



CONSTRUCTION AND GEOTECHNICS

Т. 11, № 3, 2020

<http://vestnik.pstu.ru/arhit/about/inf/>



DOI: 10.15593/2224-9826/2020.3.05

УДК 628.8: 586. 631.2

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА В ЗДАНИЯХ КАРТОФЕЛЕХРАНИЛИЩ

М.П. Калашников

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, Улан-Удэ, Россия

О СТАТЬЕ

Получена: 28 мая 2020

Принята: 14 июля 2020

Опубликована: 30 сентября 2020

Ключевые слова:

параметры микроклимата, система, активная вентиляция, плодоовощная продукция, хранение, контейнер, скорость воздуха.

АННОТАЦИЯ

При хранении плодоовощной продукции активно протекают процессы жизнедеятельности (дыхание, выделение тепла и углекислого газа). Эти процессы приводят к потерям продукции, значительно влияют на температуру, влажность и газовый состав воздуха в хранилище. Оптимальные условия хранения плодов и овощей – это достаточно низкие положительные температуры и довольно высокая влажность при достаточном содержании кислорода в воздушной среде. Достижение этой непростой задачи наиболее эффективно решается с помощью использования в хранилище систем активной вентиляции.

В статье выполнена сравнительная оценка организации воздухообмена энергоэффективными системами обеспечения микроклимата в картофелехранилищах.

Приведены результаты натурных исследований состояния воздушной среды при работе систем активного воздухораспределения в картофелехранилище при хранении плодоовощной продукции.

Исследования показали, что интенсивное проточное вентилирование продукции вблизи приточного воздуховода приводит к увеличению потерь (усушке) плодоовощной продукции до 15 %. Контейнеры с продукцией, находящиеся вблизи крупногабаритных приточных отверстий, подвергаются наиболее сильному обдуванию. Это приводит к ухудшению качества картофеля.

Использование в системе активной вентиляции высокоэффективного регенеративного роторного теплоутилизатора ($E \geq 85-90\%$) и электронно-коммутируемых ЕС-вентиляторов позволяет обеспечить экономию тепловой и электрической энергии, а также обеспечить снижение потерь массы продукции на 21–26 %, при направленной подаче обработанного воздуха в межконтейнерное пространство и контейнеры с продукцией.

© ПНИПУ

© **Калашников Михаил Петрович** – доктор технических наук, профессор, [orcid.org: 0000-0003-1040-3228](https://orcid.org/0000-0003-1040-3228), e-mail: kmp02@rambler.ru.

Michail P. Kalashnikov – Doctor of Technical Sciences, Professor, [orcid.org: 0000-0003-1040-3228](https://orcid.org/0000-0003-1040-3228), e-mail: kmp02@rambler.ru.

ENHANCEMENT OF MICROCLIMATE SUPPORT SYSTEMS IN POTATO STORE BUILDINGS

M.P. Kalashnikov

East Siberia State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russian Federation

ARTICLE INFO

Received: 28 May 2020
Accepted: 14 July 2020
Published: 30 September 2020

Keywords:

microclimate parameters, system, active ventilation, agricultural products, storage, container, air velocity.

ABSTRACT

When storing fruits and vegetables, vital processes (respiration, heat and carbon dioxide) are actively proceeding. These processes lead to loss of production, significantly affect the temperature, humidity and gas composition of the air in the storage. The optimal storage conditions for fruits and vegetables are rather low positive temperatures and rather high humidity with a sufficient oxygen content in the air. Achieving this difficult task is most effectively accomplished by using active ventilation systems in the storage.

The article provides a comparative assessment of setting up air exchange by energy-efficient microclimate systems in potato storages.

The results of field studies of air conditions during operation of active air distribution systems in a potato storage are presented.

Studies have shown that intensive flow ventilation of products close to the supply duct leads to an increase in losses (shrinkage) of vegetables up to 15 %. Since a number of containers with products are adjacent to large supply air holes thus subjected to the most severe blowing, the quality of potatoes is bound to deteriorate.

The use in the active ventilation system of a highly efficient regenerative rotary heat exchanger ($E \geq 85\text{--}90\%$) and electronically-switched EC fans allows saving heat and electric energy, as well as reducing the mass loss of products by 21–26 % with directional supply of treated air to the inter-container space and containers with products.

