

**А. Н. Перепечаев, Е. Л. Жилич**

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»  
г. Минск, Республика Беларусь*

**СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ЗЕРНА И ЗЕРНОВОГО ВОРОХА ПРИ ХРАНЕНИИ  
В СКЛАДАХ АМБАРНОГО ТИПА  
И ПРИ ВРЕМЕННОМ ХРАНЕНИИ НА ПЛОЩАДКАХ**

В статье проведен анализ причин потерь зерна и семян при хранении, обоснована необходимость создания оборудования для обеспечения активного вентилирования зерна и зернового вороха при хранении.

*Ключевые слова:* зерно, семена, зерновой ворох, самосогревание, потери зерна, активное вентилирование, хранение.

**A. N. Perepechaev, E. L. Zilich**

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»  
Minsk, Republic of Belarus*

**REDUCTION OF LOSS OF GRAIN AND GRAIN PORROW DURING STORAGE  
IN AMBER BARS AND AT TEMPORARY STORAGE ON AREAS**

The article analyzes the causes of losses of grain and seeds during storage, and justified the need to create equipment to ensure active ventilation of grain and grain heaps during storage.

*Keywords:* grain, seeds, grain pile, self-heating, grain loss, active ventilation, storage.

**Введение**

Зерно – плод (семя) зерновых культур (злаковых растений), используемый для питания людей и в качестве корма для животных, имеет важное значение как незаменимый источник пищи – этому есть ряд основных причин:

- высокая пищевая ценность;
- сохранность в течение длительного времени при соблюдении определенных условий хранения;
- относительно небольшие затраты труда на выращивание злаковых растений на различных типах почвы и в различных климатических зонах;
- возможность использования в различных сферах деятельности.

Однако процесс хранения зерна, имеет много трудностей, обусловленных тем, что каждое семя (зерновка) представляет собой живой организм, живую биологическую систему, способную погибнуть [1].

Кроме того, при существующих технологиях выращивания и уборки зерновых, на хранение поступает не собственно зерно, а зерновая масса, включающая в себя кондиционное зерно (семена) злаковой культуры, зерно с механическими повреждениями, семена других культур и сорных растений, части стеблей растений, песок, пыль, частицы почвы, вредителей зерна. Обеспечить сохранность многокомпонентной зерновой массы гораздо сложнее, чем только зерновок.

**Основная часть**

Во время развития и созревания в поле, зерна не одновременно проходят стадии: восковой спелости (количество сухого вещества в нем максимальное, влажность – примерно 30%); созревания (влажность снижается); полной спелости (при сухой погоде влажность снижается до 14%), соответственно все зерна будут иметь различную спелость [2]. Уборка урожая, погодные условия и продолжительность уборки, могут также изменить показатели зерновой массы.

Накоплен большой экспериментальный материал, показывающий, что, после выделения зерна из колоса, сложные биохимические процессы не прекращаются и комплекс биохимических процессов, в течение которого идет дозревание семян, продолжает протекать: заканчиваются процессы синтеза полисахаридов, белков и жиров; завершается синтез белков с одновременным уменьшением небелкового азота; белки клейковины уплотняются, ее качество улучшается; количество жира и других липидов в зерне возрастает, содержание свободных жирных кислот снижается, кислотное число жира и кислотность титруемой спиртовой вытяжки уменьшаются. Одновременно активность ферментов, в частности амилолитического комплекса, каталазы и монофенол-моноксигеназы ослабевает, что свидетельствует о замедлении окислительно-восстановительных процессов в зерне.

Важнейшее значение для протекания послеуборочного дозревания при хранении, имеют влажность и температура зерновой массы, степень ее аэрации и состав воздуха межзерновых пространств. Значение влажности состоит в том, что для дозревания необходимо преобладание синтетических реакций над реакциями распада, что возможно только при низкой влажности зерна. Отсюда вытекает, что для скорейшего прохождения периода послеуборочного дозревания, зерно должно иметь влажность ниже критической. Эти условия обеспечивают лучшую сохранность свежубранного зерна. Семена наиболее быстро дозревают при температуре 15...30 °С и более [3].

