

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ ХРАНИЛИЩ НА ОСНОВЕ РЕНОВАЦИИ ВОЗДУХОВОДА

БОРЫЧЕВ Сергей Николаевич, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева

УСПЕНСКИЙ Иван Алексеевич, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева

КОСТЕНКО Михаил Юрьевич, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева

МАКАРОВ Валентин Алексеевич, Институт технического обеспечения сельского хозяйства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»

МУРОГ Игорь Александрович, Рязанский институт (филиал) университета машиностроения (МАМИ)

КОЛОШЕИН Дмитрий Владимирович, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева

ВАСЮТИН Игорь Сергеевич, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева

Сохранность картофеля зависит от вентиляционного оборудования. С помощью микроклимата, создаваемого за счет вентиляции внутри насыпи сельскохозяйственной продукции, можно хранить картофель до 8 месяцев. Однако распределение вентилярующего воздуха от воздухопроводов в насыпь происходит неравномерно. За счет этого создаются очаги самосогревания внутри насыпи, что ведет к порче картофеля на стадии хранения. Проведенный анализ методов исследования параметров фильтрации воздуха в насыпных слоях подтвердил, что изменения в порах слоя являются достаточно сложной задачей. Теоретические исследования установили зависимость коэффициента живого сечения от параметров усовершенствованного воздухопровода. Анализ полученной зависимости показал, что для планок размером 40×40 мм установлена величина зазора 20 мм, при этом коэффициент живого сечения составляет более 0,167. В дальнейшем в процессе экспериментальных исследований было установлено, что потери напора от вентилятора зависят от потерь в самом воздуховоде, на основании чего была получена формула потерь напора в системе вентиляции картофелехранилища.

Введение. Картофелеводство – одна из крупнейших отраслей сельского хозяйства РФ [2]. Картофель в мировом производстве занимает четвертое место среди продуктов питания после пшеницы, кукурузы и риса [2]. По данным Росстата [7], площадь посадки картофеля в 2016 г. составила 2065,1 тыс. га. Емкость единовременного хранения картофеля и овощей в РФ составляет свыше 7 млн т, однако для хранения корнеклубнеплодов в России этого недостаточно [5].

Сохранность картофеля зависит от микроклимата, создаваемого вентиляционным оборудованием. В насыпи картофеля формируются скоростные и влажностные условия, позволяющие на протяжении 7–8 месяцев хранить сельскохозяйственную продукцию. Но распределение воздушной смеси от напольных воздухопроводов в насыпь картофеля происходит

неравномерно, за счет чего создаются очаги самосогревания продукции, что ведет к порче картофеля.

Цель исследования – повысить сохранность картофеля и снизить энергопотребление системы вентиляции хранилища.

Методика исследований. Нами была разработана конструкция усовершенствованного воздуховода картофелехранилища [5, 8, 9, 10, 11, 13]. Параметры воздуховода перед испытаниями в хозяйствах Рязанской области прошли теоретические исследования в лабораториях ФГБОУ ВО РГАУ [1, 3, 6].

Результаты исследований. Применяя теорему о трех моментах [1], мы рассмотрели статистически неопределимую планку усовершенствованного воздуховода [13]. Нами были получены значения изгибающих моментов и поперечных сил, возникающих на опорах и по



длине планки воздуховода.

Величина максимально изгибающего момента будет определяться выражением

$$M_{\text{игб}}^{\text{max}} = \frac{27}{40} q \cdot l^2 + \frac{9}{5} M, \quad (1)$$

где l – длина пролета.

С помощью программы «MathCAD v14.0» была установлена зависимость шага планок каркаса и удельной нагрузки (рис. 1).

Анализ полученной зависимости установил, что изгибающий момент зависит от удельной нагрузки и шага планок.

Для уточнения геометрических характеристик усовершенствованного воздуховода [13], в частности толщины и ширины деревянных планок, воспользуемся теорией косоугольного изгиба [1, 3].

Проведем расчет на прочность и подберем рациональное сечение планки воздуховода [3]. Наибольший изгибающий момент M_{max} находится посередине пролета и определяется по формуле (1).

Принимаем квадратное сечение планки усовершенствованного воздуховода. Размеры сечения воздуховода определяем по формуле 2 [3]:

$$b = \frac{12 M_{\text{max}}}{h^2 \cdot \sigma} (\cos(\varphi) + 0,7 \sin(\varphi)), \quad (2)$$

где b – ширина планки; h – высота планки; σ – допускаемые напряжения на изгиб; φ – угол наклона планки.