© PNRPU

Введение

Употребление плодоовощной продукции хорошего качества имеет очень важное значение для нормальной жизнедеятельности человека из-за значительного содержания в ней витаминов, белков и углеводов, а также вкусовых и ароматических веществ. Поэтому в условиях снижения реальных доходов населения страны, повышения цен на пищевые продукты с особой остротой встает вопрос о повышении уровня сохранности плодоовощной продукции. Это возможно достичь только за счет совершенствования систем обеспечения микроклимата, позволяющих сохранять качество плодов и овощей, заложенных на длительный период хранения [1–4].

Для достижения этой цели здания хранилища оборудуются системами активной вентиляции для ассимиляции избыточной теплоты, влаги и различного рода химических соединений в жидкой и газовой фазе, выделяемых плодоовощной продукцией в результате физиолого-биологических и микробиологических процессов. Интенсивность этих процессов зависит как от биологических функций, которые они выполняют в жизненном цикле вегетирующего растения, так и от параметров микроклимата окружающей воздушной среды [5, 6].

Основная часть

Известно, что недостаточное внимание к вопросам обеспечения параметров микроклимата в зданиях для хранения плодов и овощей приводит к негативным последствиям в различные периоды их эксплуатации [7]:

- активному образованию конденсата водяных паров на ограждающих конструкциях;
- гниению деревянных и коррозии металлических конструкций;

- образованию зон в хранилище с различными видами плесени;
- значительным затратам электрической и тепловой энергии на термодинамическую обработку наружного воздуха в условиях резкоконтинентального климата;
- несоблюдению температурно-влажностных условий ($t_{в}$, $\phi_{в}$);
- увеличению интенсивности воздухообмена и количества приточного воздуха ($L_{пр}$), подаваемого системами вентиляции.

Чтобы обеспечить качественное хранение плодоовощной продукции в хранилище, при распределении приточного воздуха необходимо учитывать все особенности распространения приточных струй, с тем чтобы в межконтейнерном пространстве обеспечить на должном уровне требуемые параметры воздуха по температуре, влажности и определенному составу воздушной среды. Учет всех особенностей движения воздуха в хранилище представляет собой задачу большой сложности, так как не все факторы, обуславливающие это движение, поддаются точному анализу [8, 9].

Решение этих непростых вопросов наиболее эффективно реализуется с помощью энергоэффективных систем активной вентиляции.

В действующих картофелехранилищах контейнерного типа, расположенных в Восточной Сибири, распределение приточного воздуха осуществляется преимущественно через крупногабаритные отверстия воздухопроводов 2, расположенных на полу у наружных стен хранилища 1 (рис. 1, а) [10].

Известно, что холодный наружный воздух, поступая в массу продукции, нагревается, при этом его влагоемкость возрастает, что ведет к значительной и вредной для хранящейся продукции потере влаги (усушке). Наибольшая усушка продукции наблюдается в нижних рядах контейнеров. При этом плодоовощная продукция теряет достаточно большое количество влаги, а ее клетки теряют тургор, что ведет к снижению иммунитета к различным возбудителям болезней [11].

Совершенствование систем активной вентиляции, применяемых при хранении плодоовощной продукции, невозможно без комплексной оценки формирования параметров микроклимата и температурно-влажностных процессов в картофелехранилище. Формирование и развитие воздушных потоков в горизонтальных и вертикальных плоскостях штабеля продукции при производительности системы вентиляции $L_{пр} = 82,5 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{т})$ показывает, что значительная неравномерность скорости движения воздуха наблюдается при увеличении относительной высоты (\bar{h}) от 0 до 0,5 в нижней части хранилища (рис. 2).

