

Кроме семян указанных культур возможно выделение зародыша молотого зерна в гомогенную фракцию, что позволит получить широкий спектр новых диетических и специальных продуктов с высоким экономическим эффектом и пищевой ценностью. Одновременное получение чистого эндосперма повышает сортность и классность муки, ее усвояемость и срок хранения.

Электросепарация травяной резки и муки подтвердила, что это эффективный прием получения концентрированных кормов, которые по содержанию сырого протеина превосходят зерно злаковых культур. Во фракции, обогащенной протеином, в 1,5 раза меньше клетчатки, что позволяет использовать ее в рационах нежвачных животных и птицы. Использование электросепарирующего устройства в переработке сельскохозяйственной продукции на стадии очистки и получения гомогенных фракций позволяет значительно упрощать технологические линии, экономить электроэнергию, получать новые диетические продукты и товары международной классификации, сократить закупки посевного материала.

## Литература

1. Городецкая, Е.А.Городецкая, Е.В.Спиридович Электросепарация соевой шелухи/ УШ Международная конференция «Zywniecie czlowieka. Polgastro» - 13-14 февраля 2003. – Быдгощ, Республика Польша, - С.27-28.

2. K. Sadkiewicz, J. Sadkiewicz Urzadzenia pomiarowo-badawcze dla przetworstwa zbozowomaczno. – 1998, Bydgoszcz.-151 с.

УДК (631.2:628.8):621.57

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В СИСТЕМАХ ВОЗДУШНОГО ОТОПЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Литовский А.М., Буляк О.Н., Зуйкевич Д.А.

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»  
г. Минск, Республика Беларусь*

Проанализированы способы воздушного отопления сельскохозяйственных объектов различного назначения. Рассмотрены возможности использования в качестве источника низкопотенциального тепла атмосферного воздуха. Описаны устройство и работа экспериментальной системы теплоснабжения системы воздушного отопления на базе теплового насоса.

## Введение

Люди, находящиеся в жилых, общественных и промышленных зданиях, а так же технологические процессы, осуществляемые в производственных цехах, требуют поддержания в помещениях необходимых микроклиматических условий. Требуемые условия создаются с помощью системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Организм человека имеет систему терморегуляции и приспособляется к некоторым изменениям климатических условий. Однако эта способность организма ограничена, и поэтому метеорологические параметры в помещении должны достаточно устойчиво поддерживаться системами кондиционирования микроклимата на заданном уровне [1].

## Основная часть

Параметры микроклимата нормируют в рабочей зоне производственных помещений или в обслуживаемой зоне помещений жилых, общественных, административно-бытовых и вспомогательных зданий. Рабочей или обслуживаемой зоной является пространство высотой 2 м от уровня пола и площадок, на которых находятся люди или имеются рабочие места.

Параметры микроклимата устанавливаются в зависимости от назначения помещений. Производственные помещения разделяют на категории А и Б – взрывопожароопасные помещения, В – помещения с пожароопасным производством, к помещениям категории Г и Д относят теплицы, термические, животноводческие и птицеводческие помещения, машинные аппаратные. Для помещений категорий А, Б и В рекомендуется предусматривать воздушное отопление [2].

В общем случае системы воздушного отопления подразделяют по виду первичного теплоносителя, согревающего воздух, по способу подачи воздуха, по характеру перемещения нагретого воздуха, по качеству подаваемого воздуха [1]. Что касается теплоносителей системы отопления, то они должны обладать возможно большей способностью аккумулировать тепло, а также подвижностью, при которой расход энергии на перемещение теплоносителя по трубам был бы незначительным. Они не долж-

ны ухудшать санитарных условий отапливаемых помещений (выделять газы, загрязнять воздух помещения) и должны быть достаточно дешевыми. В этом отношении воздух имеет как положительные, так и отрицательные стороны. Так, в связи с тем, что воздух имея малую плотность и низкую удельную теплоемкость, для передачи небольшого количества тепла требуется перемещать значительные объемы воздуха, скорости движения воздуха ограничиваются 10-20 м/с, поэтому воздуховоды имеют большие сечения и занимают большие объемы. Однако температура и энтальпия воздуха могут изменяться в широких пределах, что позволяет поддерживать в помещениях равномерный тепловой режим в течении всего отопительного периода. Обогрев помещений нагретым воздухом также выгоден когда допустимо полное или частичное возвращение его для повторного использования без устройства распределительных воздуховодов, т.е. в системах местного отопления.