Свободный приток воздуха к семенам при дозревании обеспечивает подвод к ним кислорода, а также способствует отводу тепла и влаги, выделяемых при дыхании. Следовательно, наиболее интенсивно послеуборочное дозревание протекает при активном доступе воздуха к семенам. Кислород ускоряет послеуборочное дозревание, недостаток его и накопление в зерновой массе диоксида углерода замедляют дозревание. Подобное явление наблюдается при анаэробном дыхании: дозревание может полностью прекратиться, а всхожесть семян понизиться. Знания о сущности послеуборочного дозревания позволили разработать меры по созданию наиболее благоприятных условий для сохранности урожая и ускорению дозревания.

Наиболее действенные меры – снижение влажности зерна (сушка) в сушильных установках с активным вентилированием. Сушка свежубранного зерна пшеницы при 45 °С дает наилучшие результаты. При тепловой сушке наибольшее значение имеет скорость удаления влаги из зерна.

Очень эффективно активное вентилирование (при сухом воздухе и его температуре выше 20 °С). Продолжительность периода послеуборочного дозревания – наследственный признак культуры и сорта.

При благоприятных естественных условиях хранения, процессы послеуборочного дозревания зерна пшеницы заканчиваются в течение 1,0...1,5 месяца, а на севере протекают еще дольше. При умелой искусственной сушке, этот срок можно сократить до 2...3 недель. Непродолжительный период послеуборочного дозревания у ржи 10... 15 суток, овса 20 суток, а самый продолжительный период у ячменя до 6...8 месяцев. Семена масличных культур также имеют период послеуборочного дозревания. Семена кукурузы после удаления из них избытка влаги сразу же становятся физиологически полноценными [4].

Отрицательная температура, хотя и не приостанавливает послеуборочного дозревания полностью, но резко его замедляет. В Сибири, вследствие тормозящего действия низких температур, незаконченность дозревания семян растягивается во времени до весеннего сева. Продолжительный период послеуборочного дозревания, нежелательный с точки зрения хранения и переработки зерна, в ряде случаев, играет положительную роль. Например, культура и сорт с длительным периодом послеуборочного дозревания, представляют хозяйственную ценность в районах с сырой осенью, так как это исключает прорастание зерна на корню в колосьях в дождливую погоду.

Сравнительно высокая температура и недостаточное количество осадков в период образования зерна и его налива обуславливают у озимой пшеницы тенденцию к сокращению продолжительности послеуборочного дозревания. В условиях низкой температуры и лучшей влагообеспеченности у семян более продолжительный период послеуборочного дозревания.

Опасная ситуация создается при повышении влажности или температуры зерна и, особенно, при совместном действии этих факторов. Связано это с тем, что при влажности зерна 14–15% резко возрастает интенсивность его дыхания, а так же растут и потери сухого вещества. Так, семена проса с влажностью 14–15% дышат в 2–4 раза интенсивнее, чем с влажностью 13%. Сырое зерно пшеницы с влажностью более 17% дышит в 20–30 раз интенсивнее по сравнению с сухим. Если влажность зерна ржи повышается от 15 до 20%, интенсивность его дыхания возрастает в 35 раз. Таким образом, интенсивность дыхания зерна активизируется под воздействием влажности и температуры, что вызывает значительные среднесуточные потери массы сухого вещества. Первые порции влаги, поглощаемые сухим зерном, усиливают его дыхание незначительно. По мере достижения зерном определенного уровня влажности (для большинства зерновых культур – около 15%) интенсивность дыхания резко возрастает. Влажность зерна, начиная с которой резко усиливаются физиолого-биохимические и микробиологические процессы и изменяются условия хранения, называется критической [5].