Неравномерность распределения скорости воздушных потоков, достигающая более 45 %, существенным образом оказывает влияние на формирование температурно-влажностных полей в межконтейнерном пространстве и в массе продукции. Измерения показали, что изменение значений скорости движения внутриштабельного воздуха зависит от расположения контейнера с продукцией до приточного отверстия крупногабаритного воздуховода – распределителя. Так, на расстоянии 1,0 м при относительной высоте контейнеров $\bar{h} = 0,1$ в межконтейнерном пространстве скорость движения воздуха около контейнеров $v_{в} = 3,2...3,5 \text{ м/с}$. А на расстоянии 7,0 м циркуляция приточного воздуха из-за значительного аэродинамического сопротивления штабеля уменьшается в два раза и составляет $v_{в} = 1,75 \text{ м/с}$. Подвижность воздуха значительно снижается при изменении относительной высоты контейнеров (\bar{h}) от 0,6 до 1,0. Это указывает на незначительное изменение скорости циркуляции воздуха: ($v_{в} = 0,22...0,65 \text{ м/с}$ при относительной высоте контейнеров $\bar{h} = 0,7$, при относительной высоте контейнеров $\bar{h} = 0,95$ скорость движения воздуха составляет $v_{в} = 0,2...0,5 \text{ м/с}$) [12, 13].

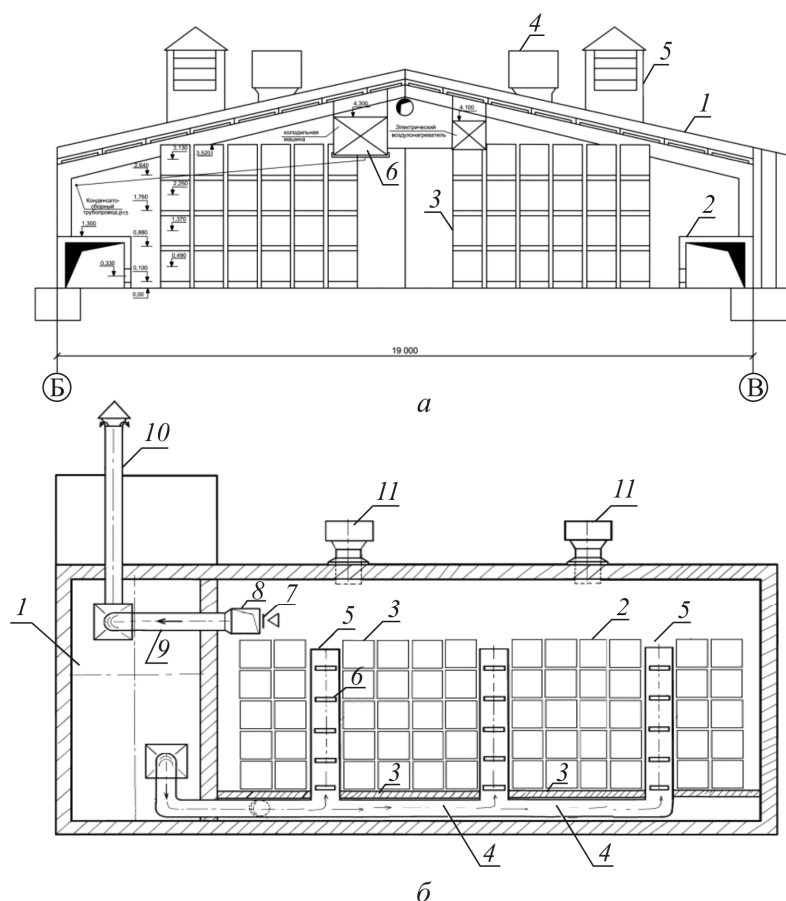


Рис. 1. Системы активной вентиляции в картофелехранилищах контейнерного типа:
a – при распределении приточного воздуха через крупногабаритные отверстия воздуховода, расположенного на полу у наружной стены: 1 – хранилище; 2 – приточный воздуховод; 3 – контейнер с продукцией; 4 – дефлектор; 5 – воздухозаборная шахта; 6 – вытяжной воздуховод;
б – при рассредоточенной подаче воздуха через плоские приточные отверстия вертикально установленных воздуховодов – распределителей в межконтейнерном пространстве хранилища: 1 – хранилище; 2 – контейнер с продукцией; 3 – пол деревянный; 4 – продольные приточные воздуховоды – ответвления; 5 – вертикальные секционные воздуховоды – распределители; 6 – плоские приточные отверстия; 7 – всасывающее отверстие; 8 – рециркуляционный вытяжной воздуховод; 9 – магистральный вытяжной воздуховод; 10 – вытяжная шахта; 11 – дефлектор

