

УЛУЧШЕНИЕ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ НА БАЗАХ

А. М. Руденко, Ю. В. Шипулина, М. Ф. Руденко

*Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Российская Федерация*

Рассматриваются условия и варианты хранения картофеля на крупных заготовительных плодоовощных базах. Анализируются способы хранения внавал и в контейнерах. Рассматриваются различные системы воздухообмена при естественном (с помощью температур окружающей среды) и искусственном хранении (с помощью холодильных машин и нагревательных устройств) и комбинации первого и второго вариантов. Предлагается новая система вентиляции воздуха в хранилищах при хранении продукции в контейнерах. Новая система вентиляции позволяет улучшить систему циркуляции воздушной массы во всем хранилище, обеспечить индивидуальный подвод воздуха к контейнеру, регулировать при необходимости локальный подвод и проветривание контейнера, что в общем случае при незначительных затратах на реконструкцию хранилища и увеличении расхода электрической энергии на 2–4 % снижает потери плодоовощной продукции на 12–15 %. Применение ПК и программного управления климатическими параметрами (температурой и влажностью воздуха в хранилище) и системой воздухообмена (местными сопротивлениями регулирования расхода и скоростью движения воздушных масс), рационального регулирования системы при комбинированном варианте работы позволит не только значительно снизить потери продукции, но и существенно сэкономить расход электроэнергии.

Ключевые слова: хранение, картофель, внавал, контейнер, системы вентиляции.

Для цитирования: Руденко А. М., Шипулина Ю. В., Руденко М. Ф. Улучшение условий хранения плодоовощной продукции на базах // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2020. № 1 (69). С. 24–30. DOI: 10.24143/1812-9498-2020-1-24-30.

Введение

Качественная заготовка и хранение плодоовощной продукции является важной народно-хозяйственной задачей, успешное решение которой способствует бесперебойному обеспечению питанием большей части населения.

Главной овощной продукцией является картофель. Для хранения картофеля нужны специальные условия: оптимальная температура 2–5 °С, определенная влажность воздуха вентилируемого помещения [1]. Для создания таких условий в больших помещениях овощехранилищ устанавливаются системы искусственного охлаждения, вентиляции, технологического обогрева, увлажнения, осушения и регулирования газовых сред.

При хранении плодоовощной продукции важно знать основные технические параметры охлаждающего оборудования: холодопроизводительность установки, кратность воздухообмена, скорость движения воздуха и пр. Системы охлаждения, как правило, выполняют следующие задачи: удаление теплопритоков от продукции; удаление теплопритоков через ограждающие стены, пол и потолок, от работы электрических двигателей вентиляторов, от электрического освещения, открытия дверей и находящихся в хранилище людей [2].

Анализ условий хранения плодоовощной продукции

При организации хранения овощной продукции необходимо знать сроки загрузки и реализации продуктов, технологические режимы хранения, расчетные температуры наружного воздуха, тепловлаговыведения продукции в помещение хранения.

В зависимости от условий эксплуатации может применяться система искусственного охлаждения или комбинированная, с использованием естественного холода.

Автоматизация систем охлаждения и обогрева предусматривает регулирование температуры, управление работой воздухоохладителей и другим охлаждающим или нагреваемым оборудованием, защиту оборудования от опасных и аварийных режимов работы.

Вентиляционные системы необходимы для поддержания воздухообмена в камерах, удаления углекислого газа, этилена, обеспечения режимов сушки, прогрева, «лечения» корнеплодов.

Картофель хранят россыпью (внавал) – в этом случае предусматривают активное вентилирование – и в таре (контейнерах), при этом применяют общеобменную вентиляцию [3].

