

УДК 631.53

**ВЛИЯНИЕ АЭРАЦИИ НА СОХРАННОСТЬ ЗЕРНА****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. Приведены основные задачи и способы аэрации зерна. Проанализированы основные подходы и технические решения технологических систем аэрирования зерновых масс. Определены основные свойства зерновых масс, влияющих на сохранность зерна.

**Ключевые слова:** Аэрация, зерно, влажность, температура, задачи аэрации, способы аэрации.

**EFFECTS OF AERATION ON STORED GRAIN PRESERVATION****Ammosov Innokentiy N.***Senior Lecturer, Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk, Russia***Dondokov Yuriy Zh.***PhD in engineering science, 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. The main tasks and methods of grain aeration are given. The main approaches and technical solutions of technological systems for aerating grain masses are analyzed. The main properties of grain masses that affect the safety of grain are determined.

**Keywords:** Aeration, grain, moisture content, temperature, aeration tasks, aeration methods.

**Введение.** Процесс аэрации зерна можно определить как принудительное движение окружающего воздуха соответствующего качества или кондиционирование воздуха через зерновую массу для улучшения сохранности зерна. Процессы аэрации классифицируются на пассивные и активные. Пассивная вентиляция включа-

ет естественное перемещение воздушного потока в зерновой массе, а активная – принудительное перемещение воздуха в межзерновом пространстве. Пассивная аэрация имеет место в кукурузных хранилищах, традиционно используется при хранении зерна в тонких слоях [3, 5].

Аэрация – широко используемый метод консервации хранящегося зерна. Он используется с целью создания неблагоприятных условий для развития вредных организмов в зерне и создания благоприятных условий для устойчивого сохранения качества зерна.

Влияние аэрации на хранящееся зерно лучше всего видно, если рассматривать массу зерна как экосистему, в которой зерно, микрофлора и насекомые являются биотическими компонентами. Существенные потери при хранении часто вызываются микрофлорой из-за благоприятных условий влажности, а заражение насекомыми может быть губительным, если не принять превентивных мер борьбы. Денежные потери, связанные со снижением качества зерна при хранении оцениваются в диапазоне от 1 до 50%, а в некоторых случаях зерно может быть бесполезно утилизировано из-за потери качества. Эти потери следует рассматривать как результат взаимодействия между компонентами экосистемы, включая зерно и условия окружающей среды.

Взаимодействия между биотическими и абиотическими компонентами системы находятся в динамическом состоянии, при котором каждый компонент постоянно изменяется и влияет на другие. Роль аэрации в этой экосистеме заключается в «кондиционировании» хранящегося зерна для улучшения существующих условий в зерновой массе путем перемещения воздуха требуемого качества в зерновой массе.

Перемещение воздуха соответствующего качества (с низкой температурой и влажностью) через зерновую массу может создавать условия, подавляющие развитие и рост насекомых и микрофлоры и обеспечить сохранение качества и безопасное хранение зерна. Принудительная или активная аэрация эффективно применяется как метод консервации при хранении зерна в насыпи и основывается на двух важных физических свойствах зерна.

1. Пористость зерновой массы для большинства зерновых культур (объем межзерновых пустот составляет от 35 до 55 % общего объема зерна). Пористая природа зернового материала позволяет осуществлять активную вентиляцию.

2. Теплоизоляционное свойство зерновой массы (благодаря низкой теплопроводности зерновая масса самоизолируется). Это позволяет поддерживать измененный микроклимат в течение длительного времени после аэрации зерновой массы.

Целью статьи является анализ и обоснование принципов аэрирования зерна, обоснование основных задач аэрирования.

**Материалы и методы исследования.** В качестве основного метода исследований применяли аналитический метод анализа фундаментальных основ аэрирования зерна в насыпи. Материалы исследований получены в процессе проведения многолетних экспериментальных исследований аэрации зерновых материалов основных с.-х. культур в различных климатических условиях.

