

УДК 631.12

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-342-10-99-102>

Тип статьи: Оригинальное исследование

Type of article: Original research

**Славкина В.Э.¹,
Мирзаев М.А.¹,
Зобов В.А.²**¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» Москва, Россия² CECF ELECTRIC TRADING Шанхай, Китай**Ключевые слова:** сельское хозяйство, зерновые культуры, урожай, хранение, силос, композитные материалы**Для цитирования:** Славкина В.Э., Мирзаев М.А., Зобов В.А. Применение композиционных материалов для изготовления зерновых силосов. *Аграрная наука.* 2020; 342 (10): 99–102.<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-342-10-99-102>**Конфликт интересов отсутствует****Slavkina V.E.¹,
Mirzaev M.A.¹,
Zobov V.A.²**¹ Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM" Moscow, Russia² CECF ELECTRIC TRADING Shanghai, China**Key words:** agriculture, grain crops, harvest, storage, silos, composite materials**For citation:** Slavkina V.E., Mirzaev M.A., Zobov V.A. The use of composite materials for the manufacture of grain silos. *Agrarian Science.* 2020; 342 (10): 99–102. (In Russ.)<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-342-10-99-102>**There is no conflict of interests**

Применение композиционных материалов для изготовления зерновых силосов

РЕЗЮМЕ

Актуальность и методика. Одной из главных задач зернового производства в России является хранение собранного урожая зерновых. Прирост зерновой емкости осуществляется в последние годы в основном за счет строительства металлических зернохранилищ. Это объясняется меньшими по сравнению с железобетонными силосами капитальными затратами и короткими сроками монтажа. Применение полимерных композиционных материалов (ПКМ), по сравнению с традиционными сплавами, обеспечивает уменьшение массы металлической конструкции, увеличение их ресурса, снижение трудо- и энергоемкости изготовления деталей до 50%, повышение прочностных качеств конструкции, сокращение трудозатрат при подготовке производства, а также повышение сроков эксплуатации. Целью данного исследования было рассмотрение зернового комплекса России и стоящих перед ним задач, в частности, проблемы хранения и переработки урожая.

Результаты. Особое внимание было уделено возможности использования композиционных материалов для оптимизации производства и эксплуатации зерновых силосов. Был проведен сравнительный анализ традиционных материалов с композиционными и сделан вывод о преимуществе последних.

The use of composite materials for the manufacture of grain silos

ABSTRACT

Relevance and methods. One of the main tasks of grain production in Russia is the storage of harvested grain crops. The growth of grain capacity in recent years has been mainly due to the construction of metal grain storage facilities. This is due to lower capital costs and shorter installation times compared to reinforced concrete silos. The use of polymer composite materials (PKM) and, in comparison with traditional alloys, provides for a reduction in the weight of the metal structure, an increase in its resource, a reduction in the labor and energy intensity of manufacturing parts by up to 50%, an increase in the strength properties of the structure, a reduction in labor costs during the preparation of production, as well as an increase in the terms of exportation.

Results. The purpose of this study was to review Russia's grain complex and the tasks it faces, in particular the problems of storage and processing of crops. The main storage method — silos and their structural characteristics — was considered. A comparative analysis of traditional materials with composite ones was carried out and the advantages of the latter were concluded.

Поступила: 7 сентября
После доработки: 12 октября
Принята к публикации: 15 октябряReceived: 7 september
Revised: 12 october
Accepted: 15 october

Введение

На данный момент с уверенностью можно сказать, что экономика большого количества субъектов напрямую зависит от аграрного сектора. Например, в России продовольственная безопасность все еще является нерешенной задачей, но заметим, что это касается многих стран. Необходимость развития сельского хозяйства обусловлена нуждой населения в продуктах, а сырье необходимо для работы перерабатывающей отрасли. От того, насколько большим будет КПД сельского хозяйства, зависит уровень жизни людей. Поддержание безопасности страны в области продовольствия попадает под дела национальной безопасности, потому что это гарантирует стабильность в обеспечении жителей субъекта продуктами питания [1–2].

Обеспечение сохранности зерна до момента начала его использования — задача непростая, особенно когда многим хозяйствам, которые выращивают зерно, приходится хранить у себя весь собранный урожай. Именно в таких условиях становятся актуальными новые способы сохранения зерна, требующие значительных капиталовложений [3].

