

УДК 664.724

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

ИЗМЕНЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ХРАНЕНИЯ ЗЕРНА В РУКАВАХ НА ОСНОВЕ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ

Чернышев Алексей Дмитриевич
кандидат технических наук
РИНЦ SPIN-код= 5899-2853
Рязанский институт (филиал) Московского Политехнического университета, Рязань, Россия

Костенко Михаил Юрьевич
д.т.н., профессор
РИНЦ SPIN-код= 2352-0690
Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Рязань, Россия

Кiryukhin Евгений Андреевич
Аспирант
РИНЦ SPIN-код= 9708-3194
Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Рязань, Россия

Бышов Дмитрий Николаевич
д.т.н., доцент
Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Рязань, Россия

В статье кратко рассмотрены вопросы, которые отражают механизмы оперативного контроля продукции перед закладкой на длительное хранение при формировании последовательной технологии процесса упаковывания в герметичный рукав компонентов кормов, процесса хранения и процесса подготовки продукции к реализации. Проработанная технология хранения продукции в герметичном рукаве включает следующие этапы: продукцию необходимого качества и питательности закладывают в герметичные рукава, оборудованные специальными датчиками давления, объединёнными в единую информационную сеть. Продукция высокого исходного качества обычно не требует дополнительных затрат при хранении, а система мониторинга отслеживает изменение состояния кормов и их компонентов при хранении. Результатом исследований стали сформированные блок-схемы описывающие отдельные блоки технологического процесса упаковывания зернопродуктов

Ключевые слова: УПАКОВЫВАНИЕ ЗЕРНА,

UDC 664.724

4.3.1. Technologies, machines, and equipment for the agro-industrial complex

CHANGING THE PROCESSES OF STORING GRAIN IN SLEEVES BASED ON OPERATIONAL CONTROL

Chernyshev Alexey Dmitrievich
Candidate of Technical Sciences
RSCI SPIN-code= 5899-2853
Ryazan Institute (branch) of the Moscow Polytechnic University, Ryazan, Russia

Kostenko Mikhail Yurievich
Dr.Sci.Tech., professor
RSCI SPIN-code= 2352-0690
Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

Kiryukhin Evgeny Andreevich
Graduate student
RSCI SPIN-code= 9708-3194
Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

Byshov Dmitry Nikolaevich
Dr.Sci.Tech., associate professor
Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

This article briefly examines issues related to operational product monitoring mechanisms prior to long-term storage, including the development of a consistent process for packaging feed components in a sealed sleeve, the storage process, and the preparation of products for sale. The developed technology for storing products in a sealed sleeve includes the following steps: products of the required quality and nutritional value are placed in sealed sleeves equipped with special pressure sensors connected to a single information network. Products of high initial quality typically require no additional storage costs, and a monitoring system tracks changes in the condition of the feed and its components during storage. The research resulted in the creation of flowcharts describing individual stages of the grain product packaging process

Keywords: GRAIN PACKAGING, STORAGE,

ХРАНЕНИЕ, ГАЗОВЫЕ СМЕСИ,
ПОЛИЭТИЛЕНОВЫЕ РУКАВА,
УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ

GAS CHARACTERISTICS, GAS MIXTURES,
POLYETHYLENE SLEEVES, CARBON
DIOXIDE

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-218-036>

Введение

Активное развитие отрасли животноводства способствует усовершенствованию не только механизации и автоматизации процессов, связанных с круглогодичным уходом за животными, но и развитию приготовления и хранения кормов, для обеспечения бесперебойного, а главное качественного рационального и сбалансированного корма. Современные методы хранения в рукавах позволяют значительно сократить затраты на инфраструктуру, однако ряд технологических и биологических факторов негативно сказываются на качестве зерна, что требует комплексного анализа. Цель исследования – проанализировать основные проблемы воздействия на качество зерна при хранении в силосных рукавах и предложить рекомендации по улучшению условий хранения для повышения сохранности продукции.

