

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИХРЕВЫХ ТРУБОК ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА В ОВОЩЕХРАНИЛИЩАХ

*Федюшко Юрий Михайлович,
д. т. н., профессор
Федюшко Александр Юрьевич,
к.т.н., инженер
Company Epam Systems, г. Харьков*

THE USE OF VORTEX TUBES TO STABILIZE THE MICROCLIMATE PARAMETERS IN VEGETABLE STORAGE

*Y. M. Fedyushko, DTS, Prof.,
A. Y. Fedyushko, Ph.D.,
Company Epam Systems, Kharkov*

Аннотация. Статья посвящена актуальной проблеме поиска новых современных методов исследования динамики формирования температурно-влажностного состояния овощей в хранилищах. В статье приведены результаты исследований и предложена технологическая схема холодильной установки овощехранилища на основе вихревых труб.

Annotation. The article is devoted to the urgent problem of finding new modern methods for studying the dynamics of the formation of the temperature and humidity state of vegetables in storage. The article presents the results of research and offers a technological scheme of a vegetable storage refrigeration unit based on vortex pipes.

Ключевые слова: микроклимат, овощехранилище, вентиляция, вихревые трубы, энергосбережение.

Key words: microclimate, vegetable storage, ventilation, vortex pipes, energy saving.

Введение./Introductions. Создание, поддержание и управление параметрами микроклимата в сельскохозяйственных помещениях является специфической и недостаточно изученной сферой. Необходимость учета особенностей формирования допустимых параметров микроклимата, а также минимизации потерь влаги и максимальной интенсивности влагоотдачи в процессе хранения овощей является актуальным вопросом.

Целью работы является исследование динамики формирования микроклимата в овощехранилищах и разработка энергоэффективной системы вентиляции.

Решение поставленных теплофизических задач возможно только на основе использования теплофизического метода расчета, который позволяет объединить количественные и качественные факторы формирования энергосберегающих параметров воздушной среды в помещениях фрукто и овощехранилищ в конкретных климатических условиях, для повышения экономической эффективности хранения продукции сельскохозяйственного производства [1,8].

Современные тенденции по применению искусственного холода для поддержания температурно-влажностных параметров в овощехранилищах в целом и в климатических условиях государства имеют не достаточное теоретическое обоснование. Это особенно относится к наиболее напряженному, с позиции расхода холода, периоду охлаждения продукции.

Как критерий климатического районирования страны, в котором возможно обеспечение температурного режима охлаждения продукции с использованием только естественного холода, предложено и обосновано в [2], принятие температуры наружного воздуха в начальный период охлаждения в ночное время час t_n^H (вместо общепринятой среднесуточной температуры):

$$t_n^H = 0,5(t_{н,в} + t_{ср}) - 0,25\Delta t_{ст}, \quad (1)$$

где $t_{н,в}$ - температура внешнего воздуха на начале вентилирования, °С;

$t_{ср}$ - средне суточная температура внешнего воздуха, °С;

$\Delta t_{ст}$ - амплитуда среднесуточного колебания температуры наружного воздуха для расчетного месяца.

Количественно значение расхода холода на охлаждение наружного воздуха для каждого вида продукции составляет, при расходе наружного воздуха L_n , м³/ч:

$$Q_{x1} = L_n \cdot c_B \cdot \rho_B \cdot \Delta t_{н,в}, \quad (2)$$

где L_n - расход наружного воздуха;

c – теплоемкость воздуха;

ρ – плотность воздуха;

$\Delta t_{н,в}$ - превышение температуры наружного воздуха, поступающего в ночные часы.

Когда параметры наружного воздуха соответствуют $t_{н} \sim -20^{\circ}\text{C}$, подаваемый в насыпь хранящейся продукции, наружный воздух, в период охлаждения всегда требует искусственного охлаждения. Естественного холода недостаточно не только в начальный, но и в конечный моменты циклов, рекомендуемые нормами сроки. Необходимое количество холода определяется по [3, 7].

В основной период циклических процессов. вынужденной и естественной конвекции. взаимосвязаны начальными условиями типа:

$$t_{к}(x) = t_{к,0} + bx, \quad (3)$$

где b – коэффициент неравномерности температурных полей по высоте насыпи, $^{\circ}\text{C}/\text{м}$.