Fig. 1. Active ventilation systems in container-type potato storages: *a* – at supply air distribution through large openings duct adjacent to the outer wall in the lower area: 1 is the storage; 2 is the supply duct; 3 is the product container; 4 is the deflector; 5 is the air intake shaft; 6 is the exhaust duct, *б* – at dispersed air supply through flat air inlets of vertically installed ducts - distributors in the intercontainer uneven storage space: 1 is the storage; 2 is the product container; 3 is the wooden floor; 4 is the longitudinal supply air ducts - branches; 5 is the vertical sectional ducts - distributors; 6 is the flat air inlets; 7 is the suction port; 8 is the recirculation exhaust duct; 9 is the main exhaust duct; 10 is the exhaust shaft; 11 is the deflector

Результаты измерения позволили установить, что температура внутриштабельного воздуха и массы продукции превышает нормируемые значения в 1,6–3,5 раза в зависимости от расположения контейнеров с плодоовощной продукцией относительно приточных отверстий воздухораспределителя. Вследствие этого относительная влажность внутреннего воздуха отклоняется от нормируемых параметров на 20–24 % при нормируемом диапазоне 90–95 %.

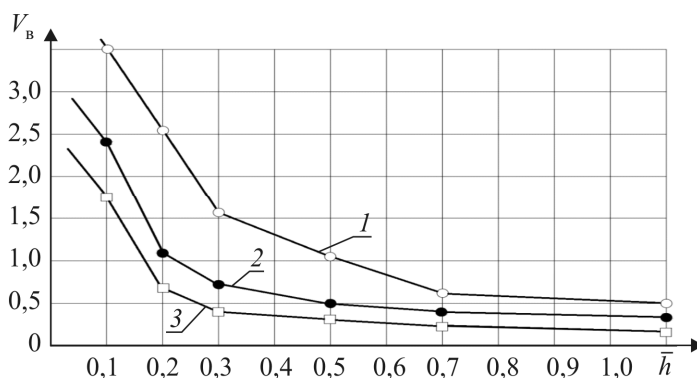


Рис. 2. Изменение скорости вентиляционного потока по высоте штабеля при работе активной вентиляции производительностью $L_{пр} = 82,5 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{т})$ при распределении приточного воздуха через крупногабаритные отверстия воздуховода, расположенного у наружной стены в нижней зоне: 1 – ряд контейнеров на расстоянии от приточного отверстия 1 м; 2 – ряд контейнеров на расстоянии от приточного отверстия 4 м; 3 – ряд контейнеров на расстоянии от приточного отверстия 7 м

Fig. 2. The change in the speed of the ventilation flow along the height of the stack during active ventilation with a productivity of $L_{pr} = 82.5 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{t})$ at supply air distribution through large openings duct adjacent to the outer wall in the lower area of the store; 1 is a number of containers at a distance of 1 m from the air inlet; 2 is a number of containers at a distance of 4 m from the air inlet; 3 is a number of containers at a distance of 7 m from the air inlet

Таким образом, интенсивное проточное вентилирование продукции в контейнерах, расположенных вблизи приточного воздуховода, не позволяет избежать потерь продукции в контейнерах, находящихся вблизи крупногабаритных приточных отверстий, так как подвергается наиболее интенсивному обдуванию. Это приводит к ухудшению качества картофеля, а наиболее удаленные ряды вентилируются незначительно, что также ухудшает сохранность картофеля. Кроме того, картофелехранилище с такой системой активной вентиляции потребляет значительное количество электрической энергии. Так, на 1 тыс. т вместимости установленная мощность составляет 425 кВт. Поэтому необходимы системы обеспечения микроклимата с минимальной энергоемкостью за счет максимального использования в холодный период года тепловыделений продукции.

В целях устранения отмеченных недостатков, присущих системам с нижним распределением приточного воздуха через крупногабаритные отверстия, в картофелехранилищах применяют более совершенные системы – с подачей приточного воздуха внутрь штабеля контейнеров, в нижнюю его зону в три параллельно установленные продольные приточные воздухопроводы – ответвления 4. Они соединены с вертикально установленными секционными воздухопроводами – распределителями 5, расположенными под деревянным полом 3 хранилища 1. Для раздачи приточного воздуха по высоте на разных уровнях в горизонтальной плоскости межконтейнерного пространства в хранилище в секционном распределителе использованы плоские приточные отверстия 6 с четырех сторон по периметру вертикально установленных секционных воздухопроводов – распределителей. Удаление загрязненного воздуха из контейнеров 2 с продукцией и межштабельного пространства хранилища осуществляется при помощи всасывающих равновеликих отверстий 7 в рециркуляционном вытяжном воздуховоде 8. Обеспечивается направленное затекание воздуха в массу продукции [14, 15].

