

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ
ТА ЕКОЕНЕРГЕТИКИ ІМ. В. С. МАРТИНОВСЬКОГО



ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

**ЗА МАТЕРІАЛАМИ
ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
ОНЛАЙН-КОНФЕРЕНЦІЇ**

МОЛОДИХ ВЧЕНИХ, АСПІРАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ

**«СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ
ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЇ»**

27-28 листопада 2020 року



Одеса - 2020

УДК 621.56/59(03)

ББК 31.3

К-14

**Збірник докладів підготовлений під редакцією
доктора технічних наук, професора Хмельнюка М.Г Науковий секретар - к.т.н.доц.
Жихарєва Н.В.**

За достовірність інформації відповідає автор публікації

Збірник наукових праць за матеріалами Всеукраїнської науковотехнічної онлайн-конференції молодих учених та студентів «**Сучасні проблеми холодильної техніки і технології**» 27-28 листопада 2020 року. – Одеса : ТЕС., 2020. – 175 с.

До збірника включені матеріали сучасних наукових досліджень студентів, магістрів та аспірантів різних університетів і академій України.

Розглянуто наступні напрямки досліджень: холодильні машини і установки; теплообмінні апарати і процеси тепло масообміну; робочі речовини холодильних машин; системи кондиціонування повітря; Компресори та пневмоагрегати; енергетичні та екологічні проблеми холодильної техніки;холодильна технології; кріогенна техніка; інформаційні технології в холодильній техніці

©Одеська національна академія харчових технологій,2020

© Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В. С. Мартиновського

НАУКОВИЙ КОМІТЕТ

Голова - Єгоров Б.В. - ректор Одеської національної академії харчових технологій, Заслужений діяч науки і техніки України, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, д-р техн. наук, професор

Поварова Н.М. – к.т.н., доцент, проректор з наукової роботи Одеської національної академії харчових технологій;

Косой Б.В. – д.т.н., професор, директор навчально-наукового Інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики Одеської національної академії харчових технологій;

Хмельнюк М.Г. - зав. кафедрою холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор;

Мілованов В.І. - зав. кафедрою компресорів та пневмоагрегатів ОНАХТ, заслужений діяч науки і техніки України, д-р техн. наук, професор;

Морозюк Л.І. - д-р техн. наук, професор;

Потапов В.О. - Харківський державний університет харчування і торгівлі, д.т.н., професор;

Радченко М.І. - зав. кафедрою кондиціонування і рефрижерації НУК, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор;

Симоненко Ю.М. - зав. кафедрою кріогенної техніки ОНАХТ, д-р техн. наук, професор

Організаційний комітет:

Голова – д.т.н., проф. Хмельнюк М.Г.;

Науковий секретар - к.т.н.доц. Жихарева Н.В.

Члени оргкомітету - к.т.н. доц. Зімін О.В., к.т.н.доц. Когут В.О., к.т.н. Яковлева О.Ю., к.т.н.доц. Желіба Ю.О., к.т.н. Трандафілов В.В., к.т.н. Остапенко О.В., к.т.н.доц. Подмазко О.С.

Тематичні напрями:

- холодильні машини і установки
- теплообмінні апарати і процеси тепломасообміну
- робочі речовини холодильних машин
- системи кондиціонування повітря
- компресори та пневмоагрегати
- енергетичні та екологічні проблеми холодильної техніки
- холодильна технологія
- кріогенна техніка
- інформаційні технології в холодильній техніці

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ КОНДЕНСАЦИИ ХОЛОДИЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЛЦ АВАНГАРД

Мазин М.М. магистрант ИХКЭ ОНАПТ, Сливинская М.В., аспирантка ОНАПТ, Козаченко И.С., Научно-инженерное объединение Холод, Желиба Т.А., ОНПУ

. Цели исследования:

- Разработка и анализ вариантных решений по утилизации теплоты конденсации холодильных систем на различных температурных уровнях;
- сравнение стоимости получаемой теплоты путем утилизации энергии перегретых паров хладагента пароконденсационного цикла холодильной системы с теплотой производимой другими способами.

2. Описание действующего режима работы холодильной системы.

Действующая холодильная система на базе винтового компрессора марки Bitzer CSH 9583-210Y-40P работает на поддержание температуры кипения R134a минус 2°C, температура конденсации поддерживается на 10 °C выше температуры наружного воздуха при помощи ступенчатого включения вентиляторов V-образного конденсатора с воздушным охлаждением.

