

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

за матеріалами
XVIII Всеукраїнської науково-технічної
онлайн-конференції
**«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ
ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ»**

29-30 вересня 2020 року



Одеса
Видавець Бондаренко М. О.
2020

УДК 621.31(075.8)

ББК 31.2я73

3-41

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Одеської національної академії харчових технологій,
протокол № 3 від 6 жовтня 2020 р.*

Відповідальний редактор:

Тітлов О. С., завідувач кафедри нафтогазових технологій, інженерії та теплоенергетики, д-р. техн. наук, професор.

*За достовірність інформації
відповідає автор публікації*

Збірник наукових праць за матеріалами XVIII Всеукраїнської 3-41 науково-технічної онлайн-конференції «Актуальні проблеми енергетики та екології» 29-30 вересня 2020 року / ред. О. С. Тітлов. – Одеса : ФОП Бондаренко М. О., 2020. – 280 с.

ISBN 978-617-7829-81-1

До збірника включені матеріали сучасних наукових досліджень, що представлені вченими України, Білорусії, Молдови, Росії, а також роботи студентів.

Розглянуто наступні напрямки досліджень: тепломасообмін; теплофізичні властивості робочих тіл енергетичного обладнання; нанотехнології в холодильній техніці; екологічні проблеми енергетики; теплові насоси. Системи опалення та кондиціонування; теплообмінні апарати; енергетичні та екологічні проблеми нафтогазової галузі; енергетичні та екологічні проблеми холодильної техніки; енергетичні та екологічні проблеми харчової промисловості; екологічна безпека; екологічні проблеми сучасності; раціональне використання природних ресурсів.

УДК 621.31(075.8)

ББК 31.2я73

ISBN 978-617-7829-81-1

© Одеська національна академія
харчових технологій, 2020

Секція 1:

**«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ
ЕНЕРГЕТИКИ»**

УДК 621.575:620.91: 621.565.8

РАЗРАБОТКА ПЕРВИЧНЫХ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ И БРОСОВЫХ ИСТОЧНИКАХ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Цой А.П.¹, канд. техн. наук, профессор, Титлов А.С.², д-р техн. наук, профессор,
Алимкешова А.Х.¹, канд. техн. наук, Джамашева Р.А.¹, аспирантка
1 – Алматинский технологический университет,
ул. Толе би, 100, Алматы, Республика Казахстан, 750012
2 – Одесская национальная академия пищевых технологий,
Украина, 65082, Одесса, Дворянская, 1/3
E-mail: 1 – teniz@bk.ru; 2 – titlov1959@gmail.com

Несмотря на высокие темпы индустриализации и электрификации в современном мире, во многих странах имеется значительное количество территорий, где или отсутствуют источники электроснабжения, либо их качество неудовлетворительно.

Одним из таких примеров являются фермерские и крестьянские хозяйства, которые находятся в местах заготовки и первичной обработки продукции животного и растительного происхождения.

Особенно остро стоят проблемы качественного обеспечения первичной холодильной обработки мясных и молочных продуктов в соответствии с технологическими требованиями. И, если в регионах с холодным климатом можно еще использовать известные издавна технологии применения водного льда [1], то в странах с умеренным и тропическим климатом нужно применять только искусственное охлаждение.

Из всего спектра современного холодильного оборудования для решения задач автономного искусственного охлаждения наиболее эффективными, с энергетической точки зрения, являются парокомпрессионные холодильные машины (ПКХМ), работающие от дизель-генераторов или солнечных батарей [2], а также теплоиспользующие абсорбционные холодильные машины, источником тепловой энергии для которых служат потоки нагретых газов и жидкостей [3, 4].

Как показал сопоставительный анализ, для условий работы в автономном режиме можно использовать только водоаммиачные абсорбционные холодильные машины (АВХМ). В отличие от бромистолитиевых аналогов они не требуют обязательного жидкостного охлаждения теплообменивающих элементов (конденсатора, дефлегматора, абсорбера) и значительно дешевле при изготовлении из-за доступности конструкционных материалов (углеродистых сталей) [5]. При этом если учитывать всю цепочку производства электрической энергии на тепловых станциях, то АВХМ энергетической эффективности становятся сопоставимы с ПКХМ [6].