Результаты хранения продукции с таким воздухораспределением значительно лучше, чем при подаче приточного воздуха через пристенные воздуховоды большого размера. Обеспечивается направленное затекание воздуха в массу продукции [16].

Для уменьшения потребления тепловой энергии в хранилище в период значительного понижения температуры наружного воздуха (ниже $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$) устанавливается автоматически регулируемый режим вентилирования с комбинированным использованием естественного холода и утилизацией теплоты удаляемого вентиляционного воздуха из хранилища.

Выполненные нами исследования показали, что хранение плодоовощной продукции в хранилищах при подаче обработанного воздуха непосредственно в контейнерную загрузку оказалось значительно эффективнее, чем при распространенной системе распределения воздуха через крупногабаритные пристенные воздуховоды. Распределение воздуха в вертикальное и горизонтальное межконтейнерное пространство обеспечивает повышение доли расхода приточного воздуха, непосредственно поступающего в контейнеры с картофелем каждого ряда, на 18–23 % в сравнении с вышеописанными системами активного вентилирования хранилищ.

Установлено изменение зависимости параметров микроклимата в массе картофеля от объема наружного воздуха, обработанного в приточной вентиляционной камере с роторным теплоутилизатором и радиальным вентилятором с ЕС-двигателем.

Картофелехранилище оснащено ЕС-двигателями в составе программно-технического комплекса «Тургор АМ», характеризующимися оптимальным регулированием числа оборотов и, соответственно, производительности вентиляторов. Осуществляется это более эффективным образом по сравнению с традиционными АС-двигателями, оснащенными частотным приводом. Это способствует поддержанию сохранности и качества плодоовощной продукции на протяжении всего периода хранения [17].

Изменение температуры воздуха и массы картофеля по высоте штабеля незначительно и не превышает $1,3\text{--}2,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, а перепад температуры в массе картофеля на относительной высоте $\bar{h} = 0,2$ от уровня притока воздуха составляет не более $1,9\text{--}2,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, а на относительной высоте $\bar{h} = 0,9$ наблюдается его увеличение до $2,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Установлено, что снижается разница между температурой картофеля и вентиляционного воздуха в хранилище между температурами верхнего и нижнего слоя [14].

Формирование полей скорости вентиляционного потока по высоте штабеля при удельной воздушной нагрузке активной системы вентиляции $L_{пр} = 82,5\text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{т})$ можно проследить по зависимости, представленной на рис. 3.

Результаты исследований позволили констатировать, что значения скорости воздуха в горизонтальных плоскостях штабельной загрузки хранилища распределяются достаточно равномерно. Так, скорость воздушного потока на относительной высоте штабеля ($\bar{h} = 0,1$) изменяется в пределах от $0,47$ до $0,56\text{ м/с}$, а при увеличении высоты контейнерной загрузки ($\bar{h} = 0,9$) отмечается уменьшение скорости в диапазоне от $0,19$ до $0,24\text{ м/с}$. Заметное уменьшение скорости воздуха в верхних контейнерах с продукцией происходит благодаря значительному аэродинамическому сопротивлению. В контейнерах с продукцией отмечается и повышение скорости воздушного потока на каждом относительном уровне контейнерной загрузки, что объясняется наличием в данном месте распределения воздуха из приточного отверстия [13, 14].