Соблюдение режима влажности и соотношения температур, когда речь идет о сохранности зерна, находящегося в металлических емкостях, требует особого внимания. В результате высокой теплопроводности стенки и кровли данный способ существенно отличается от условий хранения зерна в железобетонных силосах и на складах. Причиной такого явления становятся колебания температур в суточном и годовом исчислении [4].

Из-за того что солнечное излучение воздействует на стены силоса, зерно, находящееся в относительно небольшом расстоянии от стенок, прогревается до достаточно высокой температуры — 40–45 °С, местами — до 50–55 °С. Это происходит по причине наличия у стали, а следовательно, и у всех металлических конструкций из нее, свойства отлично проводить тепло, чего нельзя сказать о зерне, ведь его способность проводить тепло ниже в 350–450 раз. Необходимо учитывать, что из-за перегрева у продукта может ухудшиться качество, а затем если из-за изменения температуры в течение суток последует воздействие холодом, то межзерновое пространство может стать средой образования конденсата из водных паров. Из-за перегрева качественные показатели зерна могут существенно снизиться. В итоге придется столкнуться с порчей зерна, которое было на небольшом расстоянии от стенок сосуда.

Проанализировав, как изменяется температура зерна, которое было около стенок, мы пришли к выводу, что температура металлического сосуда распространяется на толщину продукта около 15–25 см, а наибольший нагрев на себя берут первые 5 см. При этом, если речь идет о производственных условиях, то условия снаружи силоса могут иметь влияние на толщину зерна у стенок, а также на глубину верхнего слоя в пределах 50 см [5].

Методика

Методологической основой исследований явились научные разработки отечественных и зарубежных авторов, изучающих проблемы отрасли зернового производства, пути повышения эффективности хранения зерновых культур. В процессе исследований использовались общие методы научного познания: наблюдение, анализ, сравнение, обобщение; представление информации в форме таблиц, экономико-статистический.

Результаты

Основной и первостепенной задачей любого агропромышленного комплекса является полноценное сохранение урожая и его правильная обработка, при этом необходимо минимизировать не только финансовые, но и временные ресурсы, не менее важно осуществлять переход от устаревших технологий к принципиально новым. Железобетонные элеваторы относятся к технологии, утратившей свою актуальность, на смену таким конструкциям приходят сборнометаллические зерновые силосы по причине того, что они позволяют хранить зерно в крупном объеме. Если система и способ хранения зерна подобраны неверно и без соответствия техническим условиям, потери урожая попросту неизбежны, более того, они могут достигнуть критических показателей (от 20% до полной потери урожая) [6–7].

При отсутствии должной системы аэрации в зернохранилищах поддержание заданных качественных показателей вороха добиваются за счет перемешивания зерна. При этом зерновой материал испытывает множественные механические воздействия транспортирующих органов, что отрицательно сказывается на его качестве [8–9].

Применение полимерных композиционных материалов (ПКМ), по сравнению с традиционными сплавами, обеспечивает уменьшение массы металлической конструкции, увеличение их ресурса, снижение трудо- и энергоемкости изготовления деталей до 50%, повышение прочностных качеств конструкции, сокращение трудозатрат при подготовке производства [10–11].

В настоящее время имеются технико-экономические предпосылки для широкого применения ПКМ в различных отраслях. Разница в конструкциях из металла и композитного материала представлена на рисунке.

Основными достоинствами стеклопластиков перед традиционными материалами являются:

- малый вес и высокая прочность;
- антикоррозионные свойства;

Рис. Сравнение конструкций из металла с композитными
Fig. Comparison of metal structures with composite