Толщину и ширину планки квадратного сечения усовершенствованного воздуховода определяли по формуле (2), она составила 40×40 мм.

Проведенный анализ форм сечений, показала, что увеличение указанных размеров бруса ведет к утяжелению всей конструкции, что недопустимо.

Используя выражение (3), найдем живое сечение решета планки:

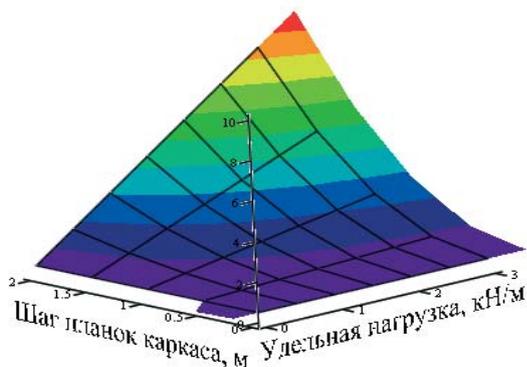


Рис. 1. Зависимость максимально изгибающего момента продольных планок от удельной нагрузки и шага планок каркаса усовершенствованного воздуховода

$$K = \frac{a}{\Delta + b} \cdot \frac{\Delta}{2a}, \quad (3)$$

где a – длина планки, мм; Δ – зазор между продольными планками, мм; b – ширина планки, мм.

В результате моделирования параметров планок была получена зависимость коэффициента живого сечения от параметров воздуховода (3) (рис. 2).

Анализ полученной зависимости, показал, что для планки размером 40×40 мм зазор будет равен 20 мм. Коэффициент живого сечения находился по формуле (3) и равен 0,167.

Проектирование системы вентиляции картофелехранилища связано в первую очередь с расчетом ряда инженерных расчетов, основу которых представляет сопротивление аэродинамического слоя картофеля. Анализ методов исследования параметров фильтрации воздуха в насыпных слоях показал, что измерение в порах слоя является очень сложной задачей. В первую очередь это связано со статистическим характером практически каждого из множества параметров, которые характеризуют процессы, происходящие в насыпном слое.

Поле скоростей фильтрации и распределение давлений воздуха в порах насыпи картофеля можно численно решив уравнения движения, получаемые на основании результатов экспериментального исследования закономерностей аэродинамического сопротивления насыпного слоя картофеля [4]:

$$\Delta\rho = a \cdot \omega^2 + a_1 \cdot \omega, \quad (4)$$

где ρ – давление, формируемое в рассматрива-

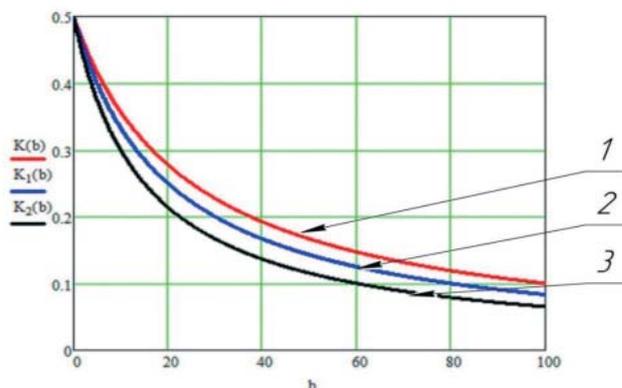


Рис. 2. Зависимость коэффициента живого сечения воздуховода от геометрических параметров и зазора между планками: 1 – значение коэффициента живого сечения при зазоре 25 мм; 2 – значение коэффициента живого сечения при зазоре 20 мм; 3 – значение коэффициента живого сечения при зазоре 15 мм



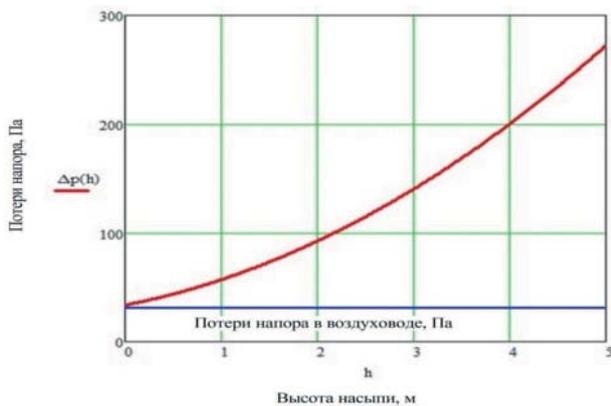


Рис. 3. Зависимость потерь напора при вентиляции от высоты насыпи картофеля

емом дифференциальном объеме системы вентиляции; a , a_1 – коэффициенты, определяющие зависимость аэродинамического сопротивления слоя высотой 1 м от скорости фильтрации ω .