Материалы исследования

Силосные рукава представляют собой технологическое средство для хранения зерна, реализующее принцип герметичного хранения в полиэтиленовых оболочках высокой прочности. Конструкция рукава включает многослойный полиэтиленовый материал, обеспечивающий барьер против воздуха и влаги, что значительно снижает интенсивность процессов окисления и развития микроорганизмов. Обычно рукава снабжены специальной системой загрузки зерна, которая обеспечивает равномерное распределение и уплотнение содержимого внутри, предотвращая образование пустот и улучшая теплообмен. Принцип работы базируется на герметизации рукава после заполнения, что создает анаэробные условия, препятствующие росту плесени и вредителей [1].

<http://ej.kubagro.ru/2026/04/pdf/36.pdf>

Важным элементом является устойчивость материала к ультрафиолетовому излучению и механическим повреждениям, что гарантирует длительный срок эксплуатации и защищает зерно от внешних факторов.

Во-первых, герметизация существенно ограничивает проникновение кислорода, что снижает активность аэробных микроорганизмов и замедляет процессы окисления, сохраняя качество зерна. Во-вторых, этот метод отличается высокой мобильностью и экономической эффективностью: силосные рукава легко устанавливаются и демонтируются, не требуют капитального строительства, что сокращает первоначальные затраты и позволяет гибко использовать складские площади. В-третьих, хранение в рукавах обеспечивает сохранение физико-химических свойств зерна при условии соблюдения параметров влажности и температуры, минимизируя потери во время продолжительного хранения.

Однако метод имеет и ограничения, обусловленные технологическими и биологическими факторами. К числу существенных проблем относится риск повреждения оболочки от механических воздействий или птиц и грызунов, что ведет к нарушению герметичности и возможности проникновения кислорода, что провоцирует развитие плесени и гниения [2]. Кроме того, высокая влажность зерна на момент укладки может стать причиной интенсивного развития анаэробных процессов, приводящих к самосогреванию и порче продукта.

Влажность и температура зерна являются ключевыми параметрами, определяющими качество и безопасность зерна при хранении в силосных рукавах. Показатель влажности характеризует количество воды в зерне и влияет на активность микрофлоры и развитие плесневелых грибов, что может привести к порче и потере товарной стоимости. Оптимальный уровень влажности для длительного хранения обычно не превышает 14%,

так как превышение этого порога увеличивает риск интенсивного размножения микроорганизмов и ферментативных процессов [3]. Температура зерна напрямую связана с интенсивностью биохимических реакций и жизнедеятельностью вредителей. Повышение температуры внутри рукава создает благоприятные условия для развития насекомых и ускоряет процессы окисления жиров, ухудшая пищевые и технологические свойства зерна. Важным аспектом является взаимосвязь влажности и температуры, что проявляется в изменении равновесной влажности зерна при разных температурах и, как следствие, может способствовать конденсации влаги, особенно в условиях неравномерного температурного режима в рукаве. Для предупреждения негативных последствий необходим систематический контроль, а также использование современных средств мониторинга.

Мониторинг параметров хранения зерна в силосных рукавах представляет собой систематический контроль ключевых факторов, влияющих на качество и безопасность продукции в процессе длительного хранения. Многофакторный контроль позволяет своевременно выявлять отклонения, способствующие развитию гнилостных процессов, плесени и активности вредителей. Использование современных датчиков и систем автоматизации обеспечивает непрерывный сбор и анализ данных, что способствует принятию оперативных решений для предупреждения ухудшения качества зерна. Например, повышение температуры и влажности может свидетельствовать о интенсивном метаболизме микроорганизмов или развитии санитарно-технических дефектов, что требует коррекции условий хранения либо обработки зерна. Наличие контролируемого газового состава внутри рукава позволяет регулировать режимы аэрации и герметичности, минимизируя окислительные процессы и формирование токсичных веществ.

Для обеспечения высокой сохранности зерна в силосных рукавах эффективное применение средств защиты и консервантов является ключевым элементом комплексной стратегии хранения. Консерванты же предназначены для замедления процессов окисления и биохимических изменений, сохраняющих физико-химические свойства зерна в течение длительного времени. Оптимальный выбор данных средств базируется на анализе исходных характеристик зерна, его влажности и риска заражения. Технологии обработки включают в себя как профилактическое опрыскивание, так и проливку зерна защитными составами непосредственно при загрузке в рукав.