При разработке новой автономной техники необходимо помнить, что дефицит и высокая стоимость органических топливных ресурсов, особенно ощутимые в настоящее время в мире, а также ужесточающиеся экологические требования по снижению потенциала глобального потепления на планете ставят как никогда ранее актуальную задачу снижения потребления топлива в энергетических, холодильных и энерготехнологических установках.

В этой связи актуальной становится задача поиска путей повышения энергетической эффективности и автономных систем охлаждения, как на базе ПКХМ, так и на базе АВХМ.

Наиболее рациональным будет комплексный подход, когда рассматриваются и внешний (особенности работы в изменяющихся в течение суток и времени года условиях теплоотвода

в окружающую среду) и внутренний фактор (совершенствование термодинамических циклов и схем).

Анализ литературных данных и постановка проблемы

В последнее время, в связи с требованием энергоэффективности и сокращением времени использования синтетических холодильных агентов (фреонов) холодильным системам, наблюдается стабильный интерес к пассивным способам охлаждения. Одним из таких способов является охлаждение за счет радиационного излучения в космическое пространство.

Любая поверхность, обращенная к ночному небу, при определенных условиях может излучать больше тепловой энергии, чем получать обратно от окружающей среды [7]. Данный эффект носит название «эффекта ночного излучения» (ЭНИ) и за счет него можно поддерживать температуру теплоносителя ниже температуры окружающего воздуха.

Использование ЭНИ в значительной степени определяется особенностями климата того или иного региона. В определенных климатических условиях холодильные системы, использующие радиационное излучение будут работать более эффективно, чем в других. Влияние климата на работу систем данного типа исследовалось в работах [8-10].

Установлено, что на возможность использования ЭНИ влияют такие атмосферные параметры, как скоростью ветра, влажность воздуха, прозрачность атмосферы для инфракрасного излучения в диапазоне от 8 до 13 микрон [10].

Исследования работы холодильных систем, использующих ЭНИ, проводились во многих регионах с различными климатическими условиями: в северном регионе Таиланда во влажном жарком климате в жаркое время года, [11]; в Копенгагене, в Милане и в Афинах [12] для охлаждения офисов во время холодного периода года (с 1-мая по 30-сентября). Исследована возможность охлаждения материала с фазовым переходом для аккумуляции холода, создаваемого при помощи ЭНИ.

В Австралии [13] стоимость системы охлаждения пытались снизить путем совмещения системы ЭНИ с солнечными батареями (фото-вольтажными панелями).

Во всех исследованиях [11-13], в дневное время охлаждения радиатора (охлаждающего устройства) ниже температуры окружающей среды не достигалось, поскольку поглощенная солнечная энергия превышала излучаемое тепловое излучение.

Для повышения интенсивности радиационного охлаждения предлагаются материалы с высокой излучательной способностью в инфракрасной части спектра [14].

Также для улучшения результата, предлагается радиатор закрыть полиэтиленовой пленкой для снижения конвективного теплопритока и покрасить его поверхность краской с высокой излучательной способностью [7], чтобы он мог отдавать большее количество тепла за счет инфракрасного излучения. Однако радиационное охлаждение в основном было осуществимо только в ночное время, поскольку подходящие материалы с высокой инфракрасной излучательной способностью не обеспечивали охлаждения в дневное время [15, 16]. В качестве красителя, в частности, предлагается использовать материал с большим содержанием соединения TiO_2 , что повышает излучательную способность поверхности [17].

Исследования по применению радиационное излучение для холодильных систем проводятся и для резко континентального климата Казахстана [8,14,18].

Авторы [18] показали, что в регионах с резко-континентальным климатом ночное радиационное охлаждение может быть использовано для снижения температуры жидкости, поступающей периодически. Например данная схема может использоваться для первичного охлаждения молока после его сбора.

Теплорассеивающие элементы с площадью излучающей поверхности в 4 м^2 позволяют обеспечивать в течение года холодопроизводительность установки от 140 Вт до 650 Вт, в зависимости от погодных условия города Усть-Каменогорск.

