

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

УДК 664.724+631.243.32+631.171

Г.Ф. Бахарев, Л.И. Дролова, В.А. Синицын
G.F. Bakharev, L.I. Drolova, V.A. Sinitsyn

ОЦЕНКА ВАРИАНТОВ ТЕХНОЛОГИЙ МЕХАНИЗИРОВАННОГО ХРАНЕНИЯ ЗЕРНА В СИБИРИ

THE EVALUATION OF ALTERNATIVE TECHNOLOGIES OF MECHANIZED GRAIN STORAGE IN SIBERIA

Ключевые слова: хранение сухого зерна, оценка, существующий склад, ангар, «рукав», металлический силос, ресурсосбережение, капитальные вложения, затраты топлива и электроэнергии, количество обслуживающего персонала, экологическая безопасность.

Острой проблемой производства зерна в Сибири является обеспечение его сохранности из-за нехватки сушилок и хранилищ зерна в условиях повышения урожайности, ввода в оборот пустующих земель и роста экспорта зерна. Регион нуждается в современных сооружениях и новых технологиях хранения зерна. В последнее время в регионе Сибири получили распространение различные относительно недорогие быстровозводимые металлические каркасные и бескаркасные ангары и силоса. Ранее нами приводилась оценка технологий приготовления и хранения высоковлажного консервированного плющеного зерна. В данной работе приведена оценка вариантов технологий хранения сухого зерна для условий Сибири по критериям ресурсосбережения (размерам капитальных вложений, количеству обслуживающего персонала, затратам на дизтопливо и электроэнергию) и экологической безопасности. Проводилась оценка четырёх пространственных вариантов технологий на примере хранения 1000 т высушенного зерна в существующем отремонтированном складе, современном ангаре, «рукавах» и металлическом силосе. Расчеты показали: технология хранения зерна в существующем отремонтированном складе требует меньших капитальных вложений – 1,4 млн руб., в ангаре – 2,5, а в «рукавах», разрекламированная как «простая» технология, но почти не нашедшая применения в условиях Сибири, – 3,7 млн руб. Экологически безопасной технологией хранения сухого зерна в хозяйствах Сибири, обеспечивающей высокое качество сохранности, является лишь технология хранения зерна в силосах, постоянно совершенствующаяся, требующая меньше обслуживающего персонала, практически исключая ручной труд, механизированная, в

большинстве случаев автоматизированная и компьютеризированная, включающая следующие процессы: загрузку зерна в силос, автоматический контроль состояния зерна, вентилирование или перекачку зерна, выгрузку зерна из силоса, подготовку хранилища к приемке новой партии зерна (чистку, ремонт и др.). В зависимости от экономической обеспеченности финансовыми, материальными и трудовыми ресурсами хозяйства смогут выбирать из 4 рассмотренных приемлемый вариант технологии хранения зерна.

Keywords: dry grain storage, evaluation, existing warehouse, hangar, "hose", metal silo, resource saving, environmental safety, capital investments, fuel and electricity costs, number of maintenance personnel, ecological safety.

An acute problem of grain production in Siberia is to ensure grain storage due to the lack of dryers and grain storage facilities in terms of increasing yields, redevelopment of idle lands and growth of grain exports. The region needs modern facilities and new technologies of grain storage. Recently, various relatively inexpensive prefabricated metal frame and frameless hangars and silos have become widespread in Siberia. Earlier, we evaluated the technologies of preparation and storage of highly damp preserved flattened grain. This paper deals with the variants of dry grain storage technologies for the conditions of Siberia; they are evaluated according to the criteria of resource saving (capital investment amount, the number of maintenance personnel and the cost of diesel fuel and electricity) and environmental safety. Four common variants of technologies were evaluated by the example of storage of 1000 tons of dried grain in the existing repaired warehouse, modern hangar, "hoses" and metal silo. The calculations showed that the grain storage technology in the existing repaired warehouse requires less capital investment – 1.4, in the hangar – 2.5, and in the "hoses", advertised as a "simple" technology, but almost not found application in Siberia, – 3.7 million rubles. Environmentally safe technology of dry grain

storage on farms of Siberia ensuring high quality of storage is only the technology of storage of grain in silos which is constantly improved, demanding less service personnel, practically excluding manual work, mechanized, in most cases automated and computerized, including the following processes: loading of grain in a silo, automatic control of grain condition,

ventilation or pumping of grain, unloading of grain from a silo, preparation of storage for receipt of a new batch of grain (cleaning, repair, etc.). Depending on the availability of financial, material and human resources, farms will be able to choose an acceptable option of grain storage technology from the four considered ones.

Бахарев Геннадий Филиппович, к.т.н., с.н.с., вед. н.с., СибИМЭ, Сибирский федеральный научный центр агробiotехнологий РАН, Новосибирская обл. Тел.: (383) 348-69-27. E-mail: baharev50@ngs.ru.