**Результаты и обсуждение.** Факторы риска при хранении зерна можно классифицировать на три группы: физические, биологические и химические. Физическая группа включает: влажность и температуру зерна, его физико-механические свойства, зерновую и другие примеси. Биологические факторы включают: насекомых, плесени токсины и др. В химическую группу входят техногенные загрязнения окружающей среды, нарушения технологии возделывания, обработки и хранения зерна.

Роль температуры как важного регулятора биологических процессов, управление температурой с помощью аэрации впервые нашло применение в начале 1950-х гг. [1, 4].

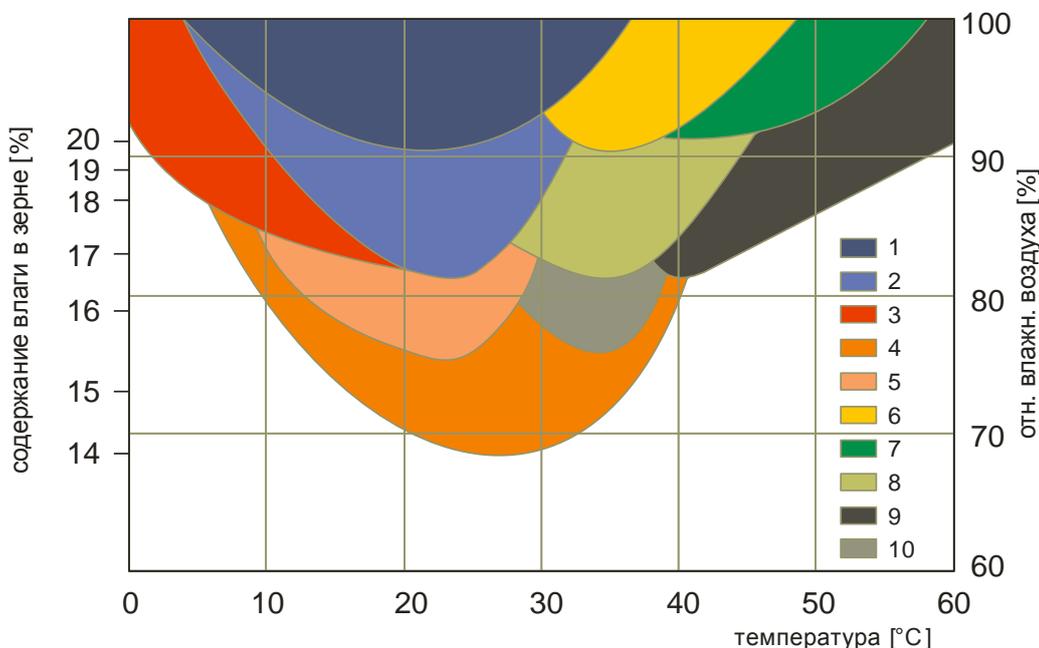
Влажность зерна в период уборки – определяющий фактор послеуборочной обработки и хранения зерна. Влажность зерна на корню в течение суток может изменяться в широких пределах, достигая минимума к 17...18 часам. Соответственно меняется и влажность зерна, поступающего на пункты послеуборочной обработки. В некоторых случаях за 9 часов работы комбайна начальная влажность зерна может снизиться на 8...10 и более процентов, то есть среднее снижение влажности зерна доходит до одного процента за один час. Вторичная влажность, полученная за счет увлажнения зерна росой или дождем, снижается очень быстро в течение одного дня. При большой разнице во влажности зерна (более 5...10 %) утренней и дневной уборки технология его послеуборочной обработки должна быть различной, и оно должно сохраняться отдельно [9, 12].

При хранении зерна в неочищенном виде, при наличии в нем кусочков стеблей, листьев и семян сорняков, влажность зерна быстро повышается на 2...4 %. Наиболее интенсивно она возрастает в первые 6 часов после уборки.

