдоль центральной оси патрубка на натянутой проволоке с возможностью вертикального перемещения установлен алюминиевый диск. На пластиковой трубке нанесена шкала, отградуированная в м/с. Скорость воздушного потока считывают на шкале напротив витания алюминиевого диска. Для получения точных значений диск должен перемещаться свободно на проволоке.

Альтернативным типом измерителей воздушного потока для процессов послеуборочной обработки зерна являются чашечные анемометры и термоанемометры.

Количество воздуха, нагнетаемого вентилятором, зависит от статического давления, при котором происходит перемещение воздушного потока. Путем измерения статического давления воздуха и используя основные характеристики вентилятора можно приблизительно определить расход воздушного потока. Это один из простых способов проверки производительности вентилятора, следовательно, и расхода воздуха в системах вентиляции и сушки зерна. Для реализации этого способа разработан U – образный манометр, который может быть изготовлен в домашних условиях (рис. 2).

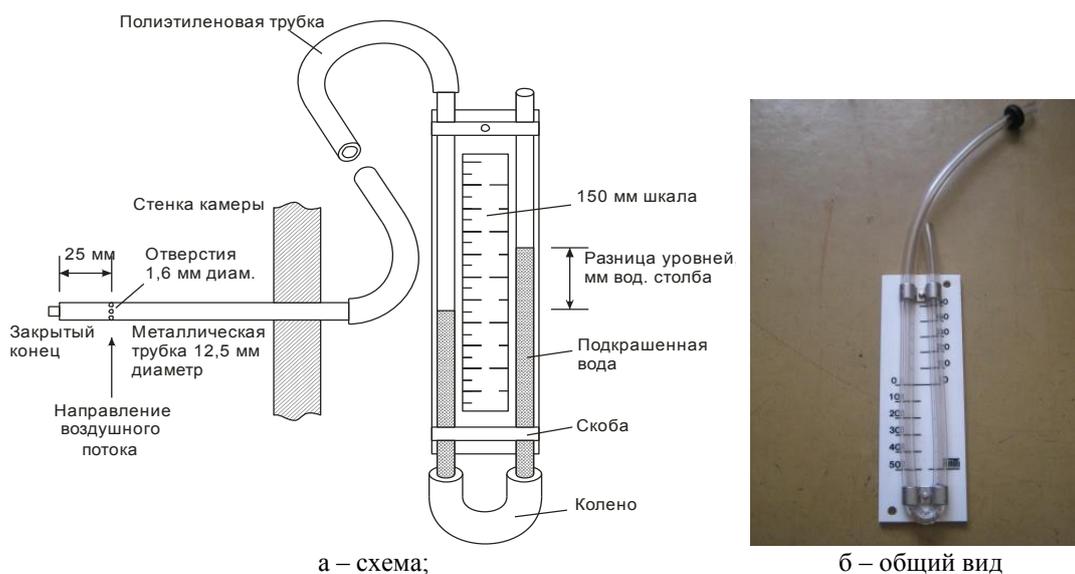


Рис. 2. U – образный манометр, применяемый при аэрировании зерна

Для всех типов U – образных манометров важным является правильный выбор места установки измерительной головки (статической трубки) в воздушном канале, где можно с максимальной точностью измерить статическое давление. На практике это место обычно выбирают на расстоянии не менее двух диаметров вентилятора от входного окна нагнетательного патрубка вентилятора.

Многие операторы управляют работой вентиляторов вручную, в процессе которой они руководствуются прогнозами погоды и значениями оптимальных

температур воздуха. Вентиляторы оставляют включенными до момента достижения требуемого состояния зерновой массы [2, 7, 8].

Для аэрационных систем с высокими расходами воздуха и короткими циклами аэрации обычно возможно ее завершение на протяжении периодов с относительно устойчивыми значениями температур и влажности. Однако для систем с низкими расходами воздуха температура и влажность внешнего воздуха в течение длительных циклов аэрации могут существенно меняться. Если внезапно потеплеет, или воздух станет более влажным в процессе аэрируемого цикла, вентиляторы отключают до момента улучшения погодных условий.

На основании проведенных исследований выявлены следующие основные системы автоматического управления в процессах аэрации зерна.

1. Наиболее простой способ автоматического управления работой вентиляторов в аэрационных системах содержит: 1- ручной переключатель режима управления; 2 – контроллер электродвигателя вентилятора; 3 – термостат с верхним пределом отключения (рис. 3).