Для обеспечения высокого качества зерна при хранении в рукавах критически важно внедрение комплекса мероприятий, направленных на оптимизацию условий хранения. Прежде всего, рекомендуется осуществлять загрузку зерна с влажностью не выше 14–15%, что значительно снижает риск развития микробиологических процессов и самосогревания [4]. Дополнительное внимание уделяется равномерному распределению зернового материала внутри рукава с целью предотвращения образования пустот, способствующих проникновению воздуха и развитию гнили. Агротехнические приемы включают также предварительную обработку зерна средствами противогнилостного действия, что способствует снижению потерь и стабилизации качества. Необходимо учитывать специфику климатических условий региона, так как температура окружающей среды напрямую влияет на микробиологическую активность в силосе. Рекомендации по установке рукавов предусматривают выбор оптимального места с ровной поверхностью и защитой от механических повреждений и ультрафиолетового излучения.

При закладке на хранение кормов и их компонентов важно оценить исходное качество продукции (предварительный контроль качества

продукции), чаще всего оценку производят путем взятия проб и анализа их в лаборатории (ГОСТ Р ИСО 24333-2011 «Зерно и продукты его переработки. Отбор проб» и ГОСТ 13586.3-83 «Зерно. Правила приемки и методы отбора проб»). Исследования качества и питательности кормов позволяют оценить возможность и способы хранения кормов и их компонентов, выбрать необходимые режимы и параметры для обеспечения их сохранности [5].

Результаты исследования

Результатом исследований стали сформированные блок-схемы, которые отражают механизм контроля продукции перед закладкой на длительное хранение и последовательная технология процесса упаковывания в герметичный рукав компонентов кормов. Проработанная технология хранения продукции в герметичном рукаве включает следующие этапы: продукцию необходимого качества и питательности закладывают в герметичные рукава, оборудованные специальными датчиками давления, объединёнными в единую информационную сеть (рисунок 1). Продукция высокого исходного качества обычно не требует дополнительных затрат при хранении, а система мониторинга отслеживает изменение состояния кормов и их компонентов при хранении [6].

Если продукция не пригодна для хранения, то оценивают возможности восстановления ее свойств для хранения. Чаще всего при уборке в неблагоприятных условиях наблюдается повышенная влажность и засоренность продукции, дополнительная обработка продукции (отражается в сведениях об условиях восстановления свойств продукции) позволяет частично или полностью восстановить качество продукции.

Если свойства продукции восстановлены полностью, то ее закладывают в герметичные рукава, оборудованные специальными датчиками давления, объединёнными в единую информационную сеть. При частичном восстановлении свойств продукцию закладывают в

герметичные рукава с консервантами (отражается в сведениях о веществах для консервации). При невозможности закладки продукции с консервантами осуществляется подготовка к реализации.