3. Определение основных режимов работы для вариантного расчета системы утилизации теплоты форконденсации.

Утилизация теплоты осуществляется за счет отбора энергии от перегретых паров холодильного агента между компрессором и конденсатором. Для холодного периода года в связи со значительным понижением температуры окружающей среды утилизация теплоты приемлемого для потребителя потенциала требует поддержания повышенных температур конденсации, характерных для летнего периода, искусственным способом. Следует отметить, что существующие «уставки» автоматического поддержания температуры конденсации в холодный период года позволяют снизить энергопотребление компрессором. Принудительное искусственное повышение температуры конденсации повлечет за собой увеличение работы сжатия, а, как следствие, и потребление электроэнергии. Изменения режимов работы компрессора Bitzer CSH 9583-210Y-40P приведены в таблице 1.

Температурный уровень воды, что ожидается получить на выходе из форконденсатора и представляет интерес с точки зрения практического применения для систем отопления и приточной вентиляции, соответствует температуре конденсации 30 °C и выше. Для анализа было принято решение выделить четыре основных значения температур конденсации 30, 35, 40, 45 °C.

Таблица 1. Режимы работы компрессора при постоянной температуре кипения и разной температуре конденсации.

Температура конденсации, °С	Температура нагнетания, °С	Давление конденсации, бар. абс.	Температура воды на входе/выходе форконденсатора, °С	Энергопотребление компрессора, кВт*ч	Массовый расход паров хладагента, кг/час	Массовый расход паров хладагента при загрузке 80% холодопроизводительности, кг/час	Тепловая мощность утилизируемая форконденсатором при загрузке компрессора на 80%
20	43,6	-//-	-//-	76,2	-//-	-//-	-//-
30	52	7,71	32/42	89,3	10067	8053,6	33,19
35	57,1	8,88	37/47	97,7	10006	8004,8	34
40	62,9	10,17	42/52	107,5	9917	7933,6	36,24
45	69,3	11,59	47/57	118,5	9798	7838,4	39,73

4. Расчет дополнительных затрат на поддержание повышенной температуры конденсации.

Для определения перерасхода количества электроэнергии на работу холодильной системы с «искусственно» созданной повышенной температурой конденсации был выбран период с 15.10.19 г. по 15.04.20 г., так называемый предыдущий «отопительный сезон», когда обычно наблюдалась наибольшая потребность в горячей воде для нужд систем отопления и систем горячего водоснабжения.

Основываясь на допущении, что средняя загрузка компрессора составляет 80% и продолжительность суточной работы составляет 20 часов, был произведен расчет количества предполагаемого потребления электроэнергии (кВт*ч) одним компрессорным агрегатом за период с 15.10.19 по 15.04.20. Расчет был выполнен как для «естественной» температуры конденсации, так и для четырех вариантов температур конденсации, которые предлагается поддерживать искусственно. Анализ полученных данных показывает, что для диапазона режимов работы компрессора в области температур конденсации от 30 °С до 45 °С, количество теплоты, которое доступно для утилизации, имеет менее явный характер изменения, чем изменения потребляемой мощности компрессора. Тем не менее, благодаря росту температуры нагнетаемых паров при повышении температуры конденсации, этот факт компенсируется повышением максимального предполагаемого температурного уровня теплоносителя при подогреве в форконденсаторе.

Сравнение затраченных и полученных при утилизации энергетических ресурсов.

5. По окончании вариантных расчетов определили целесообразность утилизации теплоты конденсации и определили срок окупаемости вложенных инвестиций в оборудование системы фторконденсации.

На рис.8 представлена диаграмма сравнения затраченной эл. эн. на поддержание заданной температуры конденсации с количеством утилизированной теплоты в эквиваленте кВт*ч эл. эн. Данные, представленные на рис.8, выражены на диаграмме рис.9 в денежном эквиваленте.

Анализ указанных выше графиков показывает, что все рассмотренные режимы поддержания температуры конденсации с финансовой точки зрения являются оправданными, т.к. при их реализации количество утилизированной теплоты превышает стоимость эл. эн. дополнительно затраченной на её производство. Отдельно стоит отметить режимы поддержания температуры конденсации $t_k=35^{\circ}\text{C}$ и $t_k=30^{\circ}\text{C}$, при которых соотношение затраченной энергии к утилизированной составляет 2,04 и 3,34 соответственно, что достигает показателей эффективности теплового насоса.