Активное вентилирование обеспечивает подачу в массу продукции наружного или внутреннего воздуха или их смеси оптимальной температуры, а также обеспечивает изменение интенсивности подачи воздуха. Во время вентиляции не допускается образование конденсата на теплоизолирующих ограждениях и продукции. В лечебный период и период охлаждения интенсивность вентиляции массы продукции для картофеля и корнеплодов должна быть не ниже $70 \text{ м}^3/(\text{т}\cdot\text{ч})$ при температуре $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ и выше, и не ниже $50 \text{ м}^3/(\text{т}\cdot\text{ч})$ при температуре $-30 \text{ }^\circ\text{C}$ и ниже, а в период основного хранения (зимой) интенсивность вентиляции снижают до 0 %. Хранение плодоовощной продукции (картофеля) внавал (рис. 1) является малозатратным способом, который позволяет максимально полно использовать объем помещения, однако у него есть свои недостатки.

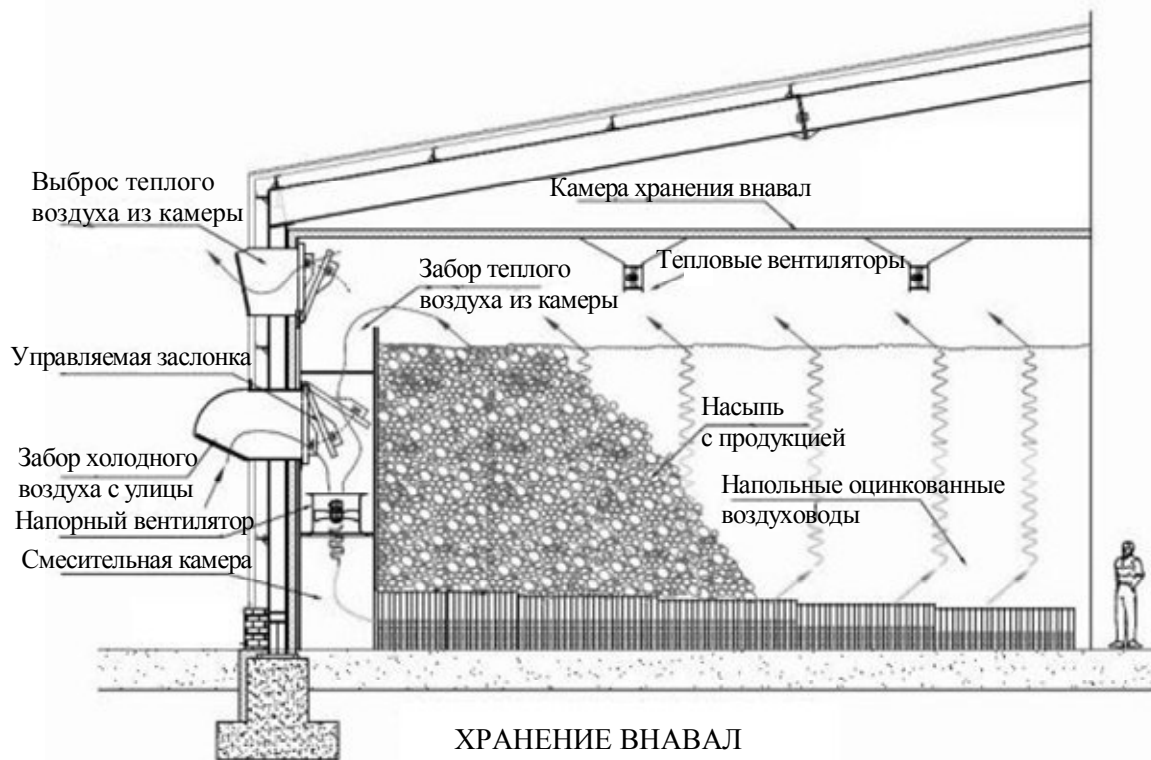


Рис. 1. Схема хранения корнеплодов (картофеля) россыпью (внавал)