Правильный учет вышеприведенных факторов определяет необходимость: быстрее проведения предварительной очистки зерна, поступающего на ток от комбайнов; отдельного хранения зерна, намолоченного в утренние и дневные часы и имеющего различную влажность; коррекции режимов сушки зерна, поступающего в разное время в процессе уборки.

Основным показателем жизнедеятельности зерна является его влажность, которая влияет на дыхание и биологические процессы, происходящие в зерне. При дыхании выделяется вода, углекислый газ и значительное количество тепла. В сухом зерне этот процесс протекает очень медленно, вследствие чего зерно

практически не теряет качество в процессе хранения. В диапазоне температур 14...35°C и при влажности, превышающей оптимальные значения безопасного хранения, существует большая вероятность развития плесеней, насекомых и болезней (рис. 1) [2, 11].



**Рис. 1.** Развитие микроорганизмов в зависимости от влажности и температуры:

1- *Fusarium cutmorum*; 2-*Penicilium rugulosum*; 3-*Penicilium cyclopidum*; 4-*Aspergillus versicolor*; 5-*Aspergillus glaucus*; 6-*Absidia Rhizopus arrizhus*; 7-*Streptomyces altus*; 8-*Aspergillus candidus*; 9-*Penicilium capsulatum*; 10-*Talaromyces thermophilus*.

При благоприятной температуре и влажности для насекомых имеет место значительное повреждение зерна вредителями и от загрязнения экскрементами. Эти потери растут из-за быстрого размножения насекомых при благоприятных условиях.

Количество влаги в зерне зависит от их химического состава и её критическое значение составляет: для пшеницы, ржи и ячменя – 14,5...15,5%, кукурузы – 13...14%, проса – 12...13%, бобовых – 16%, подсолнечника – 7...9%. При превышении критической влажности зерна появляется вода, активизирующая деятельность ферментов и усиливает их гидролитическую функцию. В обмен вступает крахмал, а с последующим увеличением количества свободной воды – белковые вещества. Вследствие чего повышается дыхание семян, активизируется его жизнедеятельность и они могут набухать. Отрицательное влияние на жизнедеятельность семян оказывают частые его колебания влажности в пределах критической, обусловленные переменами относительной влажности воздуха.

В таких условиях особенно опасна грибная плесень, которая начинает развиваться в зерне с влажностью 15...16% (некоторые виды плесени могут развиваться и при влажности семян 13%), а так как зародыш всегда имеет более высокую влажность, чем зерновка в целом, то болезненному воздействию прежде всего подвергается зародыш. Гифы гриба проникают в зародышевые ткани и семена, теряют всхожесть.

Во избежание поражения грибной плесенью рекомендуется хранить зерно при влажности на 4...5% ниже критической, а для масличных и некоторых других культур – на 2...3%.

Следует иметь в виду, что зерно с влажностью близкой к критической, требует особого внимания в процессе хранения. Зерно с влажностью выше критической не следует складывать на хранение, потому что уход за ними потребует существенных затрат труда и средств.

Аэрация зерна позволяет сохранить его качество в процессе временного или длительного хранения. Позволяет избежать больших потерь в ожидании перед сушилкой. Оно стабилизирует температуру и влажность зерна, препятствует локальному росту температур или появлению очагов самосогревания, а также миграции влаги.

Зернопроизводители, переработчики аэрируют зерно по ряду причин [6, 10]:

- сохранение качества зерна;
- подсушивание и управление влажностью зерна;
- продление безопасного хранения влажного зерна;
- уменьшение конденсации и коркообразования;
- исключение очагов самосогревания;
- понижение температуры и влажности;
- сохранение всхожести семян;
- контролирование активности насекомых;
- препятствование образованию плесени и прорастанию;
- удаление веществ, оставшихся после химической обработки.

В целом системы аэрирования по функциональному назначению могут быть разделены на четыре основные классы:

- охлаждение;
- поддержание сохранности зерна или профилактическое вентилирование;
- подсушка;
- промораживание.