Для большинства сельскохозяйственных культур критическая влажность соответствует равновесной влажности зерна, которая устанавливается на уровне 75% относительной влажности воздуха. Если влажность окружающей среды выше 65%, возможно увлажнение сухой зерновой массы и ухудшение ее хранения. В семенах масличных культур, по сравнению с зерном злаковых, значение критической влажности меньше, что объясняется значительным содержанием в них липидов – гидрофобных веществ, которые не способны связывать влагу. Зерновая масса в сухом состоянии (влажность ниже критической) устойчива при хранении и требует меньшего ухода, чем во влажном и сыром, так как влажное (сырое) зерно довольно интенсивно дышит и может портиться при хранении вследствие самосогревания. Влажность зерновых злаковых более 14,5% может вызывать самосогревание зерна. Однако это явление при наличии перепада температур может возникнуть даже в насыпи относительно сухого зерна: например, в металлическом силосе, южная сторона которого нагрета солнцем. Под влиянием градиента температуры возникает перемещение влаги из нагретых участков насыпи до охлажденных, а длинный перепад температур вызывает заметную разницу влажности зерна. Еще более опасны неплотности в стене силоса: влага может проникать внутрь во время осадков или в результате конденсации паров воды при снижении температуры воздуха или при низкой температуре зерна в силосе. В первые сутки пристенные слои семян толщиной 1 см увлажняются почти на 5%, в течение следующих двух недель – еще на 1–2%, а этот показатель, почти во всех случаях, достаточен для начала самосогревания. При этом интенсивность дыхания зерна в увлажненном пристенном слое, в течение первых двух суток, возрастает в десять раз, а после трех суток – в сотни и тысячи раз. Соответственно повышается температура и, в дальнейшем, процесс стремительно развивается с полной порчей зерна. Через пять суток потери сухих веществ возрастают в 1000 раз, резко возрастает кислотное число жира, всхожесть снижается на 10–15%.

Помимо этого в зерновых с повышенной влажностью, начинают резко развиваться плесневые грибы. Так, если зерно пшеницы, поражено грибами *Penicillium*, то потери сухих веществ составляют 2,3%, а при поражении грибами *Aspergillus flavus* – 17,3%. При поражении макромицетами рода *Aspergillus*, потери зерна находятся в пределах 4–6%. Главным условием предупреждения развития микроорганизмов, образования микотоксинов и, одновременно с этим, обеспечение сохранности зерна является недопущение самосогревания. Поэтому при поступлении влажного зерна, необходимо провести его сушку или временную консервацию.

Ещё большую актуальность приобретает активная продувка зерна, привезенного с поля (вороха) и не имеющего возможности сразу попасть на пункты первичной переработки. Свежеубранная зерновая масса очень разнообразна по своему составу, имеет высокую засоренность, влажность, различную микрофлору (табл. 1) [6]. Зерновой ворох физиологически очень активен, и его нельзя сохранить без потерь и ухудшения качества продукции.

Улучшить показатели влажности и засоренности можно своевременной уборкой, когда семена имеют наименьшую влажность, хорошо отрегулированные комбайны, квалифицированные работники и многое другое. Однако это не всегда возможно в виду того, что погодные условия в республике зачастую являются не благоприятными, при этом уборку необходимо проводить

Т а б л и ц а 1. Характеристика зернового вороха поступающего на ток

Культура	Влажность %	Засоренность %	
		всего	в т. ч. соломистая примесь
Озимая рожь	24,0	10,0	4,0
Пшеница	23,0	15,0	4,0
Ячмень	25,0	9	3,0
Овес	21,0	14,0	7,0
Горох	20,0	20,0	2,0

вовремя. Задержка с уборкой урожая в данном случае имеет более негативные последствия в части потери урожая от самоосыпания и достигает 1 ц/га за каждый дополнительный день уборки (свыше агротехнического срока) (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Продолжительность (суток) безопасного срока хранения свежубранных семян зерновых культур активным вентилированием при температуре воздуха 19–20 °С [6]

Влажность семян, %	Рожь	Пшеница	Ячмень
17,1–18,0	14–16	18–20	24–26
19,1–20,0	8–10	10–12	46–20
21,0–22,0	6–7	8–9	12–15
22,1–24,0	4–5	5–6	8–10
24,1–26,0	2–3	2,5–3	4–5
26,1–28,0	1	1–2	2–3

Т а б л и ц а 3. Безопасный срок хранения семян в зависимости от их влажности, температуры

Влажность зерна	Температура зерна, °С	Безопасные сроки хранения		
		семян	продовольственного зерна	фуражного зерна
15–16,5	8–10	1,0–1,5 года	Длительно	Длительно
16,5–18,0	5–7	4,0–6,0 мес	8–14 мес	10–20 мес
18,0–20,0	5	2,0–3,0 мес	6–10 мес	8–16 мес
20,0–22,0	5	3,0–4,0 недели	8–12 недель	16–40 недель
22,0–25,0	5	1,0–2,0 недели	3–8 недель	10–20 недель
25,0–30,0	4–5	2,0–3,0 дня	5–10 дней	14–30 дней