Для местных систем характерно отсутствие воздуховодов для распределения воздуха. Воздух подается в помещение сосредоточенными компактными струями. Они используются для отопления одного помещения.

Выбор источника и схемы теплоснабжения в сельском хозяйстве определяется значительной территориальной разобщенностью коммунально-бытовых и производственных объектов, большая неравномерность в тепловом потреблении, и кроме этого дефицит топливно-энергетических ресурсов требуют серьезного подхода к технико-экономическому обоснования [2].

В схемах местных систем воздушного отопления сельскохозяйственных объектов предусматривают тепловой центр и каналы вытяжной вентиляции. Для подогрева воздуха используют паровые водяные, электрические и огневые калориферы. В качестве последних устанавливают теплогенераторы. Теплоноситель (горячая вода или пар) подводится и отводится по трубам.

В данной работе в качестве теплового центра рассматривается использование теплового насоса "воздух-воздух" в системе воздушного отопления производственных помещений.

Тепловой насос представляет собой холодильную машину, предназначенную для использования тепла, отводимого в конденсаторе. Целью применения холодильной машины в данном случае является использование энергии, получаемой от источника тепла низкого потенциала. Основными источниками тепла являются наружный воздух, артезианские скважины, водоемы и грунт. Выбор источника тепла зависит от многих факторов: доступности, схемы работы насоса, общей стоимости различных систем т.д. В качестве источника тепла наиболее широко применяются наружный воздух вследствие его обилия и доступности. Основным недостатком воздуха является его низкая удельная теплоемкость, а так же температура, изменяющаяся в отопительный период в значительных пределах, когда он должен служить источником тепла и в результате оказывает основное влияние на характеристику теплового насоса "воздух-воздух".

Зависимость теплопроизводительности (количество тепла отведенного в конденсаторе) теплового насоса, использующего воздух в качестве источника тепла, при постоянной температуре конденсации, представлена на рисунке 1. Разность между тепловым нагрузками, определяемыми двумя кривыми представляет собой энергию, потребляемую компрессором.

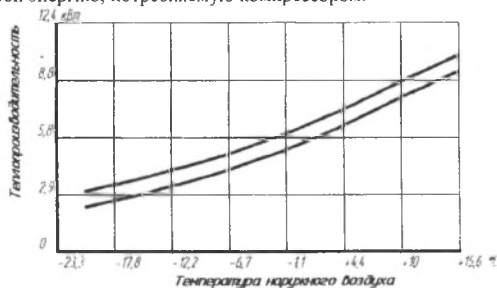


Рисунок 1 — Теплопроизводительность теплового насоса, использующего воздух в качестве источника тепла

Величина мощности, потребляемой компрессором при принятом диапазоне температур наружного воздуха представлена на рисунке 2. Из графика видно, что при снижении температуры снижается потребляемая мощность, однако затраты на отопление при этом не станут меньшими поскольку снижается теплопроизводительность и тепловой насос работает более продолжительное время.

По данным рисунков 1 и 2 можно построить кривую коэффициента преобразования, который представляет собой отношение теплопроизводительности к подводимой электрической мощности рисунок 3 [3]:

$$\phi = \frac{Q_{II}}{Q_*} \quad (1)$$

где  $Q_{II}$  – теплота, полученная потребителем от конденсатора теплового насоса;  $Q_*$  – мощность в тепловом эквиваленте, затраченная на привод компрессора.

Величина коэффициента преобразования зависит от: разности требуемой температуры для потребителя и температуры низкопотенциального источника тепла. Реально достигаемые на практике разности температур – от 70 до 30°C, при этом коэффициент преобразования изменяется от 2,0 до 5,0 соответственно; термодинамических свойств рабочего вещества и особенностей термодинамического цикла. Так, при использовании в качестве хладагента R-407C температура теплоносителя может достигать 55°C, а при использовании R-134a – 63°C; технического совершенства конструкции ТН.

Таким образом, применяя тепловой насос, мы получаем определенное количество тела, стоимость которого ниже такого же количества тепла получаемого при сжигании топлива.