Применение отрицательной температуры наружного воздуха может быть рекомендовано при вентилировании продукции в автономных хранилищах или буртах, а в некоторых случаях и в стационарных хранилищах. Задача состоит в определении максимального времени контакта воздуха с минусовой температурой и сырьем ($t_{к}$) при условии, что биохимические реакции в продукции не нарушаются. Полученное время контакта $t_{к}$ необходимо для расчета режимов работы систем активной вентиляции овощехранилищ.

Решение задачи сводится к аналитическому определению изменения температуры на поверхности продукции $t_{к,r} = R$ и сравнении ее с криоскопической температурой t_3 (температура замерзания) для овощей.

Конечной задачей хранения продукции является максимальное сохранение влаги в сырье. В то же время, специфические особенности формирования параметров микроклимата в овощехранилищах позволяют холодильным установкам с применением вихревых труб, не только конкурировать с компрессионными, но и иметь по сравнению с ними явные технологические и экономические преимущества. Кроме того, трубы могут перейти на режим подогрева хранилищ в наиболее холодный период зимы [4,6].

Вихревые трубки - дешевое и эффективное решение задачи по локальному охлаждению в условиях производства. Используя сжатый воздух в качестве источника энергии, вихревые трубки генерируют два потока воздуха, горячий и холодный.

В своей работе вихревая трубка сжатого воздуха использует вихревой эффект разделения газа или жидкости при закручивании в цилиндрической или конической камере на две фракции. На периферии образуется закрученный поток с большей температурой, а в центре - закрученный охлажденный поток, причем вращение в центре происходит в обратную сторону, чем на периферии. В работе вихревая трубка использует сжатый воздух давлением 5,5 – 6,9 Бар. Попадая в цилиндрическую камеру поток сжатого воздуха раскручивается вдоль стенок камеры, при этом воздушный поток разделяется на 2 фракции. Фракция теплого воздуха покидает камеру вихревой трубки с одной стороны, фракция холодного - с другой. Температура, расход воздуха и охлаждающая мощность могут быть отрегулированы в широком диапазоне с помощью регулировочного клапана.

В большинстве случаев при 80% выходе холодной фракции вихревая трубка обеспечивает наилучшее соотношение мощности холодного потока и его температуры, или другими словами обеспечивает наилучшее охлаждение.

Для регулирования температуры вихревой трубки достаточно поместить термометр в воздушный поток вблизи выходного отверстия вихревой трубки, и с помощью регулировочного клапана установить мощность потока с требуемой температурой. Наибольшая мощность охлаждения (выход холодной фракции 80%) достигается, когда температура выходного потока на 28°C ниже температуры сжатого воздуха.

Технологическая схема установки для создания холодного воздуха в весенний и летний периоды, и теплого воздуха зимой, на основе применения вихревых трубок, приведены на рис. 1.

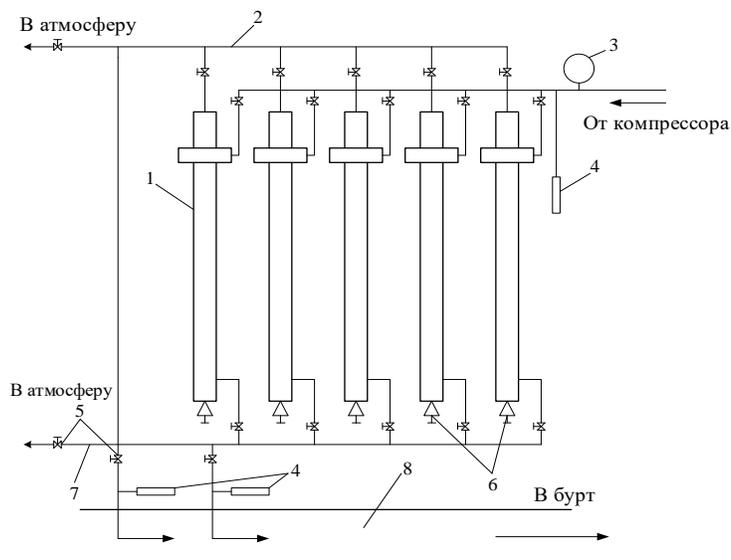


Рисунок 1 – Технологическая схема установки для создания холодного воздуха на основе применения вихревых трубок: 1 - вихревые трубы; 2 - магистраль холодного воздуха; 3 - манометр; 4 – термометр; 5 - запорная арматура; 6 – дроссель; 7 - магистраль горячего воздуха; 8 - приточный воздуховод.