В процессе экспериментальных исследований было установлено, что потери напора от вентилятора зависят также от потерь в воздуховоде. На основании проведенных исследований нами получена формула (5) потерь напора в системе вентиляции картофелехранилища.

$$\Delta p = a \cdot h^2 + b \cdot h + c, \quad (5)$$

где a , b – коэффициенты, определяющие зависимость аэродинамического сопротивления слоя высотой 1 м от скорости фильтрации; h – высота насыпи картофеля, м; c – потери напора в воздуховоде, Па.

Заключение. Анализируя график, можно видеть, что потери напора зависят от типа воздуховода, и чем меньше потери в воздуховоде при инфильтрации в насыпь картофеля, тем лучше будут происходить процессы вентиляции. Таким образом, уменьшение потери напора в воздуховоде позволит повысить величину напора в насыпи картофеля, что будет способствовать снижению энергоемкости процесса, с одной стороны, и снижению потерь продукции – с другой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1965. – 608 с.
2. Борычев С.Н. Машинные технологии уборки картофеля с использованием усовершенствованных копателей, копателей-погрузчиков и комбайнов: дис. ... д-ра техн. наук. – Рязань: РГСХА, 2008. – 29 с.
3. Варданян Г.С. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности. – М.: ИНФРА-М, 2014. – 512 с.
4. Дячек П.И. Научно-технические основы управления температурно-влажностным режимом хранения картофеля и овощей: дис. ... д-ра техн. наук. –

Минск: БАТУ, 1997. – 306 с.

5. Колошеин Д.В., Борычев С.Н., Чесноков Р.А. Картофелеводство в Российской Федерации // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2016. – № 1. – С. 7–10.

6. Колошеин Д.В., Борычев С.Н., Успенский И.А. Методика расчета систем активной вентиляции на основе проведенного лабораторного эксперимента при высоте насыпи картофеля 6 метров // Современные проблемы науки и образования. – Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=19246>.

7. Костенко М.Ю. Технология уборки картофеля в сложных полевых условиях с применением инновационных решений в конструкции и обслуживании уборочных машин: дис. ... д-ра техн. наук. – Рязань, 2011. – 25 с.

8. Специальная техника для производства картофеля в хозяйствах малых форм / Н.Н. Колчин [и др.] // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2012. – № 5. – С. 48–55.

9. Технологии и техника для производства картофеля / Н.Н. Колчин [и др.] // Картофель и овощи. – 2017. – № 1. – С. 21–25.

10. Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей. РФ / Борычев С.Н., Рембалович Г.К., Успенский И.А. Патент № 2245011, 2003.

11. Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей. РФ / Павлов В.А., Рембалович Г.К., Безносюк Р.В. и др. Патент № 2454850, 2011.

12. Федеральная служба государственной статистики. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/> (дата обращения 30.08.2017).

13. Хранилище сельскохозяйственной продукции. РФ / Бышов Н.В., Борычев С.Н., Липин В.Д., Колошеин Д.В., Савина О.А. Патент № 158787, 2015.

Борычев Сергей Николаевич, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Строительство инженерных сооружений и механика», Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева. Россия.

Успенский Иван Алексеевич, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Техническая эксплуатация транспорта», Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева. Россия.

Костенко Михаил Юрьевич, д-р техн. наук, доцент кафедры «Технологии металлов и ремонта машин», Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева. Россия.

390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1.

Тел.: (4912) 35-88-31.

Макаров Валентин Алексеевич, д-р техн. наук, проф., главный науч. сотрудник, Институт технического обеспечения сельского хозяйства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ». Россия.

390025, г. Рязань, улица Щорса, 38/11.

Тел.: (4912) 98-56-07

Мурог Игорь Александрович, д-р техн. наук, проф., Рязанский институт (филиал) университета машиностроения (МАМИ). Россия.