При хранении внавал выше процент поврежденных плодов, при этом возникают трудности с контролем и уборкой больных плодов из хранилища; хранящаяся продукция должна быть чистой, без мусора и ботвы; несущие стены хранилища должны быть прочными и хорошо выдерживать боковое давление; необходимы специальные приспособления и техника для разгрузки продукции. Подпольные каналы систем активного вентилирования должны быть достаточно мощными, чтобы выдерживать нагрузки от давления насыпной продукции, грунта и движущегося по нему транспорта и осуществлять равномерную подачу воздуха в насыпь продукции. Воздуховоды, как правило, круглой формы, они выполняются из перфорированных алюминиевых труб. Размеры магистральных и раздающих каналов определяются расчетом исходя из условий обеспечения равномерной раздачи воздуха. Если температура наружного воздуха ниже, чем в хранилище, вентиляционная установка охлаждает продукцию наружным воздухом, в противном случае подключается холодильная установка.

При хранении плодоовощной продукции в контейнерах применяется система общеобменной вентиляции, которая обеспечивает подачу наружного воздуха в камеру хранения, обеспечивая полностью или частично рециркуляцию с внутренним обрабатываемым (охлаждение, подогрев, увлажнение, осушение) воздухом [4] (рис. 2).

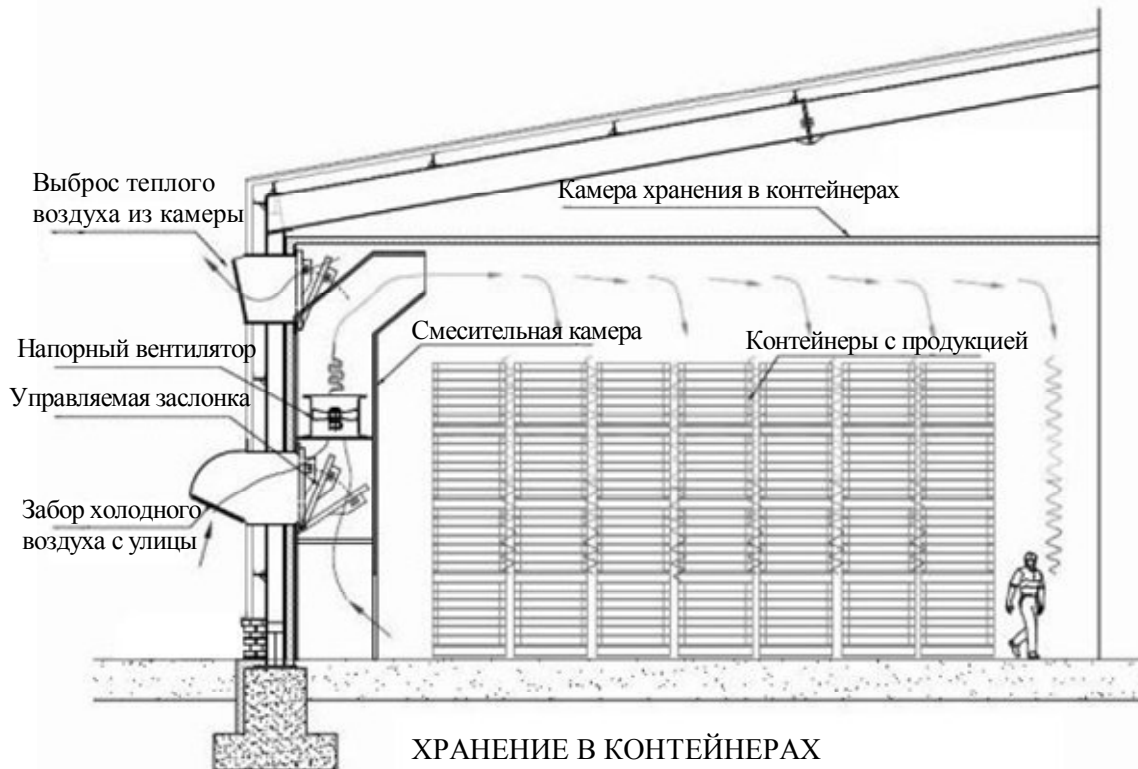


Рис. 2. Схема хранения корнеплодов (картофеля) в контейнерах