Дролова Лидия Ивановна, с.н.с., СибИМЭ, Сибирский федеральный научный центр агробiotехнологий РАН, Новосибирская обл. Тел.: (383) 348-69-27. E-mail: drolova48@mail.ru.

Синицын Виктор Андреевич, с.н.с., СибИМЭ, Сибирский федеральный научный центр агробiotехнологий РАН, Новосибирская обл. Тел.: (383) 348-67-21. E-mail: Victor.Sinitsyn@list.ru.

Bakharev Gennadiy Filippovich, Cand. Tech. Sci., Leading Staff Scientist, Siberian Research Institute of Mechanization and Electrification of Farming Industry, Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies of Rus. Acad. of Sci., Novosibirsk Region. Ph.: (383) 348-69-27. E-mail: baharev50@ngs.ru.

Drolova Lidiya Ivanovna, Senior Staff Scientist, Siberian Research Institute of Mechanization and Electrification of Farming Industry, Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies of Rus. Acad. of Sci., Novosibirsk Region. Ph.: (383) 348-69-27. E-mail: drolova48@mail.ru.

Sinitsyn Viktor Andreyevich, Senior Staff Scientist, Siberian Research Institute of Mechanization and Electrification of Farming Industry, Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies of Rus. Acad. of Sci., Novosibirsk Region. Ph.: (383) 348-67-21. E-mail: Victor.Sinitsyn@list.ru.

Введение

Во всех регионах страны велика вероятность уборки влажного зерна, поэтому технологии послеуборочной обработки на всех зернопроизводящих предприятиях должны предусматривать его сушку для обеспечения кратковременного или длительного хранения [1, 2]. Применение существующих складов, недорогих быстровозводимых металлических ангаров и дорогостоящих силосов зерна – основные современные тенденции в области хранения сухого зерна в хозяйствах Сибири [3, 4]. Исследования хранения зерна в силосах, проведенные в различных зонах СССР Всесоюзным НИИ зерна в 1974-1980 гг., показали, что они удовлетворяют требованиям, предъявляемым к зернохранилищам. Силоса большой вместимости могут применяться не только для долгосрочного, но и для временного хранения зерна при модернизации зерно-, семяочистительных сушильных комплексов [5]. Некоторые хозяйства хранят зерно в «рукавах» и очень редко – в мешках. Ранее нами приводилась оценка существующих и предлагаемых нами технологий приготовления и хранения высоковлажного консервированного плющеного зерна [6].

Многовариантность применяемых технологий хранения сухого зерна делает актуальной проблему их оценки для выбора хозяйствами приемлемых вариантов в условиях продолжающегося роста цен на технику, сооружения, тарифов на топливо и электроэнергию, дефицита квалифициро-

ванных работников, возрастающих требований к качеству зерна, ресурсосбережению, механизации, автоматизации, цифровизации и экологичности.

Цель исследований – оценить варианты существующих технологий хранения сухого зерна в хозяйствах Сибири по критериям ресурсосбережения (размерам капитальных вложений, количеству обслуживающего персонала, затратам на дизтопливо и электроэнергию) и экологической безопасности.

Методика

Технология хранения сухого зерна включает в основном 4 процесса: загрузку зерна в хранилище; контроль состояния зерна; процессы во время хранения (перемещение, перелопачивание, перекачка, вентилирование, охлаждение, обработка зерна газами); выгрузку зерна из хранилища.

Оценка вариантов технологий хранения зерна проводилась путём использования элементов системного подхода по следующим критериям: размерам капитальных вложений, затратам на дизтопливо и электроэнергию, количеству обслуживающего персонала и экологической безопасности [7]. Проводилась оценка четырёх распространённых вариантов технологий на примере хранения 1000 т высушенного зерна (рисунки приведены из открытых источников):

– хранение в существующем отремонтированном складе (площадь 600 м² после ремонта кровли, с зернометателем ЗМ-90 ПЧ и азраторами АЗ-1500) (рис. 1, 2);



Рис. 1. Склад зерна (установка аэратора зерна)



Рис. 2. Погрузка зерна в автомобиль в складе

капитальные работы и затраты), млн руб.; N – объём работ, т; T – продолжительность работы техники, ч; $N_{уст}$ – установленная мощность, кВт; Q_T – производительность, т/ч; q – удельный расход дизтоплива, л/т, кг/т, г/кВт•ч; тариф на дизтопливо $C_{дт} = 48,8$ руб/л; тариф на электроэнергию $C_{ээ} = 4$ руб/кВт • ч.