390046, г. Рязань, ул. Колхозная, 2а.

Тел.: (4912) 28-39-69.

Колошеин Дмитрий Владимирович, аспирант кафедры «Строительство инженерных сооружений и механика», Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева. Россия.



Васютин Игорь Сергеевич, аспирант кафедры «Строительство инженерных сооружений и механика», Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева. Россия.
390044, г Рязань, ул. Костычева, 1.

Тел.: (4912) 35-88-31.

Ключевые слова: картофель; сохранность; картофелехранилище; размер воздуховода; шаг планок каркаса; зазоры; вентиляция.

IMPROVING THE VENTILATION SYSTEM OF THE WAREHOUSE BY MEANS OF RENOVATING THE AIR DUCT

Borychev Sergey Nikolaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the chair "Construction of Engineering Structures and Mechanics", Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. Russia.

Uspenskiy Ivan Alekseevich, Doctor of Technical Sciences, Head of the chair "Technical Exploitation of Transport", Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. Russia.

Kostenko Mikhail Yurievich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the chair "Metal Technology and Machinery Repair", Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. Russia.

Makarov Valentin Alekseevich, Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, VNIIS. Russia.

Murog Igor Alexandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ryazan Institute (branch) of the University of Mechanical Engineering (MAMI). Russia.

Koloshein Dmitry Vladimirovich, Post-graduate of the chair "Construction of Engineering Structures and Mechanics", Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. Russia.

Vasyutin Igor Sergeevich, Post-graduate of the chair "Construction of Engineering Structures and Mechanics", Ryazan State

Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. Russia.

Keywords: potato; potato warehouse; air duct size; structural battens spacing; gaps; ventilation.

The safety of the potato depends on the ventilation equipment. It is possible to store potato for up to 8 months with the help of microclimate created with the help of ventilation inside the bulk of agricultural products. However, the distribution of venting air from the ducts to the bulk is uneven. Due to this, some foci of self-warming inside the bulk appear which leads to potatoes damage at the storage stage. The analysis of the methods used to study air filtration parameters in bulk layers confirmed that changes in pores of the layer are quite a challenge. Theoretical studies have established the dependence of the day-light area ratio on parameters of the improved air duct. Analysis of the obtained dependence showed that the gap is 20 mm for battens sized 40×40 mm and the the day-light area ratio is more than 0.167. Later, in the course of experimental studies, it was found that the pressure losses from the fan depend on the losses in the duct itself, on the basis of which the head loss formula in the ventilation system of the potato warehouse was obtained.

УДК 637.34

ИЗУЧЕНИЕ ЗЕРНИСТОГО ТВОРОГА В ПРОЦЕССЕ ФЕРМЕНТАЦИИ

ГАЛСТЯН Бардух Сарибекович, Шушинский технологический университет

Статья посвящена использованию в пищевых целях молочной сыворотки и составляющих ее частиц, в частности белка, с целью улучшения выхода молочного белка, усиления его функциональных свойств, увеличения роли белка в питании человека.

Введение. Комплексная переработка всех составляющих частиц молока является стимулом для повышения эффективности молокопроизводства [1]. С этой точки зрения, в производстве молочных продуктов большую ценность приобретают вопросы по эффективному использованию молочной сыворотки и составляющих ее частиц.

В последние годы в сырном производстве наблюдается тенденция использования сывороточного белка в молоке [3, 5]. Развитие исследований в данном направлении характеризуется следующими тремя идеями: улучшить выход молочного белка, усилить его функциональные свойства, увеличить роль белка в еде человека.

Таким образом, использование сывороточных белков в молочных продуктах увеличит биологическую ценность этих продуктов, что связано с более высоким содержанием незаменимых

аминокислот, а также эффективно будут использоваться основные составные части молока.

Цель статьи – решение вышеупомянутых вопросов является актуальным и требует дальнейшего изучения.

Методика исследований. В производстве зернистого творога творожное зерно получают из обезжиренного молока методом кислотно-сычужного свертывания с дальнейшей переработкой полученного сгустка. Во время подогрева зерна значительная часть кисломолочных бактерий разрушается. Из-за этого готовый продукт наделен недостаточно выраженным кисломолочным вкусом и запахом.

Полученные из творожной сыворотки сывороточно-белковый сгусток и технология переработки зернового творожного продукта из обезжиренного молока способствуют эффективному использованию вторичного молочного сыра,