Основным преимуществом хранения овощей в контейнерах является обеспечение хорошего проветривания продуктов, при этом поврежденные плоды можно легко заменять, а при помощи автопогрузчиков достигается эффективная механизация погрузочно-разгрузочных работ. Недостатками хранения плодоовощной продукции в контейнерах являются высокая стоимость контейнеров, необходимость дезинфицирования контейнеров после хранения предыдущего урожая, кроме того, необходимы дополнительные площади в камерах хранения, т. к. контейнеры занимают часть полезной площади [5].

Рационализаторское техническое решение

Контейнеры с продукцией, как правило, располагаются напротив напорной стены, между контейнерами образуются вентилируемые зазоры. На рис. 2 показана схема охлаждения и хранения картофеля с горизонтальными и вертикальными каналами. Для эффективной работы такого хранилища нужна такая вентиляционная система, которая способна продуть все контейнеры и всю продукцию. Однако, как показывает опыт, при эксплуатации больших хранилищ между контейнерами возникает своя циркуляция потоков, к некоторым точкам хранения продукции охлажденный воздух поступает плохо, что становится причиной снижения эффективности условий хранения картофеля.

Для улучшения циркуляции воздуха в картофелехранилищах большой емкости предлагается модернизировать существующие помещения, добавив в систему вертикального воздуховода вертикальные перфорированные каналы (рис. 3).