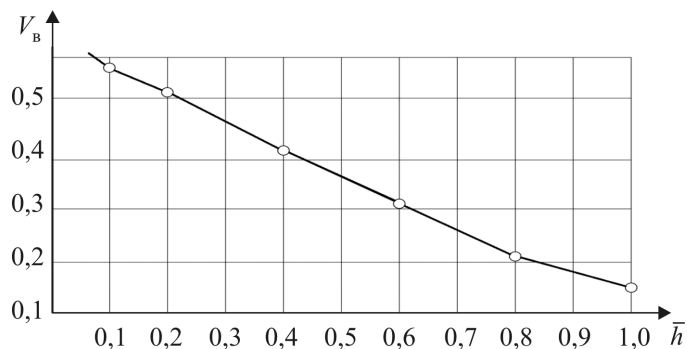


Рис. 3. Изменение скорости вентиляционного потока по высоте штабеля при работе активной вентиляции производительностью $L_{пр} = 82,5 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{т})$ при рассредоточенной подаче воздуха через плоские приточные отверстия вертикально установленных воздухопроводов – распределителей в межконтейнерном пространстве хранилища
Fig. 3. The change in the speed of the ventilation flow along the height of the stack during active ventilation with a productivity of $L_{pr} = 82.5 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{t})$ at dispersed air supply through flat air inlets of vertically installed ducts – distributors in the intercontainer storage space

Приточные секционные воздухопроводы в межконтейнерном пространстве обеспечивают распределение приточного воздуха непосредственно под каждый ярус контейнеров с продукцией благодаря схеме их размещения, а также за счет соответствия высоты контейнеров расстоянию по вертикали между щелями в воздуховоде. Такой способ формирования воздушных потоков в объеме контейнерной загрузки позволяет обеспечить требуемое качество и максимальную сохранность продукции в течение всего периода длительного хранения.

Система активного вентилирования с утилизацией теплоты удаляемого воздуха обеспечивает энергосбережение более 65 % и нормируемые параметры микроклимата (внутреннюю температуру и относительную влажность, подвижность воздуха и его газовый состав) благодаря плавному (от 0 до 100 %) распределению приточного воздуха.

Оценка экономической эффективности показывает, что капитальные затраты на основное оборудование системы вентиляции окупаются примерно за 2,5 года. Плавная и ритмичная работа основного оборудования системы обеспечения микроклимата позволяет значительно уменьшить отходы при хранении картофеля [18–20].

Заключение

1. Натурные исследования показали, что интенсивное проточное вентилирование продукции вблизи приточного воздуховода приводит к увеличению потерь (усушке) плодово-овощной продукции до 15 %, поскольку ряд контейнеров с продукцией, находящийся вблизи крупногабаритных приточных отверстий, подвергается наиболее сильному обдуванию, что приводит к ухудшению качества картофеля.

2. Установлено, что температура внутриштабельного воздуха и массы продукции превышает нормируемые значения в 1,6–3,5 раза в зависимости от расположения контейнеров с плодово-овощной продукцией относительно приточных отверстий воздухопроводораспределителя. Вследствие этого относительная влажность внутреннего воздуха отклоняется от нормируемых параметров на 20–24 %.

3. При организации воздухообмена при помощи секционных воздухопроводораспределителей в объеме контейнерной загрузки устанавливается нормируемый температурно-влажностный режим коэффициентом неравномерности от 0,85 до 0,95.

4. Исследования показали, что температурно-влажностные условия в массе плодово-овощной продукции можно улучшить, увеличив в ней воздухообмен. При этом подвижность воздуха в массе продукции при хранении в контейнерах необходима со скоростью не ниже 0,24–0,35 м/с.

5. Использование в системе активной вентиляции высокоэффективного вращающегося регенеративного роторного теплоутилизатора ($E \geq 85-90\%$) и электронно-коммутируемых ЕС-вентиляторов позволяет обеспечить экономию тепловой и электрической энергии, а также снижение потерь массы продукции на 21–26 % при целенаправленной подаче обработанного воздуха в межконтейнерное пространство и контейнеры с продукцией.