Вихревые трубы (1) снабжаются сжатым воздухом компрессором из магистрального воздуховода. Холодный поток воздуха поступает в магистраль холодного воздуха (2), а горячий - в магистраль горячего воздуха (7). Регулирование относительного расхода воздуха каждой вихревой трубой осуществляется дросселями (6). Для контроля температуры сжатого, холодного и горячего воздуха предназначены термометры (4), а давления — манометр (3). После вихревой трубы воздух поступает в приточный воздуховод (8), имеющий свою систему регулирования и контроля параметров воздуха.

Установка режимов работы индивидуальных вихревых труб, а также блока вихревых труб по периодам года осуществляется запорной арматурой (5). В осенний и весенний периоды года горячий поток воздуха удаляется в атмосферу, а холодный направляется в приточный воздуховод системы вентиляции. В холодный период года горячий поток воздуха поступает в приточный воздуховод, а холодный - в атмосферу.

При эксплуатации вихревых труб, установленных в блоке, следует учитывать ряд практических рекомендаций. Все вихревые трубы блока должны иметь одинаковые геометрические размеры и одинаковые характеристики. Необходимость постоянных значений относительного массового расхода холодного потока для всего периода работы, в режимах охлаждения или нагрева, обусловлена наложением различных аэродинамических характеристик, одинаковых параллельно установленных вихревых труб, что влечет за собой отклонения от расчетных режимов работы труб, уменьшению их производительности.

Выводы. Экономичность вихревых холодильников снижается с увеличением их производительности и годовой продолжительности работы. Это объясняется большими энергетическими затратами при производстве сжатого воздуха, который является рабочим телом вихревой трубы.

Динамика полей относительной влажности в насыпах продукции имеет саморегулирующийся характер, который определяется ее теплофизическими свойствами, что не зависит от формирования температурных полей в циклах вынужденной и естественной конвекции. Возможность разделения процессов контроля тепла и влаги при охлаждении продукции позволяет упростить общие аналитические решения по нахождению закономерностей формирования температурных полей.

Малый диапазон допустимых температур хранения позволяет пренебречь изменениями теплофизических свойств воздуха и продуктов от температуры. Погрешность от применения значений удельных биологических тепловыделений q_v за цикл вынужденной конвекции не превышает $\pm 4\%$.

Список литературы

1. Бодров В. И. Хранение картофеля и овощей: Инженерные методы создания и поддержания технологического микроклимата / В. И. Бодров. – Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1985. – 220 с.
2. Жадан В. З. Критерии климатического районирования страны в целях использования естественного холода в картофеле- и овощехранилищах / В. З. Жадан, Н. Н. Рослов, Л. В. Мартынова, С. И. Кулаков. – М.: Холодильная техника, 1986, - №6. – С. 10 - 13.
3. Жадан В. З. Теоретические основы кондиционирования воздуха при хранении сочного растительного сырья / В. З. Жадан – М.: Пищевая промышленность, 1972. – 238 с.

4. Дыскин Л.М. Вихревые термостаты и воздухоохладители / Л. М. Дыскин. – Н. Новгород: ННГУ, 1991. – 211с.
5. Егiazаров А. Г. Отопление и вентиляция сельскохозяйственных зданий / А. Г. Егiazаров, О. Я. Кокорин, Ю. М. Прыгунов. – К.: Будівельник, 1986. – 223 с.
6. Кокорин О. Я. Отечественное оборудование для создания систем отопления и кондиционирования воздуха / О. Я. Кокорин. – М.: МГСУ, 2005. – 99 с.
7. Федюшко А.Ю. Анализ технологии хранения фруктоплодов // Проблемы энергообеспечения и энергосбережения в АПК / А. Ю. Федюшко. – Х.: ХНТУСХ, 2017. - Вып. 175. - С. 160 – 162.
8. Федюшко А.Ю. Опыт длительного хранения яблок, обработанных перед хранением электромагнитным излучением // Энергетика и компьютерно-интегрированные технологии в АПК. / А.Ю. Федюшко. – Х.: ХНТУСХ, 2017. - № 1(6), - с. 67 –73.