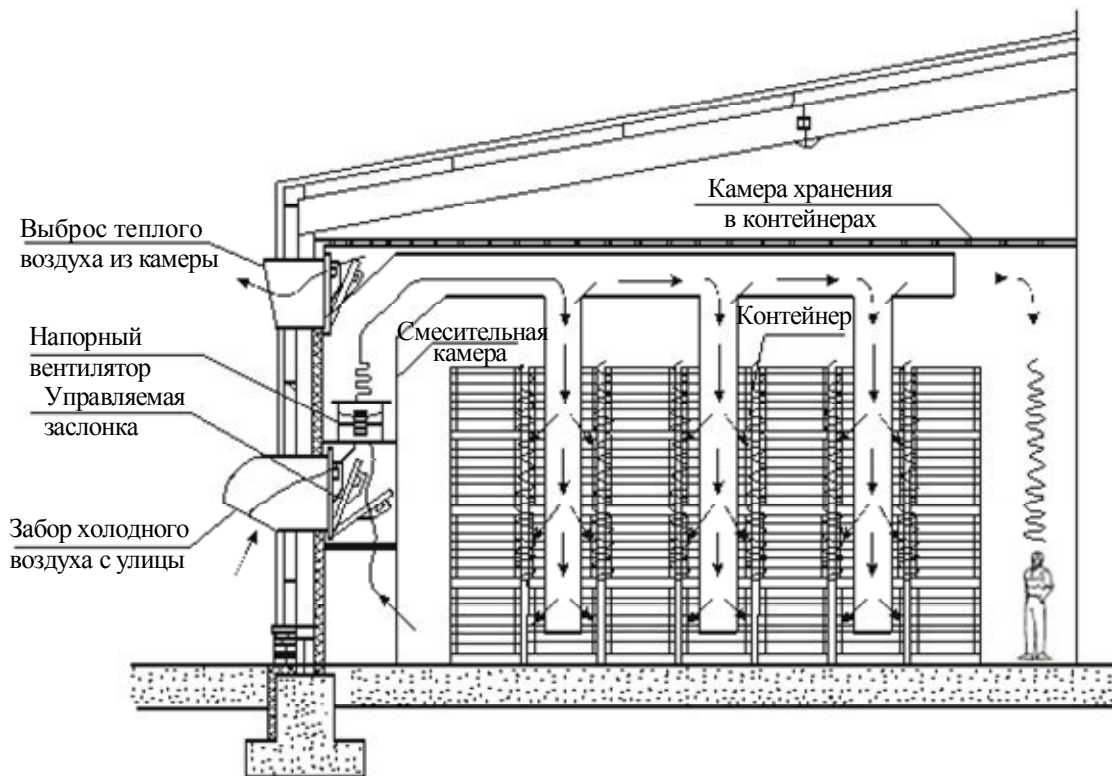


Рис. 3. Схема модернизированной конструкции картофелехранилища при хранении продукции в контейнерах

Такая конструкция позволяет лучше распределять воздушные циркуляционные потоки охлаждаемого воздуха, хотя и несколько снижает полезную площадь хранения продукции.

Расчет дополнительных вертикальных рукавов был проведен по объемному расходу и гидравлическим сопротивлениям в каналах охлаждаемого воздуха, циркулирующего по хранилищу: $Q = \sum Q_i$ – объемный расход воздуха, циркулирующий в хранилище, м³/с, где Q – расход, подаваемый центробежными вентиляторами в камеры хранения продукции; Q_i – расход соответствующего выходного патрубка.

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = Q_5 = Q_6 = \dots = Q_n = Q/n,$$

где n – число выходных каналов воздуха.

Гидравлическое сопротивление одного воздуховода рассчитывается как магистральный трубопровод с эквивалентным диаметром сечения. Таких воздуховодов, расположенных параллельно, может быть несколько.

Гидравлическое сопротивление одного канала P_1 , Па, определяется по формуле

$$P_1 = [\lambda (l / d) + \sum \xi_i] \rho (V^2 / 2),$$

где λ – коэффициент гидравлического сопротивления воздуховода; l – длина участка воздуховода, м; d – эквивалентный диаметр воздуховода, м; ξ_i – коэффициенты местных сопротивлений воздуховода, характеризующие изменение сечений и повороты, изменение направления потока в воздуховоде, выходные сопротивления; ρ – плотность воздушного потока, кг/м³; V – скорость потока в соответствующем «живом сечении» воздуховода, м/с.

Коэффициент гидравлических потерь определяется на основании расчета режима течения потока в воздуховоде, по числу Рейнольдса

$$Re = (V \cdot d) / \nu,$$

где ν – кинематический коэффициент вязкости, м²/с.

Если $Re < 2300$ – ламинарный режим течения, то $\lambda = 64 / Re$; если $4000 \leq Re \leq 15 / \Delta$, $\lambda = 0,316 / Re^{0,25}$; если $15 / \Delta < Re \leq 560 / \Delta$, $\lambda = 0,11[(68 / Re) + (\Delta / d)]^{0,25}$; если $Re > 560 / \Delta$, $\lambda = 0,11(\Delta / d)^{0,25}$, где Δ – абсолютная шероховатость поверхности воздуховода, мм. Для полиэтиленовых воздуховодов $\Delta = 0,02 \div 0,04$ мм, для листовой стали $\Delta = 0,1 \div 0,15$ мм, для алюминиевой технически гладкой трубы $\Delta = 0,015 \div 0,06$ мм; ξ_i – выбираются из справочника [6].

Схема расчета представлена на рис. 4.