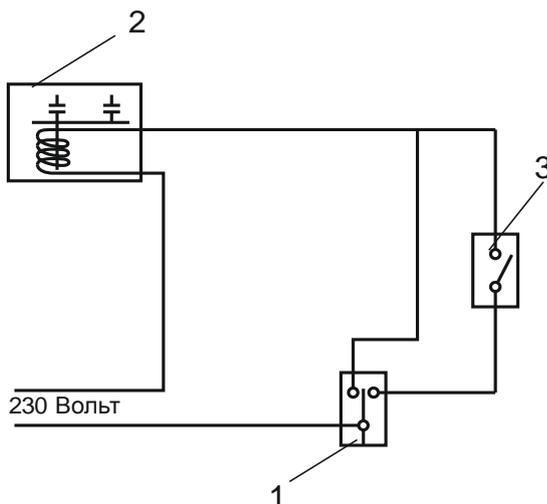


Рис. 3. Схема автоматического управления работой вентиляторов в процессах аэрирования зерна с применением одного термостата

При температурах внешнего воздуха меньших заданного значения, при которых рекомендуется вентилировать зерновую массу, термостат 3 замыкает цепь втягивающей катушки контактора 2 двигателя вентилятора (на схеме не указан). По достижении температуры внешнего воздуха выше установленной, термостат 3 размыкает цепь управления и вентилятор отключается.

При этом способе рекомендуется применять таймер для учета длительности работы вентилятора с целью сравнения его с суммарным прогнозным временем для завершения цикла аэрации [2, 8]. Если вентилятор включается и работает на протяжении коротких периодов для завершения цикла аэрации следует изменить установочные значения на термостате. Рекомендуется измерять температуру зерна после завершения цикла аэрации, а также при достижении заданных темпера-

тур зерна, оптимальных для сохранности зерна. При полном прохождении холодного фронта через зерновую массу следует отключать вентиляторы через встроенные ручные переключатели режима аэрирования 1.

2. Другой способ автоматического управления работой вентиляторов включает применение двух термостатов, установленных последовательно. В соответствии с приведенной схемой (рис. 4) кроме вышеперечисленных компонентов первого способа используется термостат 4 с нижним значением отключения температуры.

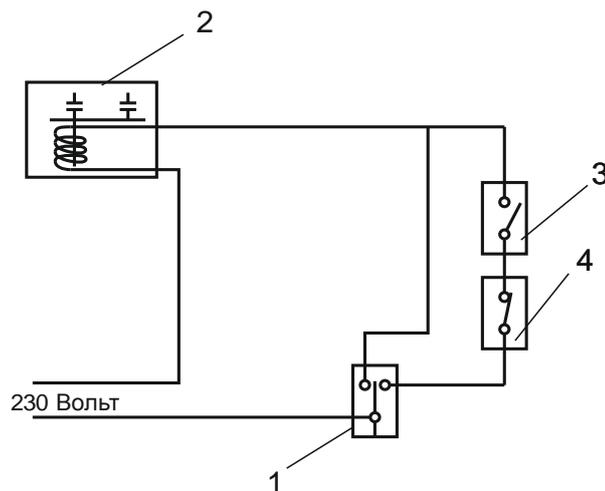


Рис. 4. Схема автоматического управления работой вентиляторов в процессах аэрирования зерна с применением двух термостатов

В соответствии с приведенной схемой вентиляторы включаются только в диапазоне заданной температуры. Например, если один из термостатов установлен на отключение при температуре 15 °С и больше, а другой – на отключение при температуре 2 °С и ниже, то вентиляторы будут работать только при температуре внешнего воздуха в диапазоне температур от 2 °С до 15 °С.

Для этого способа также рекомендуется применять таймер для учета времени работы вентиляторов.

3. Отличие третьего способа от предыдущего состоит в том, что последовательно с термостатами 3 и 4 в схему (рис. 5) включен гигростат 5. Гигростат 5 отключает вентиляторы при относительной влажности окружающего воздуха, превышающей установленное значение.

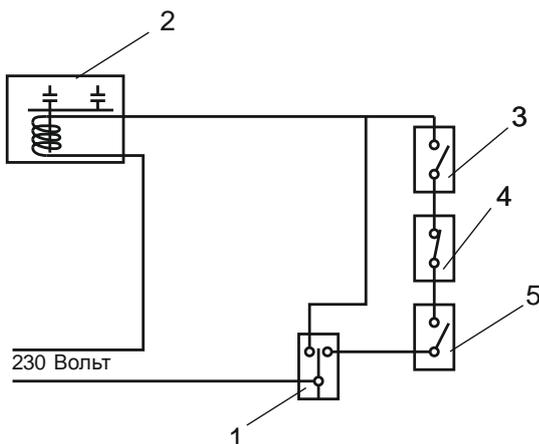


Рис. 5. Схема автоматического управления работой вентиляторов в процессах аэрирования зерна с применением двух термостатов и гигростата

В процессе осеннего охлаждения зерна устанавливаемое верхнее значение относительной влажности воздуха не должно превышать 90%, и при весеннем обогреве – около 70%.