Библиографический список

1. Активное вентилирование картофеля и капусты при хранении / Е.П. Широков, Ю.В. Волосов, И.К. Машкович [и др.]. – М.: Колос, 1966. – 231 с.
2. Антонов М.В., Горелик З.И. Хранение картофеля в контейнерах. – М.: Госторгиздат, 1964. – 52 с.
3. Басин Г.Л. Расчет воздухообменов и температурно-влажностных режимов картофелехранилищ // Отопление и вентиляция промышленных и сельскохозяйственных зданий НИИСФ. – М.: Стройиздат, 1965. – № 16. – С. 138–156.
4. Богословский В.Н. Пути экономии энергии в системах кондиционирования микроклимата зданий и сооружений // Повышение эффективности систем кондиционирования и теплоутилизации. – М., 1989. – С. 41–45.
5. Микроклимат производственных, сельскохозяйственных зданий и сооружений / В.И. Бодров, М.В. Бодров, Е.Г. Ионычев, М.Н. Кучеренко. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2008. – 623 с.
6. Бодров М.В. Эффективность систем обеспечения параметров микроклимата овощекартофелехранилищ // Вестник ВСГУТУ. – С. 105–108.
7. Бурцев В.И., Позин Г.М., Шуев И.С. Исследование температурного распределения в насыпи продукции с учетом ее тепловыделений и реальной теплопроводности // Труды Института ГипроНИИсельпром. – М.: Стройиздат, 1974. – Вып. 6. – С. 100–108.
8. Волкинд И.Л., Позин Г.М. Теплотехническое обеспечение режимов хранения картофеля в контейнерах. – М., 1972. – С. 35–50.
9. Гримитлин М.И. Распределение воздуха в помещениях. – СПб.: Эко-Юрос, 1964. – 315 с.
10. Erfabrungen bei der Bewirtschaftung des Plankartoffellagerhauses Kropelln / H. Gall [et al.] // Feldwirtschaft. – 1979. – № 7. – P. 322–325.
11. Жадан В.З. Влагообмен в плодовоовощехранилищах. – М.: Агропром, 1985. – 168 с.
12. Калашников М.П. Режимы работы систем кондиционирования микроклимата плодовоовощехранилищ в условиях резкоконтинентального климата // Вестник ВСГУТУ. – 2016. – № 2 (59). – С. 25–29.
13. Калашников М.П., Ванчиков А.В. Особенности формирования параметров микроклимата при работе систем воздухораспределения в загруженных помещениях // Материалы XIII Междунар. науч. конф., 15–28 апреля 2015 г. – Волгоград: ВолГАСУ. – 2015. – С. 174–180.
14. Калашников М.П. Обеспечение параметров микроклимата для хранения картофеля и овощей в условиях климата Восточной Сибири. Препринт / ВСГУТУ. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГУТУ, 1999. – 252 с.

15. Кувшинов Ю.Я. Энергосбережение в системах обеспечения микроклимата зданий. – М.: МГСУ: Изд-во АСВ, 2010. – 320 с.
16. Куприн Д.А. Совершенствование холодильного хранения картофеля и овощей: дис. ... канд. техн. наук. – Л., 1982. – 216 с.
17. Мурашов В.С. Исследование процессов тепло- и влагообмена в штабелях с фруктами при различных системах охлаждения: дис. ... канд. техн. наук. – Одесса, 1975. – 198 с.
18. Самарин О.Д. Вопросы экономики в обеспечении микроклимата зданий. – М.: МГСУ: Изд-во АСВ, 2011. – 127 с.
19. Вишневецкий Е.П., Малков Г.В. ЕС-двигатели: что, где и зачем // АВОК. – 2011. – № 3. – С. 14–18.
20. ЕС-вентиляторы для овощехранилищ и грибных камер // Сантехника, Отопление, Кондиционирование (С.О.К.). – 2011. – № 1. – С. 28–32.