Таблица 1. Характеристики материалов

Table 1. Material characteristics

Характеристика	Углепластик	Стеклопластик	Нержавеющая сталь	Алюминий	Дерево
Коррозия	Высокая стойкость к коррозии	Выдерживает широкий спектр химических веществ и не зависит от влажности или погружения в воду	Некоторые типы нержавеющей стали склонны к образованию межкристаллитной коррозии	Может вызвать гальваническую коррозию	Биологическое и атмосферное воздействие, разрушение
Вес	Вес на 40% легче стали, и на 20% легче алюминия	Вес на 75 % меньше, чем вес стали и на 30 % меньше веса алюминия	Может потребоваться подъемное оборудование для передвижения и установки. 1/2 дюймов толстая пластина	Легкий вес. 1/3 веса меди или стали	Удельный вес 0,48
Удельный предел прочности (для металлов предел текучести), $\text{м}^2/\text{с}^2$	200–250	1700	240	50–440	40–60
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом \times м	$1,0 \cdot 10^4$. Обладает диэлектрическим потенциалом	$1,0 \cdot 10^{10}$. Высокий диэлектрический потенциал	Проводит ток. Предполагается заземление	Проводит ток. Предполагается заземление	Может быть проводящим при намагниании
Коэффициент линейного расширения, $\times 10^6$ град ⁻¹	0,12–6,5	0,45–8,3	11,9–14,2	19,6–26,9	3,0–10,0
Термические свойства	Высокая термостойкость	Хороший изолятор с низкой термической проводимостью	Проводит тепло	Проводит тепло	Низкая теплопроводность
Ударопрочность	Не будет постоянно деформироваться под воздействием	Не будет постоянно деформироваться под воздействием	Может постоянно деформироваться под воздействием	Легко деформируется под воздействием	Постоянно деформируется или ломается под воздействием
Воздействие на окружающую среду	Не влияет	Не влияет	Не влияет	Не влияет	Способствует истощению лесных ресурсов
Изготовление конструкций	Существуют различные методы производства углепластиковых конструкций. Зачастую требуется специализированное оборудование и квалифицированный персонал	Может быть изготовлена с использованием простых строительных инструментов. Легкий вес позволяет легко транспортировать и устанавливать	Обладает плохой и трудной свариваемостью. Тяжелый материал требует специального оборудования для возведения и установки	Хорошая обработка (сварка, пайка или механическое соединение)	Может быть изготовлена с использованием простых строительных инструментов
Эксплуатационные затраты	Ремонтные работы проводятся по мере необходимости	Восстановление цветовой окраски по мере снижения ее интенсивности	Требуются регламентные работы не реже 1–2 раза в год	Требуются регламентные работы не реже 1 в год	Требуются регламентные работы не реже 1 в год

- стойкость к ультрафиолету;
- низкая теплопроводность;
- эксплуатация в широком диапазоне температур — от -50 до +80 °C;
- относительная простота эксплуатации и ремонта.

Наиболее востребованным материалом является стеклопластик, который позволяет изготавливать изделия любой сложной формы, при этом изделия из него сохраняют жесткость, прочность и имеют малый вес [13].

Стеклопластик позволяет изделиям из него превосходить стальные, так как имеет лучшие физико-химические особенности. На них не действует коррозия, окружающая среда и различные химические среды. Этим набором свойств обуславливается долговечность этого материала, а следовательно, и изделий из него. Стеклопластик может решать проблемы в сфере строительства на разных уровнях: будь это частный или промышленный масштаб [14–15].

Говоря о композиционных материалах, нельзя не вспомнить об углепластике. Дело в том, что он отличается от традиционных материалов, потому что обладает

повышенной удельной прочностью, жесткостью, более низкими значениями линейного углового расширения и трения. Кроме того, он обладает высокой стойкостью к износам, к воздействию агрессивных сред и повышенными возможностями передачи тепла. Также следует отметить усталостную прочность, которая остается на высоком уровне при разных типах нагрузки. Большую часть металлических и даже конструкционных материалов углепластики превосходят по значениям прочности и жесткости.

Сравнение свойств стеклопластика и углепластика с традиционными материалами представлены в таблице.

Как видно из таблицы 1, композиционные материалы обладают некоторыми преимуществами перед традиционными. Но высокая стоимость сырья и дорогостоящее оборудование для производства изделий из углепластика позволяют сделать вывод о преимущественном применении стеклопластика в качестве материала для изготовления силосов.

Коррозионная стойкость — несомненное преимущество стеклопластика перед сталью. Гибкость конструк-

ции композитов, в отличие от металлов, дает им больше возможностей для применения. Многие формы, которые невозможно или экономически невыгодно изготавливать из стали, алюминия с относительной легкостью изготавливаются из композитов. Благодаря свойствам стеклопластика, а именно его легкости, конструкции из него будут весить меньше, чем из стали, хотя на прочности изделия это не отразится. Стеклопластики очень плохо проводят тепло, сравнимо с проводимостью дерева, а также имеют ряд других преимуществ. Например, они не подвержены влиянию биологических реагентов, воды, атмосферы, а их прочность равна прочности стали. Недочетов, присутствующих у термопластов, стеклопластики лишены.