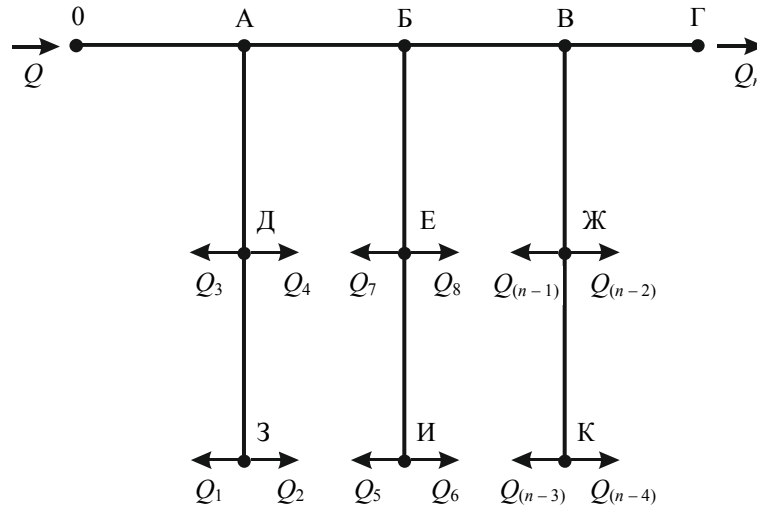


Рис. 4. Распределение воздуха в параллельном воздуховоде хранилища:
А–К – расчетные узлы воздуховодов; Q_1 – Q_n – объемные расходы воздуха, м³/с

Подобную схему вентиляции в хранилищах применили на овощной базе в Астрахани авторы статьи [7]. В качестве вертикальных каналов применялись брезентовые кожухи с вертикальными открывающимися окнами. Опыт создания подобных систем вентиляции показал эффективность их применения: отсутствуют зоны застоя воздуха между контейнерами, осуществляется принудительный обдув вертикальных штабелей, снижаются потери продукции при длительном хранении.

В современных хранилищах с помощью алгоритма программного управления можно эффективно регулировать и управлять технологическими параметрами среды (температурой, расходом воздушных масс, объемом рециркуляции воздуха, оптимальным переводом с внутренней на наружную циркуляцию и т. п.) и значительно экономить расходы электроэнергии.

Заключение

Таким образом, как показывает опыт эксплуатации реконструированных хранилищ, увеличение расхода энергии всего лишь на 2–4 % за счет возрастания сопротивления потоку воздуха в вертикальных каналах воздуховодов позволяет снизить потери плодоовощной продукции на 12–15 %. Гидравлическое сопротивление воздуха в воздуховодах возрастает из-за увеличения их длины и количества местных сопротивлений, которые учитывают изменение направления потока и выхода струи из канала в большой объем помещения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Длительное хранение картофеля – оборудование, склады. URL: www.vgoda.ru >khrranenie_kartofelja (дата обращения: 02.12.2019).
2. Картофелехранилище – проектирование и оснащение. URL: <https://www.infrost-agro.ru>>artidus (дата обращения: 07.12.2019).
3. Технология длительного хранения картофеля на складе: способы хранения. URL: <http://skladovoy.ru/usloviya-i-sposoby-xranenie-kartofelya-na-skladaх.html> (дата обращения: 07.12.2019).
4. Хранение в контейнерах/ящиках картофеля и овощей. URL: <https://turgor.net/info/blog/sistem-ihr/konteinerhr> (дата обращения: 12.12.2019).
5. Хранение картофеля. URL: agro365.ru/tehnologiya-hrandriva-kartofelua (дата обращения: 02.12.2019).

6. Бутаев Д. А., Калмыкова З. А., Подвидз Л. Г. и др. Сборник задач по машиностроительной гидравлике. М.: Машиностроение, 1972. 472 с.

7. Галимова Л. В., Жильцов И. Б., Руденко М. Ф., Сазонов Ю. А. Совершенствование системы воздухораспределения в картофелехранилище // Холодильная техника. 1991. № 3. С. 5–6.

Статья поступила в редакцию 12.01.2020

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Руденко Александра Михайловна – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; студентка, направление «Программная инженерия»; rudenko@astu.org.

Шипулина Юлия Викторовна – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. техн. наук; доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и инженерной экологии; aleera@mail.ru.

Руденко Михаил Федорович – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; д-р техн. наук; профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и инженерной экологии; mf.rudenko@mail.ru.