References

1. Shirokov E.P., Volosov Yu.V., Mashkovich I.K. [et al.] Aktivnoye ventilirovaniye kartofelya i kapusty pri khraneni [Active ventilation of potatoes and cabbage during storage]. Moscow, Kolos, 1966, 231 p.
2. Antonov M.V., Gorelik Z.I. Khraneniye kartofelya v konteynerakh [Potato storage in containers]. Moscow, Gostorgizdat, 1964, 52 p.
3. Basin G.L. Raschet vozdukhoobmenov i temperaturno-vlazhnostnykh rezhimov kartofelekhranilishch [Calculation of air exchanges and temperature and humidity regimes of potato storages]. *Heating and ventilation of industrial and agricultural buildings of the NIISF*. Moscow, Stroyizdat, 1965, no. 16, pp. 138-156.
4. Bogoslovsky V.N. Puti ekonomii energii v sistemakh konditsionirovaniya mikroklimate zdaniy i sooruzheniy [Ways to save energy in micro-climate conditioning systems of buildings and structures]. *Improving the efficiency of air conditioning and heat recovery systems*. Moscow, 1989, pp. 41-45.
5. Bodrov V.I., Bodrov M.V., Ionychev E.G., Kucherenko M.N. Mikroklimat proizvodstvennykh, sel'skokhozyaystvennykh zdaniy i sooruzheniy [Microclimate of industrial agricultural buildings and constructions]. Nizhnii Novgorod, NNGASU, 2008, 623 p.
6. Bodrov M.V. Effektivnost' sistem obespecheniya parametrov mikroklimate ovoshchekartofelekhranilishch [The performance of systems for ensuring the microclimate parameters of vegetable and potato storages]. *Vestnik VSGUTU*, 2016, no. 5 (50), pp. 39-43.
7. Burtsev V.I., Pozin G.M., Shuev I.S. [Investigation of the temperature distribution in the product embankment with the account of its heat release and real heat conductivity]. *Transactions of GiproNIIseIpprom Institute*. Moscow, Stroyizdat, 1974, iss. 6, pp. 100-108.
8. Volkind I.L., Pozin G.M. Teplotekhnicheskoye obespecheniye rezhimov khraneniya kartofelya v konteynerakh [Thermotechnical support of potato storage modes in containers]. Moscow, 1972, pp. 35-50.
9. Grimmitlin M.I. Raspredeleniye vozdukha v pomeshcheniyakh [Air distribution indoors]. Saint Petersburg, Eco-Yuros, 1964, 315 p.
10. Gall H. et al. Erfabrungen bei der Bewirtschaftung des Planzkartoffellagerhauses Kropelln. *Feldwirtschaft*, 1979, no. 7, pp. 322-325.
11. Zhadan V.Z. Vлагообмен v plodoovoshchekhranilishchakh [Moisture exchange in fruit and vegetable storages]. Moscow, Agropromizdat, 1985, 168 p.

12. Kalashnikov M.P. Rezhimy raboty sistem konditsionirovaniya mikroklimate plodoo-
voshchekhranilishch v usloviyakh rezkokontinental'nogo klimata [Operation modes of microcli-
mate conditioning systems in agricultural products storehouses under sharply continental climate
conditions]. *Vestnik VSGUTU*, 2016, no. 2 (59), pp. 25-29.

13. Kalashnikov M.P., Vanchikov A.V. Osobennosti formirovaniya parametrov mikroklimate
pri rabote sistem vozdukhoraspredeleniya v zagruzhennykh pomeshcheniyakh [Features of forma-
tion of parameters of microclimate under the operation of the air distribution in the loaded areas].
Materials of XIII International scientific conference, 15-17 April 2015. Volgograd, VolgASU,
2015, pp. 174-180.

14. Kalashnikov M.P. Obespecheniye parametrov mikroklimate dlya khraneniya kartofelya i
ovoshchey v usloviyakh klimata Vostochnoy Sibiri [Provision of microclimate parameters for the
storage of potatoes and vegetables in East Siberia]. Ulan-Ude, 1999, 252 p.

15. Kuvshinov Yu.Ya. Energoberezheniye v sistemakh obespecheniya mikroklimate zdaniy
[Energy saving in climate systems of buildings]. Moscow, MGSU, ASV, 2010, 320 p.

16. Kuprin D.A. Sovershenstvovaniye kholodil'nogo khraneniya kartofelya i ovoshchey [Im-
proving the refrigerated storage of potatoes and vegetables]. Ph.D. thesis. Leningrad, 1982, 216 p.

17. Murashov V.S. Issledovaniye protsessov teplo- i vlagoobmena v shtabelyakh s fruktami
pri razlichnykh sistemakh okhlazhdeniya [Investigation of heat and moisture exchange processes
in fruits stacks under various cooling systems]. Ph.D. thesis. Odessa, 1975, 198 p.

18. Samarina O.D. Voprosy ekonomiki v obespechenii mikroklimate zdaniy [The economic
issues for ensuring the microclimate of building]. Moscow, MGSU, ASV, 2011, 127 p.

19. Vishnevsky E.P., Malkov G.V. EC – dvigateli: chto, gde i zachem [EC - engines: what,
where and why]. *AVOK Journal*, 2011, no. 3, pp. 14–18.

20. EC – ventilyatory dlya ovoshchekhranilishch i gribnykh kamer [EC - fans for vegetable stor-
ages and mushroom chambers]. *Lumbing, heating, air conditioning (s.o.k.)*, 2011, no. 1, pp. 28–32.