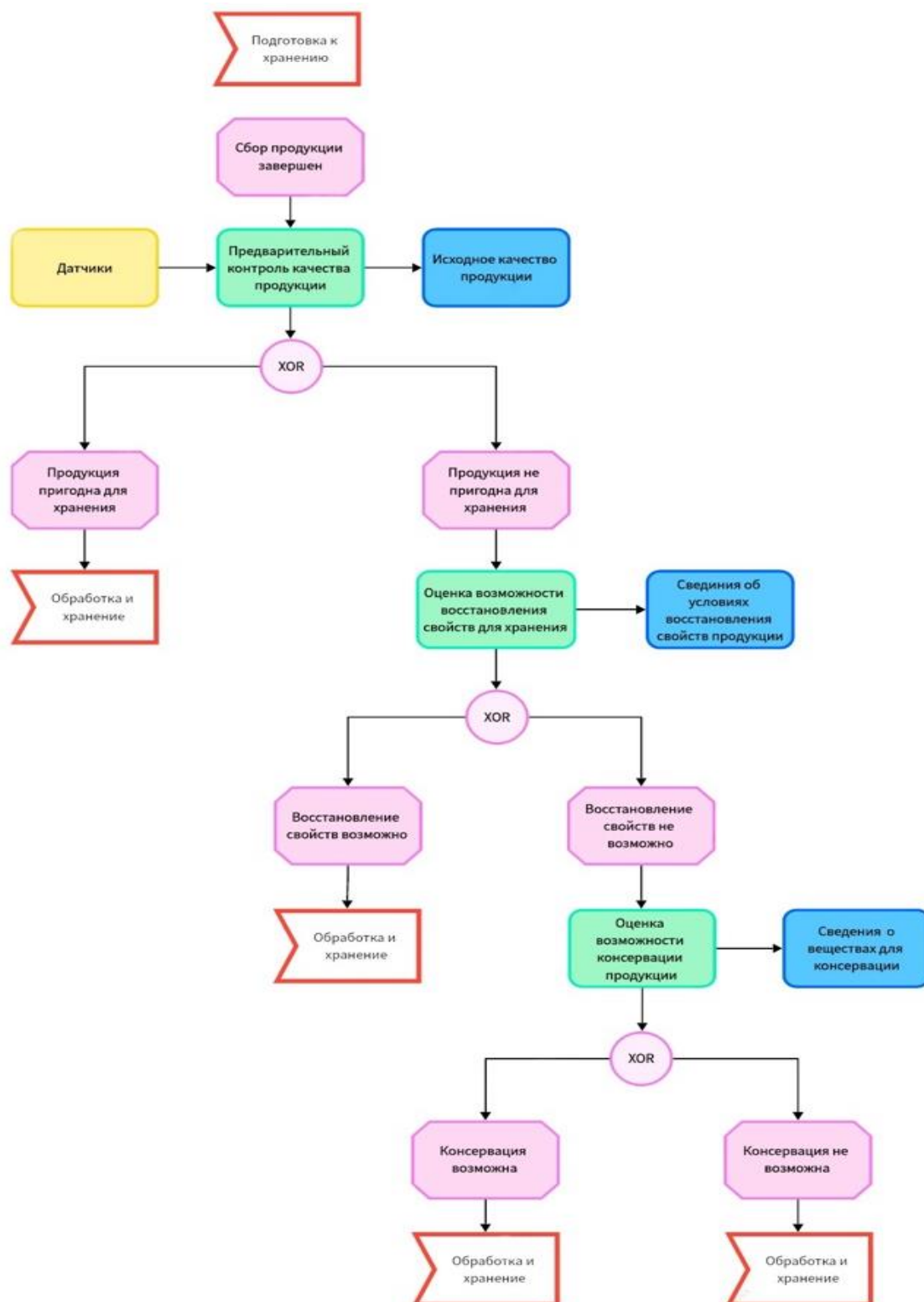


Рисунок 1 – Подготовка продукции к хранению

Хранение продукции в герметичных рукавах, оборудованных специальными датчиками давления, объединёнными в единую информационную сеть, происходит в следующих случаях (рисунок 2):

- продукция пригодна для хранения;
- свойства продукции восстановлены и продукция пригодна для хранения;
- продукция пригодна для хранения с консервантами.

При закладке на хранение учитывают исходное качество продукции, сведения об условиях восстановления свойств продукции, сведения о веществах для консервации. При закладке на хранение проводят мероприятия по подготовке продукции к хранению с учетом ее требований к условиям хранения. В процессе хранения выполняют циклические проверки для анализа и сравнения с исходным качеством продукции, сведениями об условиях восстановления свойств продукции, сведениями о веществах для консервации. Накапливая результаты проверки соблюдения условий хранения, можно управлять качеством хранения продукции и обеспечивать стабильность процессов. В случае нарушения условий хранения требуется дополнительное восстановление продукции за счет применения консервирующих веществ и устранение нарушения условий хранения с контролем соблюдения требований к условиям хранения. В случае соблюдения условий хранения оцениваются возможные сроки реализации продукции и осуществляется подготовка к ее реализации.