В качестве вариантного расчета проводилось сравнение стоимости дополнительно затраченной эл. эн. в сравнении со стоимостью затрат природного газа марки G20, сжигание которого позволило бы получить эквивалентное количество теплоты, что предполагается утилизировать в фторконденсаторе. Данное сравнение представлено на рис. 10.

Как видно из диаграммы, все пред-

Рис. 8 - Сравнение перерасходованной эл. эн. с полученной от снятия теплоты фторконденсации в эквиваленте кВт*ч

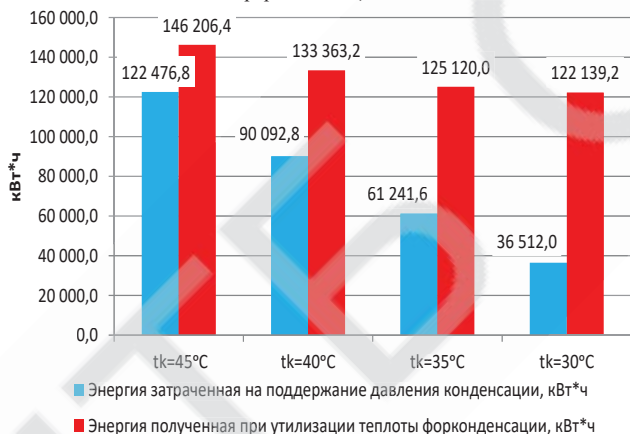
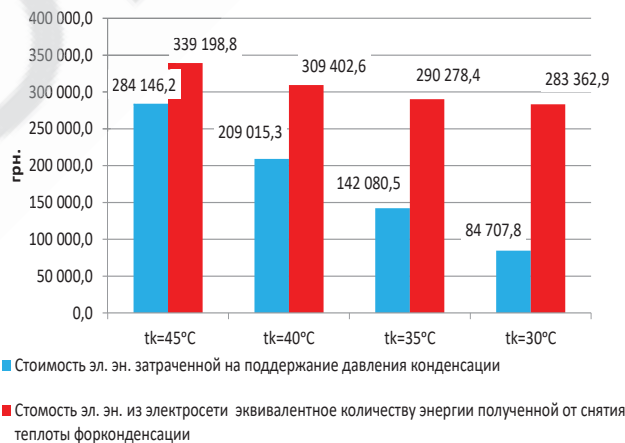
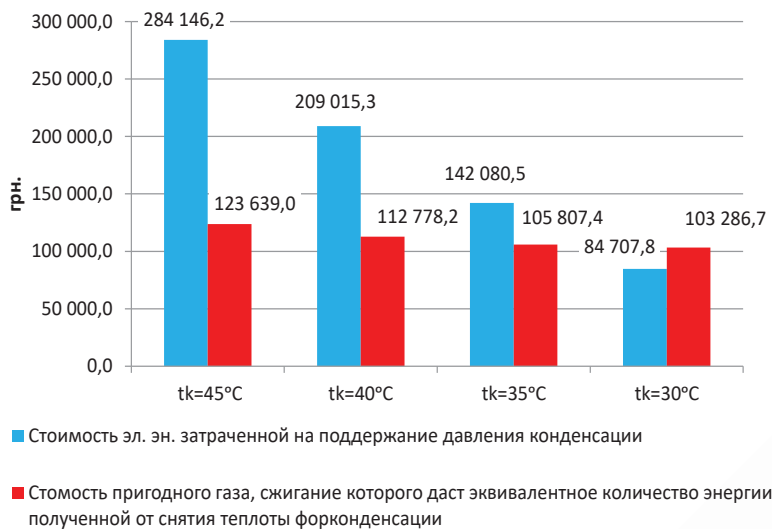


Рис.9 - Сравнение стоимости перерасходованной эл. эн. со стоимостью энергии фторконденсации в эквиваленте кВт*ч, грн.



ставленные режимы работы холодильной системы за исключением варианта при $t_k=30^{\circ}\text{C}$, при существующей стоимости газа - являются неоправданными. Причиной этому является высокая теплота сгорания природного газа (34,02 МДж), что в пересчете на эквивалент кВт*ч составляет 8,5 кВт*ч. Так при сжигании 1 м³ газа в современной котельной, имеющей КПД 90%, при текущей цене на газ (7,188 грн/ м³) стоимость одного произведенного кВт*ч тепловой энергии будет равна 0,845 грн. в сравнении с 2,320 грн. за кВт*ч эл. эн.