IMPROVEMENT OF STORAGE CONDITIONS OF FRUITS AND VEGETABLES IN STOREHOUSES

A. M. Rudenko, Yu. V. Shipulina, M. F. Rudenko

*Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russian Federation*

Abstract. The article touches upon the problem of conditions and ways of storing potatoes at large harvesting fruit and vegetable storehouses. There are the methods of vegetable storage in bulk and in containers. Various air exchange systems are considered for natural food storage under ambient temperatures, artificial storage using refrigerators and heating devices and combined types. There has been proposed the advanced air ventilation system in the storehouses for containerized goods. The new ventilation system allows improving the air mass circulation system throughout the storehouse providing individual air supply to each container, regulating the local air supply and ventilation of the container, if necessary. This ventilation system generally reduces losses of fruits and vegetables by 12–15 % due to slight increasing electrical energy consumption by 2–4 % and the reconstruction of the storehouse. The use of the PC control of climatic parameters (temperature and humidity in the storehouse), the air exchange system (local resistance to regulate the flow rate and air velocity) and operational control of the system with a combined version of the work will not only further reduce production losses, but also significantly save electrical energy.

Key words: storage, potatoes, in bulk, container, ventilation systems.

For citation: Rudenko A. M., Shipulina Yu. V., Rudenko M. F. Improvement of storage conditions of fruits and vegetables in storehouses. *Vestnik of Astrakhan State Technical University*. 2020;1(69):24-30. (In Russ.) DOI: 10.24143/1812-9498-2020-1-24-30.

REFERENCES

1. *Dlitel'noe khranenie kartofelia – oborudovanie, sklady* [Long-term storage of potatoes: equipment, storehouses]. Available at: [www.vgoda.ru >khranenie_kartofelja](http://www.vgoda.ru/khranenie_kartofelja) (accessed: 02.12.2019).

2. *Kartofelekhranilishche – proektirovanie i osnashchenie* [Potato storage: technology and equipment]. Available at: [https:// www.infrost – agro.ru>artidus](https://www.infrost-agro.ru/artidus) (accessed: 07.12.2019).

3. *Tekhnologiya dlitel'nogo khraneniia kartofelia na sklade: sposoby khraneniia* [Technology of long-term storage of potatoes in storehouse: storage methods]. Available at: <http://skladovoy.ru/usloviya-i-sposoby-xranenie-kartofelya-na-skladax.html> (accessed: 07.12.2019).

4. *Khranenie v konteinerakh/iashchikakh kartofelia i ovoshchei* [Storage of potatoes and vegetables in containers/boxes]. Available: <https://turgor.net>info>blog> sistemih>konteinerhr> (accessed: 12.12.2019).

5. *Khranenie kartofelia* [Storing potatoes]. Available at: [agro365.ru.>>tehnologiva-hrandriva-kartofelua](http://agro365.ru/>>tehnologiva-hrandriva-kartofelua) (accessed: 02.12.2019).

6. Butaev D. A., Kalmykova Z. A., Podvidz L. G. i dr. *Sbornik zadach po mashinostroitel'noi gidravlike* [Workbook on mechanical hydraulics]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1972. 472 p.

7. Galimova L. V., Zhil'tsov I. B., Rudenko M. F., Sazonov Iu. A. *Sovershenstvovanie sistemy vozdu-khoraspredeleniia v kartofelekhranilishche* [Improving air distribution system in potato storehouses]. *Kholodil'naia tekhnika*, 1991, no. 3, pp. 5-6.

The article submitted to the editors 12.01.2020

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Rudenko Alexandra Mikhailovna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Student Training area “Software Engineering”; rudenko@astu.org.

Shipulina Julia Viktorovna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Technical Sciences; Assistant Professor of the Department of Life Safety and Environmental Engineering; aleera@mail.ru.

Rudenko Mikhail Fedorovich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Doctor of Technical Sciences; Professor of the Department of Life Safety and Environmental Engineering; mf.rudenko@mail.ru.