Подготовка продукции к реализации начинается, когда наступил срок реализации или консервация невозможна (рисунок 3). Происходит изъятие продукции из емкостей хранения, снятие датчиков единой информационной системы. После того как продукция освобождена от емкостей, датчики изъяты возможно купажирование продукции из разных емкостей хранения для обеспечения нужного уровня качества продукции. Назначение стоимости единицы продукции происходит на основе

необходимого качества и питательности, а также спроса и предложения на рынке. После этого продукция готова к отгрузке.

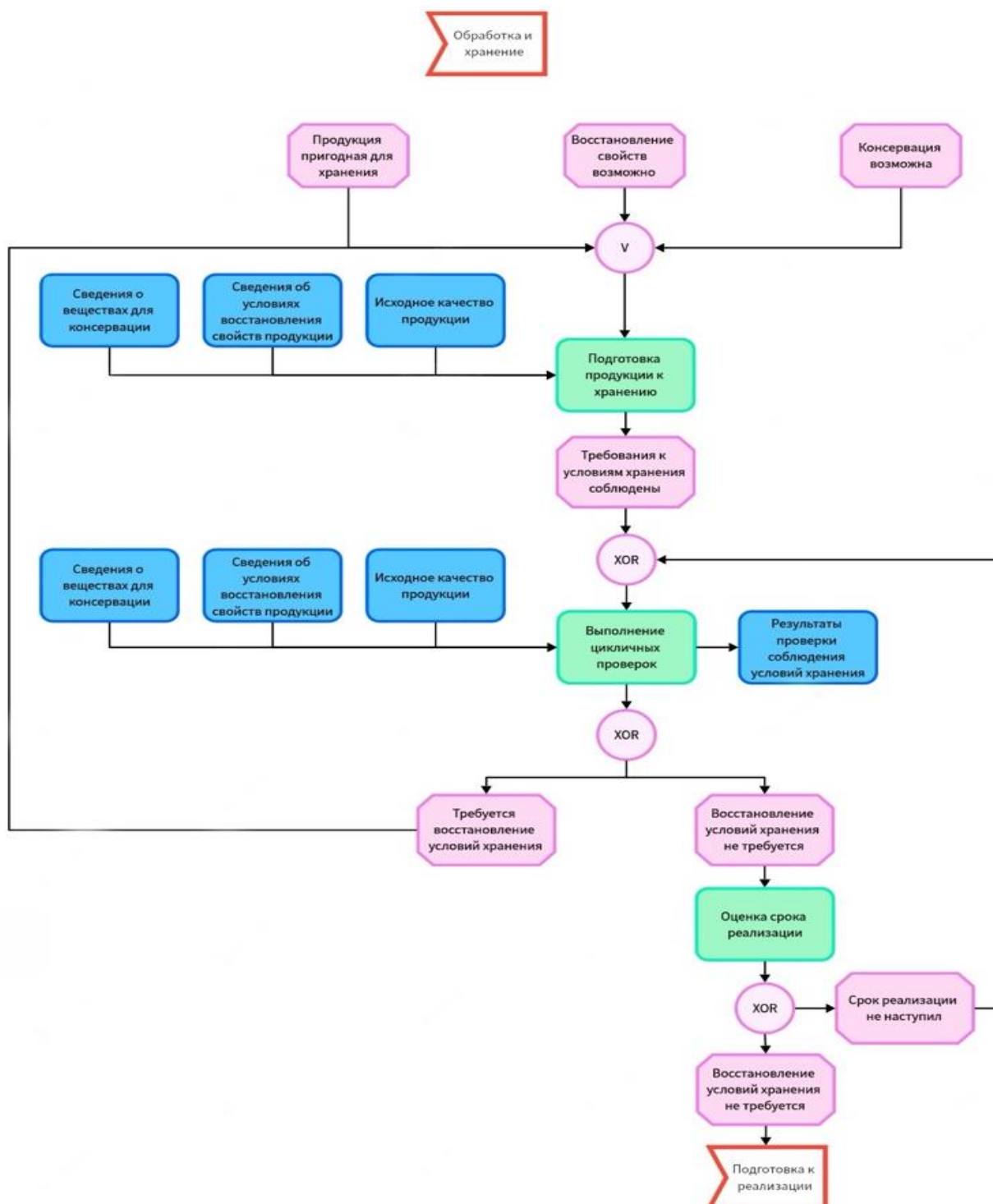


Рисунок 2 – Обработка продукции и хранение

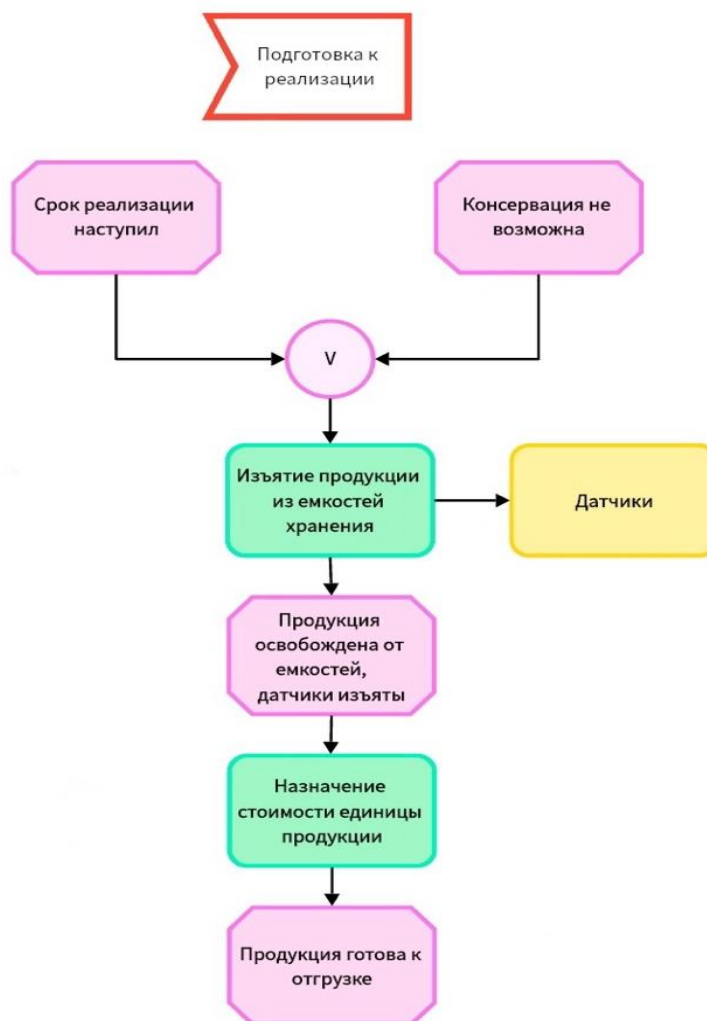


Рисунок 3– Подготовка продукции к реализации

Заключение

Влажность, температура и доступ кислорода оказывают существенное влияние на развитие микроорганизмов и ухудшение товарных характеристик зерна. В биологическом аспекте особое значение имеет борьба с плесневыми и бактериальными заражениями, а также минимизация механических повреждений. Применение алгоритмов хранения на основе мониторинга качества зерна. Комплексный подход к организации хранения позволяет определить пути повышения качества зерна и минимизации потерь при хранении в рукавах. Для повышения

сохранности зерна необходимо дальнейшее развитие методов мониторинга и разработки инновационных устройств контроля параметров хранения зерна в рукавах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Quality indicators of granulated compound feed during storage / A. Chernyshev, M. Kostenko, N. Zhbanov [et al.] // E3S Web of Conferences : XI International Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development, Termez, Uzbekistan, 31 октября – 02 2024 года. – Termez, Uzbekistan: EDP Sciences, 2025. – P. 2009. – DOI 10.1051/e3sconf/202561302009. – EDN WVGJUI.

