

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Некоммерческое акционерное общество
«Алматинский университет энергетики и связи имени
Гумарбека Даукеева»**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский государственный энергетический университет»**

**ЭНЕРГЕТИКА, ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ И ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ**

**Международная научно-техническая конференция
(Алматы, Казань, 20-21 октября 2022 г.)**

Электронный сборник научных статей по материалам конференции

В трех томах

Том 1

Алматы, Казань

2023

УДК 620+004+378
ББК 31.1+32.81+74.48
М43

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии»
Национального исследовательского университета «МЭИ» К.В. Суслов

д-р экон. наук, зав. сектором «Экономика энергетики» Института энергетики Национальной
академии наук Беларуси Зорина Т.Г.

Редакционная коллегия:

Э.Ю. Абдуллазянов, С.С. Сагинтаева, И.Г. Ахметова, А.А. Саухимов, Ю.С. Валеева,
Р.С. Зарипова, Ж.Б. Суйменбаева

М43 Международная научно-техническая конференция «Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование»: электронный сборник научных статей по материалам конференции: [в 3 томах] / ред.кол. Э.Ю. Абдуллазянов, С.С. Сагинтаева, И.Г. Ахметова, А.А. Саухимов, Ю.С. Валеева, Р.С. Зарипова, Ж.Б. Суйменбаева. – Казань: КГЭУ, 2023. – Т. 1. – 621 с.

ISBN 978-5-89873-615-6 (т. 1)
ISBN 978-5-89873-618-7

В электронном сборнике представлены научные статьи по материалам Международной научно-технической конференции «Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование» по следующим научным направлениям:

1. Теплоэнергетика и теплотехнологии;
2. Электроэнергетика;
3. Радиотехника, электроника и телекоммуникации;
4. Энергообеспечение сельского хозяйства;
5. Промышленная и экологическая безопасность;
6. Математическое моделирование и системы управления;
7. Информационные технологии и кибербезопасность;
8. Космическая инженерия и робототехника;
9. Социально-политическое и культурное развитие Евразии;
10. Экономика знаний как фактор инновационного развития высшего образования.

Предназначены для научных работников, аспирантов и специалистов, работающих в области энергетики, а также для обучающихся образовательных учреждений энергетического профиля.

Статьи публикуются в авторской редакции. Ответственность за содержание статей возлагается на авторов.

УДК 620+004+378
ББК 31.1+32.81+74.48

ISBN 978-5-89873-615-6 (т. 1)
ISBN 978-5-89873-618-7

© КГЭУ, 2023

МВт в год; ветроагрегатов – 250-300 кВт в год; фотоэлектрических преобразователей – до 2-3 МВт в год; биогазовых установок производительностью 70÷100 млн. м³ .

3. Ведутся научно - исследовательские работы, рядом предприятий освоено оборудование, работающее на ВИЭ. Имеется опыт строительства, монтажа и эксплуатации этого оборудования. Следует отметить, что ряд ВУЗов республики приступили к подготовке инженерных кадров для данного направления. Ведутся работы неправительственными организациями в деле популяризации и повышения знаний населения о перспективности этих технологий.

Литература:

1. Проведение исследования по выявлению потребностей отечественной экономики в энергетических ресурсах с учётом её роста. Отчёт КНТЦ «Энергия». – Бишкек, 2015.
2. Национальная энергетическая программа Кыргызской Республики на 2008-2010 годы и стратегия развития топливно-энергетического комплекса до 2025 года. – Бишкек, 2009.
3. Проект Концепции развития топливно-энергетического комплекса КР до 2040 года. – Бишкек, 2019.
4. Провести исследования и разработать научно-обоснованные предложения по эффективному и устойчивому развитию топливно-энергетического комплекса на основе использования новых технологий и внедрения новейших научных разработок. Отчёт о НИР НИИЭЭ при ГКПЭН КР. – Бишкек, 2017.

МРНТИ 44.31.41,
УДК 621.577

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТЕПЛА КАРТОФЕЛЯ

Ильин В.К., Хайбуллина А.И., Власова М.А.

Казанский государственный энергетический университет
e-mail: ilyinvk@mail.ru, haybullina.87@mail.ru, vlasovarita1999@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрена перспектива применения воздуха с картофелехранилища в качестве низкопотенциальной теплоты, которая может быть использована тепловым насосом. Была рассмотрена и рассчитана теплонасосная установка в которой для улучшения энергетических показателей были установлены два дополнительных теплообменника. Энергетическая эффективность теплового насоса оценивалась с помощью p, h -диаграммы, использовались коэффициенты преобразования теплоты COP и электроэнергии η .