Включение гигростата 5 в схему автоматического управления вентиляторами предназначено для исключения возможного переувлажнения зерна в процессе аэрирования. В гигростатах сбивается калибровка и их необходимо подвергать калибровке минимум один раз в год.

В последнее время для управления процессами аэрации зерна применяются микропроцессоры, которые программируют на управление работой вентиляторов в соответствии с климатическими условиями и состоянием зерновой массы, а также реализуемой стратегии аэрирования. Данного типа контроллеры включают датчики определения параметров окружающего воздуха и зерновой массы.

Микропроцессоры оценивают соответствующие погодные данные и факторы состояния зерна, а затем автоматически выбирают более тщательную стратегию управления, чем это возможно с более простыми элементами управления или с ручным управлением.

Системы управления, включающие микропроцессоры могут осуществлять стратегию «запаздывания», пока условия для аэрирования не станут подходящими, а затем надежно управлять вентиляторами в автоматическом режиме.

Заключение. Автоматические системы управления процессами аэрации включают: термостаты, гигростаты (регулятор влажности), таймеры, микропроцессорные контроллеры.

Компьютерные микропроцессорные системы, используемые в аэрации зерна, отслеживают состояние внешнего воздуха (температуру и влажность) и зерновой массы, управляют работой вентиляторов, поддерживая температуру и влажность зерна в заданных пределах.

Разные системы управления реализуют в некоторой степени разные стратегии управления. Однако основное их предназначение отслеживание периодичности и продолжительности работы вентиляторов и автоматическое расширение рабочих диапазонов температуры и влажности, если вентиляторы не работали достаточно длительное время для завершения цикла аэрации.

Автоматические системы управления позволяют уменьшить время потребное на управление процессами хранения зерна и повысить точность управления температурой зерна. Тем не менее, автоматические системы управления требуют периодического контроля их работы, так же как и вентиляторов и другого оборудования. При их использовании, периодически следует контролировать посредством ручного контроля состояние зерновой массы с целью обеспечения гарантированного сохранения качества.

Список литературы

1. Блоховцов В.Д. О некоторых способах обеспечения сохранности зерна в условиях крестьянских (фермерских) хозяйств края. Ставрополь: Кн. изд-во, 1999, 23 с.
2. Дринча В.М., Цыдендоржиев Б.Д. Основные концептуальные положения активного вентилирования зерна. Труды Орловского ГАУ. 2010, №2, с. 36...39.
3. Мельник Б.Е. Вентилирование зерна. М, Колос, 1970, 183 с.
4. Мельник Б.Е., Малин Н.И. Справочник по сушке и активному вентилированию зерна. М., Колос, 1980, 175 с.
5. Трисвятский Л.А. Хранение зерна. М, Колос, 1975, 399 с.
6. Christensen, C M. Storage of cereal grains and their products. American Association of Cereal Chemists Inc., St Paul, Minnesota, USA, 3rd edition, 1982, 544 pp.
7. Hukill W.V.. Grain Cooling by Air. Agricultural Engineering. Vol. 34, p. 456, July, 1953.
8. McLean K.A. Drying and Storing Combinable Crops. Farming Press Ltd. Suffolk, 1989, 281 p.
9. McFarlane, J A. The integrated approach to pest management. Keynote address in: Pests of Stored Products; Proceedings of BIOTROP Symposium on Pests of Stored Products, Bogor, Indonesia, 24-26 April 1978, BIOTROP Special Publication No.9, 12-15.
10. Nellist M. Bulk storage drying of grain and oilseeds. Silsoe Research Institute. HGCA. Bedford. Research review #38. 2008. 60 p.
11. Robinson R.N., W.V. Hukill, and G.H. Foster. Mechanical Ventilation of Stored Grain. Agricultural Engineering. Vol. 32, p. 606, November, 1951.
12. The WA Guide to High Moisture Harvest Management, Grain Storage and Handling. CBH group SEPWA. 2006, 68 p.

© Аммосов И.Н., Дондоков Ю.Ж., Дринча В.М., 2021