2. Особенности формирования газовой среды при хранении кормов в рукаве / А. Д. Чернышев, М. Ю. Костенко, Е. А. Кирюхин [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2025. – № 213. – С. 356-368. – DOI 10.21515/1990-4665-213-035. – EDN INLSFS.

3. Влияние концентрации углекислого газа в пластиковых мешках на хранение зерновых / А. Д. Чернышев, М. Ю. Костенко, Е. А. Кирюхин [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2025. – № 214. – С. 409-421. – DOI 10.21515/1990-4665-214-048. – EDN EFBSTD.

4. Чернышев, А. Д. Обоснование способа хранения зерна в полиэтиленовых рукавах / А. Д. Чернышев, М. Ю. Костенко // Инновационные инженерные решения для АПК : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Рязань, 28 марта 2024 года. – Рязань: РГАТУ, 2024. – С. 166-171. – EDN GCCERB.

5. Чернышев, А. Д. Технические решения проблем упаковки компонентов комбикорма в мешки / А. Д. Чернышев, М. Ю. Костенко // Научные приоритеты в АПК: вызовы современности: материалы 75-й юбилейной международной научно-практической конференции, Рязань, 25 апреля 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 281-286. – EDN PDVOSO.

6. Патент на полезную модель № 217607 U1 Российская Федерация, МПК В65D 81/20. Устройство для подачи комбикорма и газа в мягкие контейнеры : № 2022135365 : заявл. 30.12.2022 : опубл. 07.04.2023 / А. В. Шемякин, С. Н. Борычев, Р. В. Безносок [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". – EDN BBGKUZ.

LIST OF LITERATURE

1. Quality indicators of granulated compound feed during storage / A. Chernyshev, M. Kostenko, N. Zhbanov [et al.] // E3S Web of Conferences : XI International Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development, Termez, Uzbekistan, 31 oktjabrja – 02 2024 goda. – Termez, Uzbekistan: EDP Sciences, 2025. – P. 2009. – DOI 10.1051/e3sconf/202561302009. – EDN WVGJUI.

2. Osobennosti formirovaniya gazovoj sredy pri hranenii kormov v rukave / A. D. Chernyshev, M. Ju. Kostenko, E. A. Kirjuhin [i dr.] // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2025. – № 213. – S. 356-368. – DOI 10.21515/1990-4665-213-035. – EDN INLSFS.

3. Vlijanie koncentracii uglekislogo gaza v plastikovyh meshkah na hranenie zernovyh / A. D. Chernyshev, M. Ju. Kostenko, E. A. Kirjuhin [i dr.] // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2025. – № 214. – S. 409-421. – DOI 10.21515/1990-4665-214-048. – EDN EFBSTD.

4. Chernyshev, A. D. Obosnovanie sposoba hranenija zerna v polijetilenovyh rukavah / A. D. Chernyshev, M. Ju. Kostenko // Innovacionnye inzhenernye reshenija dlja APK : Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Rjazan', 28 marta 2024 goda. – Rjazan': RGATU, 2024. – S. 166-171. – EDN GCCERB.

5. Chernyshev, A. D. Tehnicheskie reshenija problem upakovki komponentov kombikorma v meshki / A. D. Chernyshev, M. Ju. Kostenko // Nauchnye priority v APK: vyzovy sovremennosti: materialy 75-j jubilejnoj mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Rjazan', 25 aprelja 2024 goda. – Rjazan': Rjazanskij gosudarstvennyj agrotehnologicheskij universitet im. P.A. Kostycheva, 2024. – S. 281-286. – EDN PDVOSO.

6. Patent na poleznuju model' № 217607 U1 Rossijskaja Federacija, MPK B65D 81/20. Ustrojstvo dlja podachi kombikorma i gaza v mjagkie kontejnery : № 2022135365 : zajavl. 30.12.2022 : opubl. 07.04.2023 / A. V. Shemjakin, S. N. Borychev, R. V. Beznosjuk [i dr.] ; zajavitel' Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovanija "Rjazanskij gosudarstvennyj agrotehnologicheskij universitet imeni P.A. Kostycheva". – EDN BBGKUZ.