Рис. 3. Ангар для зерна металлический бескаркасный



Рис. 4. Загрузка зерна в рукав

– хранение в современном ангаре (площадь 600 м², с зернометателем ЗМ-90 ПЧ и аэраторами АЗ-1500) (рис. 3);

– хранение в рукавах (в 7 рукавах вместимостью каждый по 150 т зерна, с зерноупаковочной машиной ЗУМ-1 в агрегате с трактором МТЗ 1221, перегрузчиком автомобильным МВА-450-01 в агрегате с трактором МТЗ 1221, машиной для выгрузки зерна из мешков-рукавов GE-150 в агрегате с трактором МТЗ 1221) (рис.4);

– хранение в металлическом силосе (силос СМП.110.В.12В12 с норией НМ-100 и вентилятором высокого давления) (рис. 5).

Обозначения и исходная информация для расчёта показателей следующие (в ценах 2018 г.): K – капитальные вложения (затраты на НИОКР, строительно-монтажные работы, приобретение оборудования, инструмента, инвентаря, прочие



Рис. 5. Силос зерна с плоским днищем

Капитальные вложения K_c на специализированную технику и материалы (зернометатели, аэраторы, металл и др.) рассчитывались по формуле, тыс. руб.:

$$K_C = C_T(1+K^{TC}+K^M), \quad (1)$$

где C_T – цена техники, тыс. руб.;

K^{TC} – коэффициент транспортно-складских расходов 0,125;

K^M – коэффициент расходов на монтаж 0,15.

Капитальные вложения K_{BP} на универсальную временно задействованную технику (трактор, пегрузчик и др.), тыс. руб.:

$$K_{BP} = C_T (T_d: 365), \quad (2)$$

где T_d – количество дней работы техники в варианте технологии из 365.

Затраты на электроэнергию $Z_э$ на 1000 т зерна, тыс. руб.:

$$Z_э = 1000q_э \cdot K_ц \cdot C_{ээ}, \quad (3)$$

где $q_э$ – удельный расход электроэнергии, кВт • ч/т;

$K_ц$ – количество циклов работы, раз;

Затраты на дизтопливо техникой $Z_{дт}$ на 1000 т зерна, тыс. руб.:

$$Z_{дт} = q_{т1} \cdot C_{дт}, \quad (4)$$

где $q_{т1}$ – удельный расход дизтоплива техникой, кг/т.

Затраты на дизтопливо техникой $Z_{дт}$ на 1000 т зерна по времени работы трактора, тыс. руб.:

$$Z_{дт} = q_{т2} \cdot N_{тр} \cdot T_{тр} \cdot C_{дт}, \quad (5)$$

где $q_{т2}$ – удельный расход дизтоплива, кг/кВт•ч;

$N_{тр}$ – мощность трактора, кВт;

$T_{тр}$ – время работы трактора, ч.

Экологическая безопасность технологий оценивалась путем опроса специалистов и изучения хранилищ зерна.

Результаты исследований

Результаты расчетов вариантов технологий хранения зерна по вышеперечисленным критериям приведены в таблице. Предполагалось, что зерно хранилось 10 месяцев, а доставка зерна до хранилищ и в места его реализации осуществлялась одинаковыми транспортными средствами.

Анализ данных таблицы показал, что технология хранения зерна в существующем отремонтированном складе требует меньших капитальных вложений - 1,4 млн. руб., в ангаре – 2,5, а в «рукавах», разрекламированная как «простая» технология, но почти не нашедшая применения в условиях Сибири, – 3,7 млн руб.

Экологически безопасной технологией сухого хранения в хозяйствах Сибири, обеспечивающей высокое качество сохранности зерна, но капиталоемкой (6,2 млн руб.), является лишь технология хранения зерна в силосах, постоянно совершенствующаяся, требующая меньше обслуживающего персонала, практически исключая ручной труд, механизированная, в большинстве случаев автоматизированная и компьютеризированная, включающая следующие процессы: загрузку зерна в силос, автоматический контроль состояния зерна, вентилирование или перекачку зерна, выгрузку зерна из силоса, подготовку хранилища к приемке новой партии зерна (чистку, ремонт и др.).

Таблица

Оценка вариантов технологий на примере хранения 1000 т сухого зерна

Варианты технологий хранения сухого зерна	Капитальные вложения K, млн руб.	Затраты на дизтопливо $Z_{дт}$ и электроэнергию $Z_э$, млн руб.	Обслуживающий персонал, чел.	Экологическая безопасность
Хранение в существующем отремонтированном складе	1,4	$Z_э - 0,091$	3	Неудовлетворительная: пыль, загазованность, грызуны, птицы
Хранение в ангаре	2,5	$Z_э - 0,091$	3	Неудовлетворительная: пыль, загазованность, грызуны, птицы
Хранение в «рукавах»	3,7	$Z_{дт} - 0,003$	2	Неудовлетворительная: грызуны, птицы
Хранение в металлическом силосе	6,2	$Z_э - 0,004$	1-2	Удовлетворительная

Выводы

1. Основные современные тенденции в области хранения сухого зерна в хозяйствах Сибири: применение существующих хранилищ и недорогих быстровозводимых металлических ангаров и дорогостоящих силосов зерна.