Ключевые слова: тепловой насос, энергосбережение, горячее водоснабжение, низкопотенциальная теплота, теплообменник, теплота картофеля.

Применяются общенаучные методы исследования

Введение

В сельскохозяйственном производстве выделяется большое количество низко потенциального тепла, которое сегодня практически не используется. Например, в процессе дыхания клубней картофеля образуются углекислота, вода и теплота. Г. Л. Басин, обобщив данные ряда исследований, предложил нормы выделения тепла. Согласно этим нормам, 1 т клубней выделяет явного тепла осенью в среднем 12—14 ккал/ч, зимой — 6—7, весной — 7—9 ккал/ч [1]. Движение воздуха в межклубневых пространствах со скоростью 0,12—0,5 м/с способствует интенсификации биохимических процессов в тканях клубней,

повышающих лежкость картофеля. Такая скорость обеспечивается подачей воздуха при высоте насыпи 3 м в пределах 75—300 м³/ч на 1 т картофеля, при высоте 3,5 м.

Представленные выше результаты исследований позволяют предположить, что данная низко потенциальная энергия могла бы быть использована тепловым насосом для получения горячей воды.

Основная часть

Для применения воздуха с картофелехранилища в качестве низко потенциальной теплоты, в состав периферийного оборудования тепло насосных установок (ТНУ) необходимо включать воздушно-жидкостные теплообменники. Теплый воздух подаётся в теплообменник испарителя ТНУ, отдаёт теплоту и, охлаждённый, возвращается в окружающую среду. Для эффективной работы ТНУ перепад температур между подающей линией и отдающей должен быть оптимально 10–15 °С, при максимально допустимом 45–50 °С, а для условий средней полосы России он составляет 53–71 °С и более [2]. В таких случаях коэффициент использования первичной энергии будет незначительным. Следовательно, применение «воздушных» ТНУ в условиях средней полосы России вызывает ряд вопросов. Однако их конкурентоспособность растёт с повышением технических параметров установок и возможностью использования низко потенциального тепла выделяющегося в процессе производства.

Есть еще одна причина снижения эффективности ТНУ это если на вход дросселя поступает парожидкостная смесь эффективность его работы снижается. Поэтому жидкость после конденсатора необходимо дополнительно охладить так чтобы точка 3 находилась не на линии насыщения, а левее ее (рис. 1). Это также улучшает работу теплового насоса, так как снижает долю пара, поступающего в испаритель, что приводит к меньшему расходу фреона в цикле.

Следующим условием повышения эффективности ТНУ является условие перегрева фреона после испарителя (рис. 1). В испарителе это сделать невозможно, так как температуру холодного теплоносителя изменить нельзя, поэтому для перегрева необходимо понижать температуру испарителя, а значит, увеличивать степень повышения давления в компрессоре, последнее ведет к снижению эффективности ТНУ.

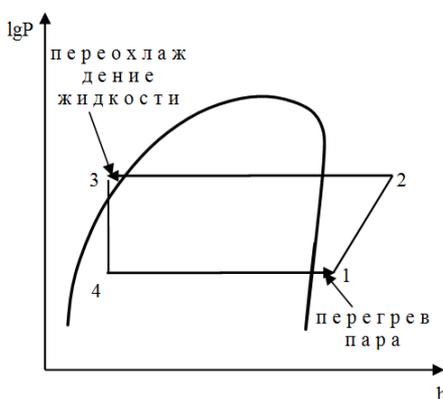


Рисунок 1 – Цикл парокомпрессионного теплового насоса с промежуточными теплообменниками

Переохлаждение жидкости и перегрев пара возможно осуществить в дополнительном промежуточном теплообменнике, где горячий фреон после конденсатора нагревает холодный фреон после испарения (рис. 2). Для повышения стабильности теплообмена в теплообменнике используется холодная вода подлежащая нагреву и воздух картофелехранилища. Так как горячий теплоноситель вырабатывается для горячего водоснабжения, то есть поступает на вход много холодней, чем выходит из теплового насоса, переохлаждение жидкости возможно в дополнительном теплообменнике-переохладителе, который установим после конденсатора.