Рис.10 - Сравнение стоимости перерасходованной эл. эн. со стоимостью энергии форконденсации в эквиваленте сжигания природного газа (G20), грн.



6. Расчет сроков окупаемости.

Для определения срока окупаемости системы утилизации теплоты конденсации было разработано принципиальное схемное решение, определены капитальные вложения на поставку основного оборудования и запорной арматуры для реализации системы. Общая сумма в национальной валюте составит 358 101 грн. с НДС. Исходя из данных на рис.9, сумма ожидаемой экономии

при использовании утилизированной теплоты форконденсации должна составить 148 197,9 грн. при поддержании температуры конденсации 35 °С, и 198 655,1 грн. при поддержании 30 °С. Предварительно учитывалось, что расходные материалы, монтажные и пусконаладочные работы на оборудование системы утилизации составят до 25% от основных инвестиций, т.е. 3287 USD. Срок окупаемости системы с допущением, что цена на энергоресурсы останется неизменной на протяжении всего срока окупаемости для работы в режиме поддержания температуры конденсации 40 °С и ожидаемой температуры теплоносителя на входе/выходе форконденсатора 42/52 °С составит 4,45 года (отопительных сезона). Для работы в поддержании температуры конденсации 35 °С и ожидаемой температуры теплоносителя на входе/выходе форконденсатора 37/47 °С - 3,02 года (отопительных сезона), для работы в режиме поддержания температуры конденсации 30 °С и ожидаемой режиме температуры теплоносителя на входе/выходе форконденсатора 32/42 °С - 2,25 года (отопительных сезона).

Т. о., предложенная система утилизации теплоты перегретого пара имеет привлекательный срок окупаемости капитальных инвестиций для ее реализации. С учетом прогнозирования удорожания электроэнергии, удлинения отопительного периода, а также с увеличением коэффициента использования мощности холодильной системы (в ТЭО принят 66%) срок окупаемости будет еще лучше.

Ввиду сравнительно малой потребности предприятия в горячей воде в теплый период года в расчет срока окупаемости не входила экономия энергоресурсов в летний период, когда при «естественной» температуре конденсации существует возможность утилизации теплоты высокого потенциала для подогрева воды для хозяйственных нужд. При этом будет снижение температуры конденсации и, как следствие, энергоемкости искусственного холода.

Вывод. Проведенное укрупненное ТЭО является подтверждением целесообразности внедрения системы утилизации перегретых паров холодильного агента для использования в системах отопления и приточной вентиляции.

Науковий керівник: Желіба Ю.О., к.т.н., доцент кафедри холодильних установок

і кондиціонування повітря ОНАХТ

УДК 621.5

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ СИСТЕМ З ПРОМІЖНИМ ХОЛОДОНОСІЄМ

*Коваленко А.Є., магістрант ІХКЕ ОНАХТ, Рімашевский Ю.С.,
Науково-інженерне об'єднання Холод, Желіба Т.О., ОНПУ*

Для багатьох підприємств, добовий робочий цикл яких характеризується сильно нерівномірною потребою у штучному холоді, і які використовують проміжні холодоносії для передавання холоду від холодильної машини до споживача, з метою підвищення ефективності можливе застосування технологій акумуляції. Подібні рішення дозволяють знизити встановлену потужність холодильного обладнання і експлуатаційні витрати на електричну енергію.

Метою дослідницької роботи було визначення оптимальних значень двох найбільш значущих параметрів холодильних установок, що використовують акумуляцію: холодопродуктивності обладнання та ємності акумулятора холоду.

У цьому дослідженні також було розглянуто вплив кліматичних умов і типу тарифікації вартості споживання енергії на оптимальні значення холодопродуктивності та ємності акумулятора штучного холоду.

Дослідження були проведені для конкретно обраного об'єкта – молокопереробного підприємства з потужністю 200 тонн молока за зміну.

Для знаходження оптимуму порівняння проведено серед восьми можливих та традиційних для України варіантів комплектації холодильної установки таких підприємств. Для кожного з варіантів оптимальним вважався такий, що мав найменші приведені витрати за семирічний період експлуатації. Для кожного варіанту проведений техніко-економічний розрахунок, що враховує добові коливання температури і вологості зовнішнього повітря. Для кожної пори року виконаний окремий розрахунок на базі середньомісячних значень температури і вологості. Тарифікація вартості електроенергії, в залежності від варіанту, приймалась однозонною та трьохзонною для одеського регіону. Комплектація холодильних установок проводилась сучасними енергоефективними елементами від провідних виробників світового рівня за умови використання сучасних схемних рішень холодильних машин.