2. Технология хранения зерна в существующем отремонтированном складе требует наименьших капитальных вложений – 1,4 млн руб., в ангаре – 2,5, в «рукавах», разрекламированная как «простая» технология, но почти не нашедшая применения в условиях Сибири, – 3,7, в силосах – 6,2 млн руб.

3. Для хранения сухого зерна экологически безопасен и требует меньше обслуживающего персонала только вариант технологий хранения в силосах.

4. Таким образом, в зависимости от экономической обеспеченности финансовыми, материальными и трудовыми ресурсами хозяйства смогут выбирать приемлемый вариант технологии хранения зерна.

Библиографический список

1. Трисвятский Л.А. Хранение зерна. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. Технология хранения зерна: учебник для вузов / под ред. Е.М. Вобликова. – СПб.: Лань, 2003. – 448 с.
3. Бахарев Г.Ф. Тенденции в области хранения зерна в хозяйствах Западной Сибири // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии: сб. науч. докладов XXI Междунар. науч.-практ. конф. (г. Уланбаатар, 4-6 октября 2018 г.) / СФНЦА РАН. – Новосибирск, 2018. – С. 214-215.
4. Закрома Родины: как их сохранить и приумножить // Агровестник Сибири. – 2015. – № 1. – С. 42-44.
5. Стрикунов Н.И., Леканов С.В., Стрикунов И.Н., Черкашин С.А. Модернизация зерно – семяочистительного сушильного комплекса ФГУП ПЗ «Комсомольское» Павловского района // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 9 (143). – С. 168-173.
6. Бахарев Г.Ф., Дролова Л.И. Оценка вариантов технологий консервирования зерна молочно-восковой спелости // Кормопроизводство, продуктивность, долголетие и благополучие животных:

сб. трудов Междунар. науч.-практ. конф. / СФНЦА РАН, ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2018. – С. 129-136.

7. Бахарев Г.Ф. Системный подход к выбору технологий уборки, обработки и хранения зерна в условиях лесостепи Западной Сибири // Научно-техническое обеспечение АПК Сибири: матер. Междунар. науч.-техн. конф. (п. Краснообск, 7-9 июня 2017 г.) / СибИМЭ СФНЦА РАН. – Новосибирск, 2017. – Т. 1. – С. 79-83.

References

1. Trisvyatskiy L.A. Khraneniye zerna. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 s.
2. Tekhnologiya khraneniya zerna: uchebnyk dlya vuzov // pod red. E.M. Voblikova. – SPb.: Lan, 2003. – 448 s.
3. Bakharev G.F. Tendentsii v oblasti khraneniya zerna v khozyaystvakh Zapadnoy Sibiri // Agrarnaya nauka – selskokhozyaystvennomu proizvodstvu Sibiri, Kazakhstana, Mongolii, Belarusi i Bolgarii: sb. nauch. dokladov KhXI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Ulanbaatar, 4-6 oktyabrya 2018 g.) / SFNTsA RAN. – Novosibirsk, 2018. – S. 214-215.
4. Zakroma Rodiny: kak ikh sokhranit i priumnozhit // Agrovestnik Sibiri. – 2015. – No. 1. – S. 42-44.
5. Strikunov N.I., Lekanov S.V., Strikunov I.N., Cherkashin S.A. Modernizatsiya zerno – semyaochistitelnogo sushilnogo kompleksa FGUP PZ «Komsomolskoye» Pavlovskogo rayona // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – No. 9 (143). – S. 168-173.
6. Bakharev G.F., Drolova L.I. Otsenka variantov tekhnologiy konservirovaniya zerna molochno-voskovoy spelosti // Kormoproizvodstvo, produktivnost, dolgoletie i blagopoluchie zhivotnykh: sb. trudov Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. / SFNTsA RAN, FGBOU VO Novosibirskiy GAU. – Novosibirsk: ITS NGAU «Zolotoy kolos», 2018. – S. 129-136.
7. Bakharev G.F. Sistemnyy podkhod k vyboru tekhnologiy uborki, obrabotki i khraneniya zerna v usloviyakh lesostepi Zapadnoy Sibiri // Nauchno-tekhnicheskoye obespecheniye APK Sibiri: materialy Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. (p. Krasnoobsk, 7-9 iyunya 2017 g.) / SibIME SFNTsA RAN. – T. 1. – Novosibirsk, 2017. – S. 79-83.