Выводы

Проанализировав все вышеперечисленное, можно заключить, что количество предприятий, занимающихся зерном, растет, а значит, в решении проблем

его хранения появляется большая актуальность. Для успешной реализации сохранения продуктов необходимо начать пользоваться новыми хранилищами. Обращаясь к данным исследованиям, можно увидеть, что композиционные материалы помогут улучшить экономическую эффективность и обеспечить сохранение хороших потребительских характеристик зерна. Например, стеклопластик хорошо себя покажет, если его использовать для производства каркаса и обшивки зернового резервуара. Преимущества этого материала приводились выше, но стоит отдельно отметить его легкость, от которой напрямую может зависеть уровень сложности в строительстве хранилищ. Сокращение пользовательских трат, низкая цена закупочных материалов, более низкая теплопроводность (если сравнивать с традиционными аналогами) — все это в большой степени влияет на сохранность урожая, потому что позволяет добиться меньшего влияния внешних климатических условий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов В.В., Шамров К.Н., Толмачев А.В. Аспекты регулирования развития производства зерна и выхода на внешние рынки // Научный журнал КубГАУ. — 2016. — №116. — С. 26-39.
2. Водяников В.Т., Азаби Ахмед Омар Юсеф, Боргуль С.В. Современное состояние и тенденции мирового производства зерна // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. — 2013. — №3. — С. 90-95.
3. Баскаков И.В., Оробинский В.И., Карпенко Р.Н. Потери зерна при хранении в зернохранилищах силосного типа // Роль аграрной науки в развитии АПК. — 2017. — С. 201-208.
4. Пилыева О.В. Особенности послепосевного хранения зерна // Эпоха науки. — 2018. — №14. — С. 189-191.
5. Баскаков И.В., Чернышов А.В., Чижко Р.Л., Харитонов М.К. Современные методы хранения зерна в хранилищах силосного типа // Инновационные технологии и технические средства для агропромышленного комплекса: материалы научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (г. Воронеж, 2015г.) / ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ. Воронеж. — 2015. — С.15-20.
6. Blanco-Valdes Y., Duranona, H., Acosta-Roca R. The effect of temperature and humidity on maize grains conservation in metal silos // Cultivos Tropicales. 2016. — Vol.37. — No.4. — P.105-114.
7. Lakhoua M.N. Developing New Techniques for Analysis and Control of Silos // Journal of Computer Science and Control Systems. — 2018. — Vol.11. — Issue 2. — P.18-21.
8. Ajayi E.S., Omodara M.A., Owoyele S.N., Ade A.R., Babarinsa F.A. Temperature Fluctuation Inside Inert Atmosphere Silos // Agricultural, Bioresources, Biomedical, Food, Environmental & Water Resources Engineering. — 2016. — Vol. 35. — No.3. — P.642-646.
9. Ionut O.T., Ciocan V., Boboc A., Pruteanu M., Munteanu V., Ciprian I.C., Balan M.C., Toma A.M. Coatings Innovations on the Inner Shell of Metal Grain Silos // Advanced Engineering Forum. — 2017. — Vol.21. — P.207-212.
10. Dixit S., Goel R., Dubey A., Shivhare P.R., Bhalavi T. Nature Fibre Reinforced Polymer Composite Materials // Polymers from Renewable Resources. — 2017. — Vol.8. — Issue2. — P.80-86.
11. Новиков Д.С., Ляшков Д.В. Композиционные материалы и их использование в промышленности // Молодежная наука в развитии регионов. — 2019. — Т.1. — С.174-177.
12. Потапова К.А., Лейер Д.В., Мугу А.А. Механические свойства и области применения полимерных композитных материалов // Научное обеспечение агропромышленного комплекса. — 2019. — С. 305-306.
13. Lakhoua M.N. Developing New Techniques for Analysis and Control of Silos // Journal of Computer Science and Control Systems. — 2018. — V. 11. — Issue 2. — P.18-21.
14. Савицкий Я.А. Стеклопластики и их использование // Научные исследования: векторы развития. — 2019. — С.107-108.
15. Антонова Т.Г. Структура и применение стеклопластика как высокотехнологического композитного материала // Композиционные строительные материалы. Теория и практика. — 2017. — С.5-9.