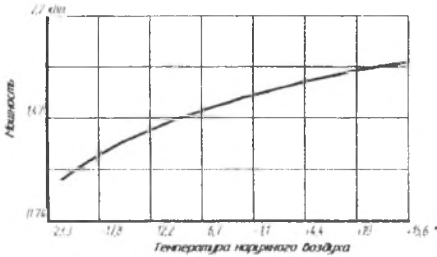


Рисунок 2 — Мощность, потребляемая компрессором в зависимости от температуры наружного воздуха

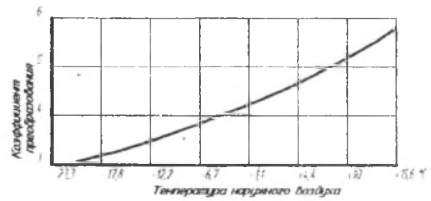


Рисунок 3 — Коэффициент преобразования

Сотрудниками РУП "НИЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства" в 2009 г. проводились работы по созданию системы теплоснабжения производственных помещений на базе теплового насоса "воздух-воздух". Тепловой насос служит источником тепла в системе теплоснабжения для помещений пунктов технического обслуживания (ПТО) опытно-экспериментального мехдвора в РСДУП "Экспериментальная база "Заерье" РУП "НИЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства". Система теплоснабжения предназначена для отопления трех ПТО рисунок 4.

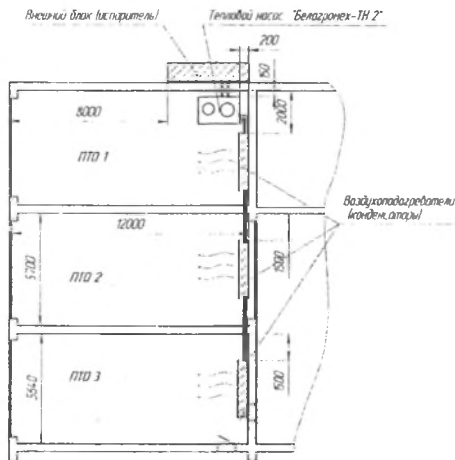


Рисунок 4 — Схема размещения оборудования теплового насоса

Разработанная система отопления – воздушная, рециркуляционная. В качестве нагревательных приборов применяются воздушные конденсаторы, в качестве теплообменника, использующего низкопотенциальное тепло атмосферного воздуха, применяется воздухоохладитель. Расчетная продолжительность отопительного периода составляет 197 суток. Общая площадь отапливаемых помещений 216 м<sup>2</sup>.



Рисунок 4 — Тепловой насос



Рисунок 5 — Воздухонагреватель

Система теплоснабжения включает следующее основное оборудование: тепловой насос на базе отечественного герметичного поршневого компрессором ХГВ-28, корпус с тепло- и шумоизоляцией; лицевую панель с вмонтированным в нее шкафом управления; ресивер холодильного агента, трубопроводы хладонового контура, запорную арматуру, устройства контроля температуры и подогрева картера компрессора рисунок 5; комплект измерительной аппаратуры (датчики температуры и давления); теплообменный узел низкопотенциального источника тепла, в т.ч. воздухоохладитель с электродвигателями вентиляторов; система оттайки и дренажа талой воды с подогревом; наружный кожух; опорная конструкция; воздухонагреватели -3 шт., по одному в каждом из трех помещений ПТО рисунок 6.

Работа теплового насоса происходит по следующему циклу: компрессор теплового насоса всасывает из воздухоохладителя (испарителя) перегретые пары хладагента и производит их сжатие, сопровождающееся повышением температуры. Далее хладагент поступает в конденсаторы воздушного охлаждения где происходит охлаждение перегретых паров и их конденсация за счет отдачи тепла воздуху. Нагретый в результате теплообмена воздух отапливает помещение ПТО.

После конденсации и очистки жидкий хладагент проходит через терморегулирующий электронный вентиль, дросселируется, частично испаряется и поступает в воздухоохладитель, который находится вне отапливаемого помещения. В нем осуществляется кипение холодильного агента за счет тепла атмосферного воздуха. Для улучшения теплообмена оребренная поверхность воздухоохладителя и конденсаторов принудительно обдувается воздухом, нагнетаемым вентилятором.