Одна из основных задач, решаемых с помощью активного вентилирования, – временная консервация свежубранных зерна повышенной влажности. Она заключается в обработке предварительно очищенного свежубранных зернового вороха воздушным потоком для снижения его температуры, некоторого выравнивания влажности между отдельными компонентами и участками зерновой насыпи. Консервация свежубранных зерна активным вентилированием позволяет в 3–4 раза увеличить срок его безопасного хранения до сушки. Для семян основных зерновых культур сроки безопасного хранения, при активном вентилировании воздухом температурой 18–20 °С (табл. 3). Если погодные условия позволяют охладить зерно до температуры 14–15 °С, то сроки безопасного хранения увеличиваются примерно в 2 раза, по сравнению с приведенными в таблице, а при охлаждении до температуры 10 °С – возрастают в 3–4 раза.

В настоящее время в хозяйствах республике практически отсутствует оборудование для режимного хранения и вентилирования зерна и зернового вороха. Задача сохранения зернового материала решается различными способами: такими как перелопачивание, прогон зерна через зернопогрузчики и зернометатели, что является весьма энергоемким и зачастую приводит к дополнительным потерям зерна в виде дробления и микротравмирования.

## Заключение

Применение систем вентиляции обеспечит повышение гибкости уборочного процесса, улучшит процесс соблюдения контроля за качеством зерна при уборке и хранении, а также доработке.

Без применения современных систем вентилирования зерна, невозможно избежать потерь и сохранить его качества при хранении.

Профилактическое вентилирование применяют для освежения воздуха межзерновых пространств, выравнивания температуры и влажности в объеме зерновой насыпи, ликвидации амбарного запаха, сохранения жизнеспособности семян, предотвращения возникновения очагов самосогревания и некоторых других причин порчи зерна.

Все выше сказанное обуславливает необходимость создания и разработки универсального дешевого оборудования для активного вентилирования зерна и зернового вороха на всех стадиях его хранения и промежуточных стадиях переработки.

## Список использованных источников

1. Юдаев, Н. В. Элеваторы, склады, зерносушилки: учеб. пособие / Н. В. Юдаев. – ГИОРД, 2008. – 128 с.
2. Хранение зерна [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://geolike.ru/page/gl\\_2211.htm](http://geolike.ru/page/gl_2211.htm) – Дата доступа 20.05.2019.
3. Особенности состояния и качества зерна. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://helpiks.org/8-70976.html>. – Дата доступа 20.05.2019.
4. Хранение и переработка продукции растениеводства. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://bibook.ru/books/21971/default.htm>. – Дата доступа 20.05.2019.
5. Потери зерна: причины, последствия и способы предотвращения [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://agroinformet.com/article\\_view/60/потери\\_зерна:\\_причины.html](http://agroinformet.com/article_view/60/потери_зерна:_причины.html). – Дата доступа 20.05.2019.
6. Активное вентилирование зерновых масс [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://pandia.ru/text/78/312/54773.php>. – Дата доступа 20.05.2019.

УДК 631.316(476)

Поступила в редакцию 18.08.2019  
Received 18.08.2019

**А. И. Филиппов<sup>1</sup>, А. И. Заяц<sup>1</sup>, Н. Д. Лепешкин<sup>2</sup>, В. П. Чеботарев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>УО «Гродненский государственный аграрный университет», г. Гродно, Республика Беларусь  
e-mail: [kafmehan@mail.ru](mailto:kafmehan@mail.ru)

<sup>2</sup>РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь  
e-mail: [belagrotechto@tut.by](mailto:belagrotechto@tut.by)

<sup>3</sup>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь  
e-mail: [v.p.chebotarev@tut.by](mailto:v.p.chebotarev@tut.by)

## ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ И КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОФИЛЕФОРМОВАТЕЛЯ УЗКОПРОФИЛЬНЫХ ГРЯД

В данной статье приводятся технические и конструктивные параметры разработанного и предложенного нами профилеформователя. Данный профилеформователь рекомендуется для использования в составе агрегата АУ-М2 при довсходовой обработке гряд картофеля и придания поверхности гряд трапециевидной формы, одновременно с уплотнением верхнего слоя почвы и лучшего прорастания семян сорняков, чтобы можно было их удалить еще до всходов картофеля, что имеет большое значение при экологическом земледелии.

*Ключевые слова:* гряды, картофель, трапециевидная форма, уплотнение, сорняки, всходы, агрегат, рабочие органы, обработка, профилеформователь, экологическое земледелие.