

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЕРНОВОЙ МАССЫ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ПРИ РАБОТЕ С ЗЕРНОМ

А. М. Агапкин

Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова,
Москва, Россия

В статье рассмотрены основные физические свойства зерновой массы: сыпучесть, самосортирование и термо-влажностепроводность. Классические данные дополнены практическими и научными наблюдениями автора. Насыпи проса и льна обладают такой сыпучестью, что, ступив на ее поверхность, человек может полностью погрузиться и погибнуть. Риск гибели связан с переохлаждением и возможным попаданием зерен в дыхательные пути. Положение усугубляется также тем, что дополнительные усилия и движения по освобождению приводят к еще более быстрому погружению в зерно. Категорически запрещено находиться на поверхности любой зерновой насыпи в момент выгрузки зерна самотеком. Зерновая масса при транспортировке расслаивается примерно в виде двух треугольных слоев, разных по качеству. Самосортирование во вновь образованной зерновой насыпи при погрузо-разгрузочных операциях также имеет свои особенности. Периферийная часть насыпи, как правило, состоит из легких примесей и щуплого зерна, центральная часть – из полноценного качественного зерна. Автором показаны возможные отрицательные последствия термовлажностепроводности. Знание природы этих свойств поможет успешно работать с зерном и избегать порчи зерна вследствие плесневения и самосогревания.

Ключевые слова: зерновой элеватор, самосортирование, сыпучесть, термовлажностепроводность, угол естественного откоса, зерно, качество, насыпь, зерновая масса.

PHYSICAL PROPERTIES OF GRAIN MASS AND THEIR SIGNIFICANCE IN WORKING WITH GRAIN

Aleksandr M. Agapkin

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

The article shows key physical properties of the grain mass: looseness, self-sorting and thermal-moisture conduction. Classical information was supplemented by practical and scientific observations of the author. The pile of millet and flax has such looseness that, if a person steps on its surface, he/she can plunge into it and be killed. The risk of death is connected with super-cooling and possible penetration of grains into respiratory ways. The situation can deteriorate, in case extra efforts and movements are made to get free, which could cause a quick sinking in grain. It is strictly forbidden to stay on the surface of grain pile during unloading by drift. The grain mass during transportation gets exfoliated in two triangle layers, which are different in quality. Self-sorting in a newly-formed grain pile during loading-unloading also has its peculiarities. The peripheral part of the pile, as a rule consists of light admixture and thin grain, while the central part – of high-quality grain. The author shows possible negative effects of thermal-moisture conduction. Knowledge of these characteristics can help work successfully with grain and avoid damage of grain due to its growing mouldy and self-heating.

Keywords: grain-elevator, self-sorting, looseness, thermal-moisture conduction, the angle of natural slope, grain, pile, grain mass.

Зерновая масса (зерно, зерновая насыпь) – совокупность отдельно взятых зерновок, которая характеризуется определенным составом, физиологиче-

скими и физическими свойствами. Зерновая масса формируется в бункере комбайна во время уборки урожая, затем она перевозится, обрабатывается и хранится до

использования от нескольких часов до 15–20 лет [1; 2; 4; 8]. Основная часть товарного зерна проходит через элеваторы. Современный элеватор – это крупное предприятие по приему, обработке, хранению и отгрузке зерна емкостью до 100 тыс. тонн и более (рис. 1).

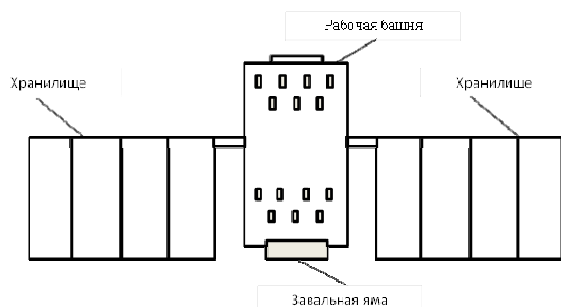


Рис. 1. Общая схема зернового элеватора

Элеватор состоит из двух частей: рабочей башни и хранилищ или силосов. Рабочая башня высотой 50–60 м оборудована очистительными, сортировальными и сушильными установками, завальной или загрузочной ямой для приема зерна. Из завальной ямы зерно поднимается на верхний этаж рабочей башни специальным ковшовым транспортером (норией) и затем самотеком по зернопроводам, опускаясь вниз, очищается, сушится и сортируется, т. е. доводится до стандартного качества. Стандартное зерно вновь поднимают вверх и засыпают в железобетонные или металлические хранилища высотой до 30 м круглой или квадратной формы.