ОБ АВТОРАХ:

- Славкина Виктория Эдуардовна**, аспирант, младший научный сотрудник
Мирзаев Максим Арифович, аспирант, младший научный сотрудник
Зобов Владислав Александрович, главный инженер

REFERENCES

1. Smirnov, V.V.; Shamrov, K.N.; Tolmachev, A.V. Aspects of the grain production development regulation and access to the foreign markets (in Russian) // Scientific journal of Kuban State Agrarian University. — 2016. — No.116. — P. 26-39.
2. Vodiannikov, V.T.; Azabi Ahmed Omar Yousef; Borgul, S.V. Modern condition and tendencies of the world grain production (in Russian) // Vestnik FGOU VPO MGAU. — 2013. — No.3. — P. 90-95.
3. Baskakov, I.V.; Orobinskiy, V.I.; Karpenko, R.N. Grain loss during storage in silo type grain storages (in Russian) // Role of agrarian science in development of agroindustrial complex. — 2017. — P. 201-208.
4. Pilyayeva, O.V. Features of the post-harvest grain storage (in Russian) // Era of science. — 2018. — No.14. — P. 189-191.
5. Baskakov I.V., Chernyshov A.V., Chishko R.L., Kharitonov M.K. Modern methods of grain storage in silo storage // Innovative technologies and technical means for agro-industrial complex: materials of scientific conference of faculty, research workers and post-graduates (Voronezh, 2015) / FSBOU VPO Voronezh GAU. Voronezh. — 2015. — P.15-20.
6. Blanco-Valdes Y., Duranona, H., Acosta-Roca R. The effect of temperature and humidity on maize grains conservation in metal silos // Cultivos Tropicales. 2016. — Vol.37. — No.4. — P.105-114.
7. Lakhoua M.N. Developing New Techniques for Analysis and Control of Silos // Journal of Computer Science and Control Systems. — 2018. — Vol.11. — Issue 2. — P.18-21.
8. Ajayi E.S., Omodara M.A., Owoyele S.N., Ade A.R., Babarinsa F.A. Temperature Fluctuation Inside Inert Atmosphere Silos // Agricultural, Bioresources, Biomedical, Food, Environmental & Water Resources Engineering. — 2016. — Vol. 35. — No.3. — P.642-646.
9. Ionut O.T., Ciocan V., Boboc A., Pruteanu M., Munteanu V., Ciprian I.C., Balan M.C., Toma A.M. Coatings Innovations on the Inner Shell of Metal Grain Silos // Advanced Engineering Forum. — 2017. — Vol.21. — P.207-212.
10. Dixit S., Goel R., Dubey A., Shivhare P.R., Bhalavi T. Nature Fibre Reinforced Polymer Composite Materials // Polymers from Renewable Resources. — 2017. — Vol.8. — Issue2. — P.80-86.
11. Novikov, D.S.; Lyashkov, D.V. Composite materials and their use in industry (in Russian) // Youth science in regional development. — 2019. — T.1. — P.174-177.
12. Potapova, K.A.; Leyer, D.V.; Mugu, A.A. Mechanical properties and fields of application of the polymer composite materials (in Russian) // Scientific support of agroindustrial complex. — 2019. — P. 305-306.
13. Lakhoua M.N. Developing New Techniques for Analysis and Control of Silos // Journal of Computer Science and Control Systems. — 2018. — V. 11. — Issue 2. — P.18-21.
14. Savitskiy, Ya.A. Fiberglass plastics and their use (in Russian) // Scientific research: vectors of development. — 2019. — P.107-108.
15. Antonova, T.G. Structure and application of fibreglass plastic as a high-tech composite material (in Russian) // Composite building materials. Theory and practice. — 2017. — P.5-9.

ABOUT THE AUTHORS:

- Slavkina Victoria Eduardovna**, postgraduate student, junior scientific employee
Mirzaev Maxim Arifovich, postgraduate student, junior scientific employee
Zobov Vladislav Alexandrovich, chief engineer