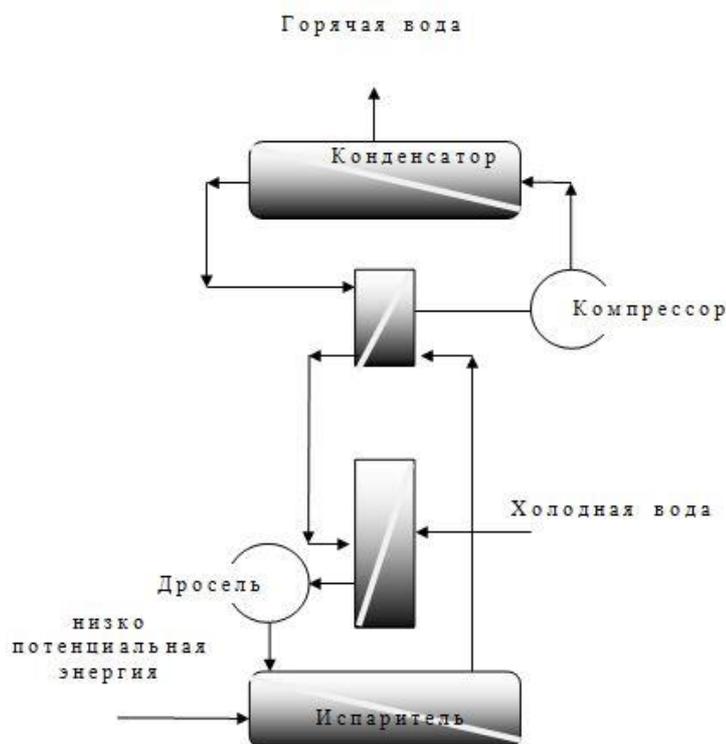


Рисунок 2 - Схема парокомпрессионного теплового насоса с промежуточными теплообменниками

Была рассмотрена и рассчитана ТНУ в которой для улучшения её энергетических параметров введено два дополнительных теплообменника, которые позволяют достигнуть желаемого результата.

Для оценки эффективности теплового насоса используются коэффициенты преобразования теплоты COP и электроэнергии η_e и удельные затраты электроэнергии Э и первичной энергии ПЭ на единицу полученной теплоты.

Коэффициент преобразования теплоты COP – это отношение теплоты, переданной горячему теплоносителю к работе, затраченной на сжатие:

$$\text{COP} = \frac{q}{A} \quad (1)$$

Энергетическую эффективность теплового насоса удобно оценивать с помощью p, h-диаграммы. На этой диаграмме значения $q_{\text{и}}$, q, A соответствуют размеру проекций соответствующих процессов на ось абсцисс (рис. 3). Поэтому коэффициент преобразования теплоты будет равен отношению разностей энтальпий $h_2 - h_3$ и $h_2 - h_1$.

Рассмотрим два случая с одинаковой температурой испарения, но разной температурой конденсации. Удельная тепловая нагрузка теплового насоса $q_{\text{тн}}$ – это теплота, переданная горячему теплоносителю: для схем без переохладителя $q_{\text{тн}} = q_{\text{к}}$; для схемы с переохладителем $q_{\text{тн}} = q_{\text{к}} + q_{\text{по}}$, где $q_{\text{к}}$, $q_{\text{по}}$ – удельная тепловая нагрузка в конденсаторе и переохладителе, кДж/кг или ккал/кг фреона.

Далее для нахождения точки 2 был определен адиабатный КПД компрессора:

$$\eta_{\text{к}} = \frac{h_{2a} - h_1}{h_2 - h_1} \quad (6)$$

Из которого, определена энтальпия h_2 :

$$h_2 = \frac{h_1 + (h_{2a} - h_1)}{\eta_{\text{к}}} \quad (7)$$

По значению h_2 и давлению $p_{\text{к}}$ определяется точка 2. По диаграмме определяется энтальпия h в точке 2а.

По значению энтальпии $h_3 = h_4$ и давлению $p_{\text{и}}$ определяется точка 4.

Были также определены удельные тепловые нагрузки в узлах теплового насоса: $q_{\text{и}} = h_1 - h_4$; $q_{\text{к}} = h_2 - h_3$; $\text{COP} = h_2 - h_1$.

Правильность расчета проверялась определением теплового баланса:

$$q_{\text{и}} + \text{COP} = q_{\text{к}} \quad (8)$$

Дополнительно определялись.