*Основные способы аэрирования зерна.* Технологическая эффективность аэрирования зерна существенным образом зависит от применяемых способов. Практика аэрирования зерна в хозяйствах показывает, что зачастую из-за неправильного выбора способа аэрирования не достигают требуемого эффекта. В зави-

симости от задач аэрирования применяют в основном два способа, различающиеся направлением продувки зерновой массы: нагнетание (продувка зерновой массы снизу вверх) и отсасывание (продувка зерновой массы сверху вниз) [8, 10].

Аэрирование нагнетанием рекомендуется для охлаждения зерновых масс и ликвидации верхового самосогревания. Охлаждение нагнетанием обеспечивает наиболее низкую температуру нижних слоев насыпей. Его обязательно следует применять при аэрировании мелкосемянных культур (рапс, просо, лен и др.).

Аэрирование зерна отсасыванием, когда охлаждение происходит в результате проникновения воздуха через поверхность насыпей, приводит к более равномерному изменению температуры и влажности последних. Оно рекомендуется для ликвидации низового, гнездового и сплошного самосогревания зерновой массы, а также для частичного обеззараживания зерновых масс от мелких вредителей (клещей, рыжих и суринамских мукоедов, хлебных точильщиков и даже долгоносиков). В последнем случае рекомендуется надевать на выводной патрубок вентилятора тканевые мешочки.

Ликвидация самосогревания отсасыванием способствует также значительному выделению из зерновой массы водяных паров. В условиях очень холодной погоды это сопровождается их конденсацией на стенках верхней части труб и вентиляторов. При этом для предотвращения попадания в зерновую массу воды, вытекающей из патрубка вентилятора, следует подставлять посуду для сбора конденсата.

**Заключение.** Аэрация зерновых масс возможна, потому что воздух может проходить сквозь зерновую массу (в межзерновом пространстве) образуя благоприятные условия для сохранности зерна, которые сохраняются (при длительном хранении) за счет низкой теплопроводности зерновой массы.

В настоящее время аэрация зерна является одним из наиболее эффективных применяемых нехимических методов для контроля условий хранения зерна, биологической активности и потерь качества зерна.

Аэрация зерна не является единственным средством предотвращения потерь хранящегося зерна. Для повышения сохранности зерновых материалов в процессе хранения следует интегрировать процесс аэрации с другими способами, включая сушку, охлаждение зерна, а также в некоторых случаях применять технологии химического консервирования влажного зерна.

### Список литературы

1. Анискин В.И. Консервация влажного зерна. М., Колос, 1968, 286 с.

2. Блоховцов В.Д. О некоторых способах обеспечения сохранности зерна в условиях крестьянских (фермерских) хозяйств края. Ставрополь: Кн. изд-во, 1999, 23 с.
3. Дринча В.М., Цыдендоржиев Б.Д. Основные концептуальные положения активного вентилирования зерна. Труды Орловского ГАУ. 2010, №2, с. 36...39.
4. Мельник Б.Е. Вентилирование зерна. М, Колос, 1970, 183 с.
5. Мельник Б.Е., Малин Н.И. Справочник по сушке и активному вентилированию зерна. М., Колос, 1980, 175 с.
6. Трисвятский Л.А. Хранение зерна. М, Колос, 1975, 399 с.
7. Burges, H.D. and Burrell, N.J. (1964). Cooling bulk grain in the British climate to control storage insects and improve keeping quality. J. Sci. Food Agric. 15, 32–50
8. Johnson, H.K. (1957). Cooling stored grain by aeration, Agric. Eng., 38, 238–241
9. McLean K.A. Drying and Storing Combinable Crops. Farming Press Ltd. Suffolk, 1989, 281 p.
10. Robinson R.N., W.V. Hukill, and G.H. Foster. Mechanical Ventilation of Stored Grain. Agricultural Engineering. Vol. 32, p. 606, November, 1951.
11. The mechanics and physics of modern grain aeration management. Edited by Shlomo Navarro and Ronald Noyes. CRC Press LLC. 2002, 647 p.
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., 2022