У підсумку отримані такі практично значущі висновки:

Мазин М.М. магістрант ІХКЭ ОНАПТ, Сливинская М.В., аспірантка ОНАПТ,

Козаченко І.С., Научно-інженерне об'єднання Холод, Желиба Т.А., ОНПУ
Науковий керівник Желиба Ю.О: к.т.н., доцент кафедри ХУіКП ОНАХТ.....19

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ХОЛОДИНИХ СИСТЕМ З ПРОМІЖНИМ ХОЛОДОНОСІЄМ

Коваленко А.Є., магістрант ІХКЕ ОНАХТ, Рімашевский Ю.С.,
Науково-інженерне об'єднання Холод, Желиба Т.О., ОНПУ

Науковий керівник: к.т.н., доцент кафедри ХУіКП ОНАХТ Желиба Ю.О.....23

МАЙБУТНЄ ЗА ПОГЛИБЛЕННЯМ ПИТАНЬ ІНТЕГРУВАННЯ ТЕПЛОНАСОСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ЕТАПІ ПРОЕКТУВАННЯ nZEB ЧИ NZEB

Ткач Сергій ,аспірант ОНАХТ, Овчінніков Максим ,бакалавр ОНАХТ

Науковий керівник : Яковлева О.Ю.к.т.н., доцент кафедри ХУіКП ОНАХТ...24

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ КОМПЛЕКСНОЇ МУЛЬТИЗОНАЛЬНОЇ VRF СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ

Соловйова П.В., магістр ІХКЭ, к.т.н. доц. Жихарева Н.В., ОНАХТ, м. Одеська національна академія харчових технологій.....27

КАНЦЕРОГЕННІ АЕРОЗОЛЬНІ СМОЛИ В ДИМОВИХ ГАЗАХ.

Афанасенко В.О., А., бакалавр ОНАХТ, Кіценко А.М. магістрант, Войтенко О.С.

Науковий керівник : Козут В.О. к.т.н.,доц., доцент кафедри ХУіКП ОНАХТ.....31

АНАЛІЗ АБСОРБЦІЙНОГО ОСУШЕННЯ ПОВІТРЯ

Басов А.М.,

Науковий керівник Жихарева Н.В: к.т.н., доцент кафедри ХУіКП

ОНАХТ.....33

АНАЛІЗ РОБОТИ ХМ НА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ АГЕНТАХ.

Гайдаржи В., магістр ІХКЭ ОНАХТ

Науковий керівник : Яковлева О.Ю.к.т.н., доцент кафедри ХУіКП ОНАХТ.....36

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ОСУШЕННЯ ТА ПРОГРЕС В ОБЛАСТІ ОПТИМІЗАЦІЇ РОТОРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Крушельницький Д.О., аспірант ІХКЭ ОНАХТ

Науковий керівник Жихарева Н.В: к.т.н., доцент кафедри ХУіКП ОНАХТ.....38

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛО-ВОЛОГІСНОГО РЕЖИМУ БУДІВЕЛЬ В ДОБОВОМУ ТА РІЧНОМУ ЦИКЛУ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ КОНДИЦІОНУВАННІ ПОВІТРЯ.

Сотниченко М.С, магістрант ОНАХТ, Федянин М.О бакалавр, Харітонов М. бакалавр

Науковий керівник Жихарева Н.В: к.т.н., доцент кафедри ХУіКП ОНАХТ41

ДОСЛІДЖЕННЯ КАНАЛЬНИХ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ДЛЯ ПОЛІГРАФІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

Кошельник Я, магістрант ОНАХТ, Коханський А.Ф

Науковий керівник Жихарева Н.В: к.т.н., доцент кафедри ХУіКП ОНАХТ...43

АЛЬТЕРНАТИВА ФРЕОНУ R134A

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ ТА
ЕКОЕНЕРГЕТИКИ ІМ. В. С. МАРТИНОВСЬКОГО

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

ЗА МАТЕРІАЛАМИ
ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
ОНЛАЙН-КОНФЕРЕНЦІЇ

МОЛОДИХ ВЧЕНИХ, АСПРАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ

«СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЇ»

27-28 листопада 2020 року

©Одеська національна академія харчових технологій
© Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій
та екоенергетики ім. В. С. Мартиновського