Коэффициент преобразования теплоты:

$$\mu = \frac{q_{\text{к}}}{\text{COP}} \quad (9)$$

Степень повышения давления в компрессоре:

$$\varepsilon = \frac{p_{\text{к}}}{p_{\text{и}}} \quad (10)$$

Результаты расчета приведены в таблице 1.

Таблица 1- Результаты термодинамического расчета ТНУ

Параметр	Размерность	Результат
Химическая формула фреона	-	CF ₃ CHClF
Температура окружающей среды	°C	-10
Температура фреона на входе в компрессор	°C	
Температура кипения фреона при атмосферном давлении	°C	-12
Давление фреона в испарителе $p_{\text{и}}$ (точка 1)	МПа	0,17
Давление фреона в испарителе $p_{\text{и}}$ (точка 1а)	МПа	0,17
Энтальпия h_1 (в точке 1)	кДж/кг	350,7
Энтальпия h_{1a} (в точке 1а)	кДж/кг	360,5
Энтальпия h_3 (в точке 3)	кДж/кг	300,6
Энтальпия h_{3a} (в точке 3а)	кДж/кг	275,1
Температура конденсации фреона $t_{\text{к}}$	°C	55

Давление конденсации p_k	МПа	1,5
Энтальпия h_2 (в точке 2)	кДж/кг	390
Энтальпия h_{2a} (в точке 2a)	кДж/кг	410
Адиабатический КПД	%	0,77
Удельная тепловая нагрузка конденсатора q_k	кДж/кг	144,9
Работа компрессора, А	кДж/кг	49,5
Удельная тепловая нагрузка испарителя q_n	кДж/кг	85,6
Удельная тепловая нагрузка переохладителя q_n	кДж/кг	9,8
Удельная тепловая нагрузка промежуточного теплообменника q_r	кДж/кг	25,5
Удельная тепловая нагрузка теплового насоса q_n	кДж/кг	195
Коэффициент преобразования теплоты COP без дополнительных теплообменников		2,9
Коэффициент преобразования теплоты COP с учетом дополнительных теплообменников		3,6

Выводы

Как следует из таблицы, использование низко потенциальной энергии выделяемого картофеля достаточно, для получения горячей воды на технические нужды, использование двух дополнительных теплообменников позволяет повысить коэффициент преобразования теплоты в тепло насосной установки в 1,2 раза. Это объясняется тем, что удельная тепловая нагрузка повышается за счет подвода дополнительной энергии и снижения потерь на трение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] К. А. Пшеченков, В. Н. Зейрук, С. Н. Еланский, С. В. Мальцев. Технология хранения картофеля. Научные труды МГУ. 2007. – С.192.
- [2] Бородин М. В. Современное техническое состояние ВЛ 35 КВ в филиале ПАО "МРСК центра"- "Орелэнерго" / М. В. Бородин, Р. П. Беликов // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2021. Т. 13. № 1(49). С. 128-140.
- [3] Трубаев П.А. Тепловые насосы: учеб. пособие / П.А. Трубаев, Б.М. Гришко. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. – С. 143.
- [4] Аширалиев А. Теплогенератор с компактной паровой камерой и эффективным теплообменником - путь к энергоэффективности / А. Аширалиев, К. А. Кокумбаева, З. К. Ташиев // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2021. Т. 13. № 1(49). С. 107-117.
- [5] Термодинамические диаграммы $i - \lg P$ для хладагентов. М.: АВИСАНКО, 2003. – С. 50.
- [6] Абдуллазянов Э.Ю., Грачева Е.И., Горлов А.Н., Шакурова З.М., Табачникова Т.В., Шумихина О.А, Гибудуллин Р.Р. Исследование качества функционирования электрических аппаратов низкого напряжения в составе электротехнических комплексов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 6. С. 3-15.
- [7] Соловьева О.В. Исследование влияния пористости волокнистого материала на значение энергетической эффективности / О. В. Соловьева, С. А. Соловьев, А. Р. Талипова

Научное издание

**ЭНЕРГЕТИКА, ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ И ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ**

Международная научно-техническая конференция
(Алматы, Казань, 20-21 октября 2022 г.)

Электронный сборник научных статей по материалам конференции

В трех томах

Том 1

Корректор Р.С. Зарипова
Компьютерная верстка Р.С. Зарипова

Центр публикационной активности КГЭУ
420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51

ISBN 978-5-89873-615-6



9 785898 736156 >