В последние годы в России переходят на использование металлических силосов из высококачественного оцинкованного металла с системой активного вентилирования.

В зависимости от целевого назначения элеваторы подразделяются на следующие виды: заготовительные или хлебоприемные (прием и обработка свежубранного зерна); производственные (обслуживание мелькомбинатов, крупяных, комбикормовых, крахмалопаточных заводов); базисные или фондовые (хранение зерна и семян государственных фондов); портовые или перевалочные (перегрузка зерна с одного

вида транспорта на другой). Производственные элеваторы, мельницы, крупяные, комбикормовые, крахмалопаточные заводы, расположенные на одной территории, называют комбинатами хлебопродуктов. Для того чтобы не путать продукцию, которая производится на пекарне или хлебозаводе, с продукцией комбинатов хлебопродуктов, специалисты называют хлебопродукты хлебобулочными изделиями и хлеб печеным хлебом.

Самый первый силосный зерновой агрегат был построен в США в 1845 г. в городе Дулут штата Миннесота. В России первый силосный элеватор начал работать в 1887 г. в Нижнем Новгороде.

Работа всех механизмов элеватора основана на учете основных физических свойств зерновой массы, таких как сыпучесть, самосортирование, термовлагопроводность.

Сыпучесть (или самотек) – это способность зерновой массы перемещаться под действием силы тяжести и заполнять объемы и пространства различной формы. Величина сыпучести выражается через угол естественного откоса насыпи зерна, т. е. угол, который образуется при свободном высыпании зерна на горизонтальную поверхность между основанием насыпи (конуса) зерна и боковой стороной (рис. 2).

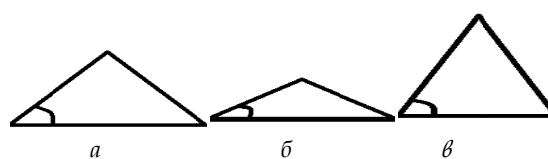


Рис. 2. Угол естественного откоса насыпи зерна: а – пшеницы; б – проса; в – овса

Чем острее угол естественного откоса, тем выше сыпучесть зерна. Основные факторы, от которых зависит сыпучесть, – это вид зерна, содержание примесей или засоренность и влажность. Так, угол естественного откоса проса, самого сыпучего зерна, в 2 раза меньше, чем у овса, зерно которого характеризуется самой низкой сыпучестью (таблица). Шаровидное, гладкое и мелкое зерно более сыпучее (подвижное) по срав-

нению с зерном другой формы и поверхности.

**Угол естественного откоса зерна
основных сельскохозяйственных культур
(средние значения)***

Наименование зерна (вид)	Угол естественного откоса, градусы
Просо, лен	20–25
Горох, соя, чечевица, вика	25–30
Пшеница, рожь	30–35
Ячмень, кукуруза, рис	35–40
Подсолнечник	40–45
Овес	45–50

* Источники: [7; 8].

С увеличением влажности и засоренности зерно теряет сыпучесть. Потеря сыпучести характерна для всех видов зерна и может составлять в среднем до 30–80%. Так, уборку урожая в сырую дождливую погоду останавливают не только из-за того, что сильно увеличиваются потери зерна с соломой и половой, но и потому, что намолоченное сырое, засоренное зерно часто невозможно выгрузить из бункера комбайна. Свежеубранное зерно средней полосы России, как правило, проходит первичную обработку на току сельскохозяйственных предприятий и только потом направляется на элеватор [3; 5; 6]. Работа с большими насыпями зерна предусматривает соблюдение дополнительных мер по технике безопасности. Нельзя ходить по зерну без специальных приспособлений (трапы, мостки и др.), хотя, утопая по колёно, с трудом можно дойти до нужного места. Это относится ко всем видам зерна, особенно к зерну проса и льна. Насыпи проса и льна обладают такой сыпучестью, что, ступив на ее поверхность, человек может полностью погрузиться в зерно и погибнуть. Риск гибели связан с переохлаждением и возможным попаданием зерен в дыхательные пути. Положение усугубляется также и тем, что дополнительные усилия и движения по освобождению приводят к еще более быстрому погружению в зерно. Категорически запрещено находиться на поверхности любой зерновой насыпи в момент выгрузки зерна самотеком (рис. 3).

Ежегодно регистрируются несчастные случаи, связанные с гибелью людей в зерне. При выгрузке в зерновую воронку могут попасть птицы, мышевидные грызуны, забытые приборы и оборудование.