Практическая реализация данной системы воздушного отопления позволила добиться необходимого температурного режима в помещениях ПТО. При этом, расположение элементов системы воздушного подогрева не препятствует выполнению технологических процессов, по назначению помещений ПТО; в системе воздушного подогрева не применяются конструкционные и иные материалы, представляющие опасность для жизни и здоровья персонала, как при нормальной эксплуатации оборудования, так и в случае аварии; эстетические и эргономические свойства экспериментального образца теплонасосной установки соответствуют современным требованиям.

### Заключение

1. Применение теплового насоса типа "воздух-воздух" позволяет обеспечивать необходимые условия микроклимата в производственных помещениях сельскохозяйственных объектов. При этом достигается снижение затрат электроэнергии на процесс отопления в 1,5-3 раза.

2. При тарификации электроэнергии затрачиваемой тепловым насосом на отопление как на технологические нужды позволит снизить затраты денежных средств в два раза.

3. Тепловые насосы, использующие в качестве источника энергии воздух, воду или грунт, считаются одним из наиболее энергоэффективных и экономичных решений, позволяющих значительно сократить потребление ископаемого топлива и эмиссию вредных веществ в атмосферу, в т.ч. CO<sub>2</sub>. По расчетам Международного энергетического агентства (ИЕА) внедрение тепловых насосов вместо традиционных систем могло бы способствовать сокращению выбросов CO<sub>2</sub> к 2050г. на 770 метрических мегатонн [4].

4. Рынок тепловых насосов является весьма перспективным, что вызвано несколькими факторами: ужесточением требований по энергоэффективности оборудования и зданий, флуктуациями цен на нефть, перебоями с поставками природного газа [4].

### Литература

1. Отопление и вентиляция : Учебник для вузов/ В.Н. Богословский, В.П. Щеглов, Н.Н. Разумов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1980. – 295 с.
2. Справочник по теплоснабжению сельского хозяйства / Л.С. Герасимович, А.Г. Цубанов, Б.Х. Драганов, А.Л. Сняжков и др. – Мн.: Ураджай, 1993. – 368с.
3. Холодильная техника и кондиционирование воздуха / В.Ф. Стокер ГНТИ Машиностроительной литературы. – М-1962
4. Обзор мирового рынка тепловых насосов типа "воздух-вода". Холодильный бизнес №2. ООО "Издательский дом" "Холодильное дело" М.: -2010 С46-48.

УДК 621.311.1

### ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ АГРОГОРОДКОВ

Герасимович Л.С., академик НАН, Шестерень В.Е. к.пед.н., Сапун О.Л. к.т.н., Шульга В.А. к.т.н.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск  
«Могилевская областная сельскохозяйственная опытная станция НАН Беларуси», г. Могилев  
Республика Беларусь

В республике завершается первый этап создания на селе новых производственно – хозяйственных структур - агрогородков. Появившиеся объекты имеют целый спектр специфических производственных и энергетических аспектов. Анализ более 3,5 тыс. энергоэкономических показателей по 202 агрогородкам Могилевской области позволил выявить характерные особенности этих объектов.

Агрогородки одновременно потребляют несколько энергоресурсов: жидкое топливо, электроэнергию, газ (природный и сжиженный), местные виды топлива. Проведена группировка агрогородков по наиболее характерным признакам (степени обустроенности, системе газоснабжения: природный или сжиженный газ, количеству жителей, площади пашни, объемам потребляемой электроэнергии (рисунк 1).

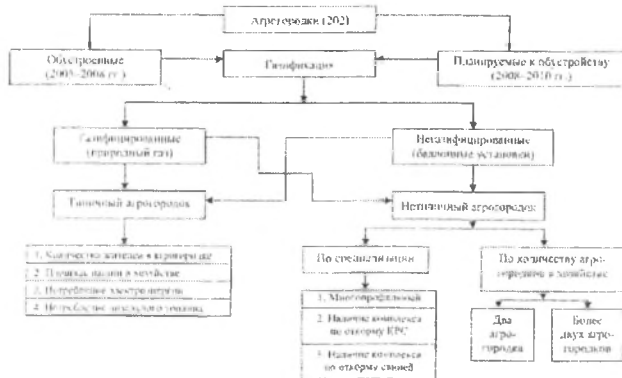


Рисунок 1 — Структурная схема группировки агрогородков хозяйств Могилевской области