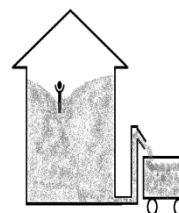


Рис. 3. Несоблюдение техники безопасности при выгрузке зерна самотеком из хранилища

Самосортирование – это перераспределение зерна и компонентов зерновой массы по удельному весу при транспортировке и погрузо-разгрузочных работах. Считается, что более тяжелое, качественное зерно опускается вниз, а легкие примеси, щуплое, недоразвитое зерно поднимаются вверх. Наши наблюдения показали, что это не совсем так. Зерновая масса при транспортировке расслаивается примерно в виде двух треугольных слоев, разных по качеству (рис. 4, а, б), что связано с дополнительным самосортированием при торможении. Самосортирование вновь образованной зерновой насыпи при погрузо-разгрузочных операциях также имеет свои особенности. Периферийная часть насыпи, как правило, состоит из легких примесей и щуплого зерна, центральная часть – из полноценного качественного зерна (рис. 4, в).

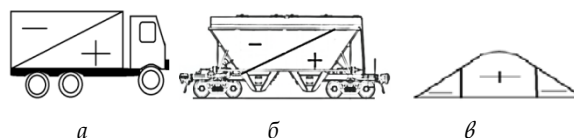


Рис. 4. Схема самосортирования зерна при транспортировке:

а – автотранспортом; б – железнодорожным вагоном; в – в насыпи. Знак (+) указывает место нахождения качественного зерна, знак (-) – щуплого, недоразвитого зерна и легких примесей

Концентрация примесей и низкокачественного зерна в определенных участках насыпи, появляющаяся вследствие само-

сортирования, создает дополнительные риски порчи зерна, поскольку эти компоненты зерновой массы более сырые и характеризуются повышенной микробиологической и биохимической активностью. Последствия самосортирования необходимо учитывать на всех этапах товародвижения, а также при отборе проб для анализа.

Процессы теплообмена зерна и окружающего воздуха происходят двумя путями: контактным и конвективным [7; 8]. Первый путь – это передача тепла и влаги от отдельного зерна к зерну при соприкосновении, второй – при конвективном движении воздуха межзернового пространства. В первом случае теплообменные процессы распространяются только на поверхностный слой насыпи глубиной 4–6 см, поскольку теплопроводность зерна и воздуха небольшая, площадь контактов между зерновками также мала. Поэтому охлажденная зерновая масса может храниться без существенного снижения качества до 5–20 лет. При конвективном движении воздуха межзернового пространства, которое возникает при температурной разнице между слоями насыпи, процессы влаготеплообмена усиливаются [6]. Такое явление называют термовлагопроводностью.

Термовлагопроводность – это перемещение влаги вместе с потоком тепла при перепаде (градиенте) температур между слоями насыпи или стенами хранилища. В результате холодные участки насыпи становятся более влажными из-за притока сюда влаги в виде пара и образования водяного конденсата, что увеличивает риск самосогревания и плесневения (рис. 5).

Наши наблюдения показали, что при температурном перепаде между нижними и верхними слоями конвективное движение воздуха приводит к увлажнению верх-

него слоя насыпи (рис. 5, а). При градиенте температур между стенами хранилища сыреет, как правило, зерно у холодной стены (рис. 5, б).

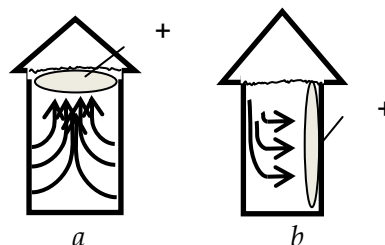


Рис. 5. Конвективное движение межзернового воздуха и появление водного конденсата (+) при градиенте температур:

а – между верхними и нижними слоями;
б – между боковыми слоями зерновой массы в цилиндрическом хранилище (силосе)

Отрицательная сторона термовлагопроводности заключается в том, что это явление имеет место даже при хранении сухого зерна стандартной влажности. Поэтому в практике работы с зерном это обязательно учитывают. Так, для отражения тепла солнечной радиации снаружи стены зерно- и семенохранилищ белят или красят в белый цвет. Мешки с зерном размещают на специальных деревянных поддонах, которые обеспечивают воздушную изоляцию продукта от пола. Между стенами и потолком также оставляют воздушные промежутки. Полы хранилищ, как правило, асфальтируют, бетонные плиты и бетонирование не применяют, поскольку бетон притягивает холод.

Таким образом, исследования сыпучести, самосортирования и термовлагопроводности зерновой насыпи позволят успешнее решать проблему борьбы с потерями, сохранения и повышения качества зерна и продуктов его переработки.

Список литературы

1. Агапкин А. М. Еще раз о зерновых злаковых культурах, оценке качества и производстве зерна // Товаровед продовольственных товаров. – 2017. – № 3. – С. 8–14.
2. Агапкин А. М. Зерновая масса, состав и краткая характеристика ее компонентов // Товаровед продовольственных товаров. – 2017. – № 4. – С. 10–18.

3. Агапкин А. М. К вопросу об оплате свежесобранного зерна пшеницы в зависимости от его качества // Товаровед продовольственных товаров. – 2017. – № 3. – С. 57–61.
4. Агапкин А. М. Основные положения вводной лекции по товароведению продовольственных товаров // Товаровед продовольственных товаров. – 2016. – № 9. – С. 38–44.
5. Агапкин А. М. Расчеты за свежесобранное зерно в зависимости от его качества // Евразийское Научное Объединение. – 2017. – Т. 1. – № 1 (23). – С. 100–103.
6. Агапкин А. М. Способы снижения потерь массы и качества зерна при хранении // Товаровед продовольственных товаров. – 2016. – № 5. – С. 50–52.
7. Смирнова Н. А., Надежднова Л. А., Селезнева Г. Д., Воробьева Е. А. Товароведение зерно-мучных и кондитерских товаров. – М. : Экономика, 1989.
8. Трисвятский Л. А. Хранение зерна. – М. : Агропромиздат, 1986.

References

1. Agapkin A. M. Eshche raz o zernovykh zlakovykh kul'turakh, otsenke kachestva i proizvodstve zerna [Again about Cereals, Quality and Production of Grain]. *Tovaroved prodovol'stvennykh tovarov* [Food Commodity Expert.], 2017, No. 3, pp. 8–14. (In Russ.).
2. Agapkin A. M. Zernovaya massa, sostav i kratkaya kharakteristika ee komponentov [Grain Mass, its Composition and Brief Characteristics of Its Components]. *Tovaroved prodovol'stvennykh tovarov* [Food Commodity Expert.], 2017, No. 4, pp. 10–18. (In Russ.).
3. Agapkin A. M. K voprosu ob oplate svezheubrannogo zerna pshenitsy v zavisimosti ot ego kachestva [Concerning Payment for Newly-Harvested Grain of Wheat Depending on its Quality]. *Tovaroved prodovol'stvennykh tovarov* [Food Commodity Expert.], 2017, No. 3, pp. 57–61. (In Russ.).
4. Agapkin A. M. Osnovnye polozheniya vvodnoy lektsii po tovarovedeniyu prodovol'stvennykh tovarov [Key Ideas of the Introductory Lecture on Good Commodity Research]. *Tovaroved prodovol'stvennykh tovarov* [Food Commodity Expert.], 2016, No. 9, pp. 38–44. (In Russ.).
5. Agapkin A. M. Raschety za svezheubrannoe zerno v zavisimosti ot ego kachestva [Payments for Newly-Harvested Grain Depending on its Quality]. *Evraziyskoe Nauchnoe Ob'edinenie* [Eurasian Scientific Association], 2017, Vol. 1, No. 1 (23), pp. 100–103. (In Russ.).
6. Agapkin A. M. Sposoby snizheniya poter' massy i kachestva zerna pri khranении [Ways of Cutting Losses of Grain Mass and Quality during Storage]. *Tovaroved prodovol'stvennykh tovarov* [Food Commodity Expert.], 2016, No. 5, pp. 50–52. (In Russ.).
7. Smirnova N. A., Nadezhnova L. A., Selezneva G. D., Vorob'eva E. A. *Tovarovedenie zernomuchnykh i konditerskikh tovarov* [Commodity Research in the Field of Cereals and Confectionary Goods]. Moscow, Ekonomika, 1989. (In Russ.).
8. Trisvyatskiy L. A. *Khranenie zerna* [Grain Storage]. Moscow, Agropromizdat, 1986. (In Russ.).

Сведения об авторе

Александр Матвеевич Агапкин
кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры товароведения и товарной
экспертизы РЭУ им. Г. В. Плеханова.
Адрес: ФГБОУ ВО «Российский экономический
университет имени Г. В. Плеханова», 117997,
Москва, Стремянный пер., д. 36.
E-mail: Agapkin.AM@rea.ru

Information about the author

Aleksandr M. Agapkin
PhD, Assistant Professor of the Department
for Commodity Research and Commodity
Expertise of the PRUE.
Address: Plekhanov Russian University
of Economics, 36 Stremyanny Lane, Moscow,
117997, Russian Federation.
E-mail: Agapkin.AM@rea.ru