Таким образом технология ЭНИ позволяет продлить период использования естественного холода в течение года и сократить затраты электроэнергии при работе систем охлаждения на базе ПКХМ.

При разработке систем охлаждения на базе АВХМ требуется оптимальный рабочий диапазон температур в зоне генерации 120-140 °С [19].

Так как основной парк солнечных коллекторов составляют конструкции с водой в качестве теплоносителя [20], то этого недостаточно для полноценной реализации цикла АВХМ даже в зоне умеренного климата [21].

Известны технические предложения по решению проблемы низких температур в зоне генерации пара аммиака [22, 23], но авторы не приводят никаких режимных характеристик для реализации холодильного цикла.

Таким образом, исследования и разработки систем охлаждения на базе ПКХМ и АВХМ в части расширения их области применения можно считать актуальными.

Объект, цель и задачи исследования

Объект исследования – системы охлаждения на базе ПКХМ и АВХМ.

Цель исследования – разработать схемы и конструкции автономных систем охлаждения на базе ПКХМ и АВХМ с использованием альтернативных и возобновляемых источников энергии и определить энергетические эффективные режимы их работы при различных условиях теплоотвода в различное время суток и года.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить такие задачи:

1. Разработать методику моделирования режимов АВХМ и провести аналитические исследования в широком диапазоне рабочих термодинамических параметров.
2. Разработать перспективные схемы автономных систем охлаждения на базе ПКХМ и АВХМ с использованием альтернативных и возобновляемых источников энергии, в том числе и с использованием технологии ЭНИ.

Моделирование циклов АВХМ

Циклы АВХМ реализуются в насосной и безнасосной схеме [19]. Насосные схемы имеют более высокую энергетическую эффективность, но имеют в своем составе циркуляционный насос и не автономны. Безнасосные схемы автономны, но недостаточно эффективны. Рабочее тело насосных АВХМ – водоаммиачный раствор (ВАР), безнасосных – ВАР с добавкой инертного газа (водорода).

Одной из особенностей АВХМ является взаимозависимость температур в характерных процессах цикла – температуры греющей среды t_h , температуры охлаждающей среды t_w , температуры объекта охлаждения t_{ob} . Из трех температур произвольно могут быть заданы только две [24].

Как показывает практика, работа холодильной установки должна обеспечивать заданный уровень охлаждения (t_{ob} °С), а сама установка работать в соответствующих климатических условиях, то есть при заданной температуре охлаждающей среды [24]. Поэтому, реальным параметром, который может изменяться является только температура греющего источника.

Для работы с низкопотенциальными источниками тепловой энергии разработан алгоритм расчета циклов АВХМ насосного типа.

При проведении вариантных и оптимизационных расчетов циклов АВХМ была разработана подсистема библиотечных функций термодинамических и теплофизических свойств чистого аммиака и ВАР, основанная на использовании стандартных функций аппроксимации (линейной либо сплайновой) системы MathCAD [25].

На рис. 1 приведена базовая схема насосной АВХМ с двумя регенеративными теплообменниками – растворов (РТР) и аммиака (РТА) [26].

К генератору АВХМ 1, который заполненный жидким ВАР, подводится низкопотенциальное тепло, в результате чего из раствора будет преимущественно выкипать низкокипящий компонент (аммиак) с незначительными частицами водяного пара. Пар

попадает в ректификатор 2, в котором охлажденный насыщенный ВАР с РТР 5 и абсорбера 4 стекает навстречу потоку пара, который идет с генератора 1. При этом менее летучие пары воды конденсируются первыми, повышая при этом концентрацию аммиака в потоке. Далее пары ВАР попадают в дефлегматор 3. На его холодных трубках первыми конденсируются пары воды, которые остались после ректификатора 2. Наличие в схеме АВХМ ректификатора 2 и дефлегматора 3 позволяет практически полностью избавиться от водяного пара в потоке пара аммиака, который идет в конденсатор 7. Далее пар аммиака поступает в конденсатор 7, сжижается с отводом тепла фазового перехода, попадает в РТА 8, в котором холодный пар аммиака, что идет из испарителя 9 в абсорбер 4 предварительно подогревается, за счет чего увеличивается тепловой коэффициент цикла АВХМ.

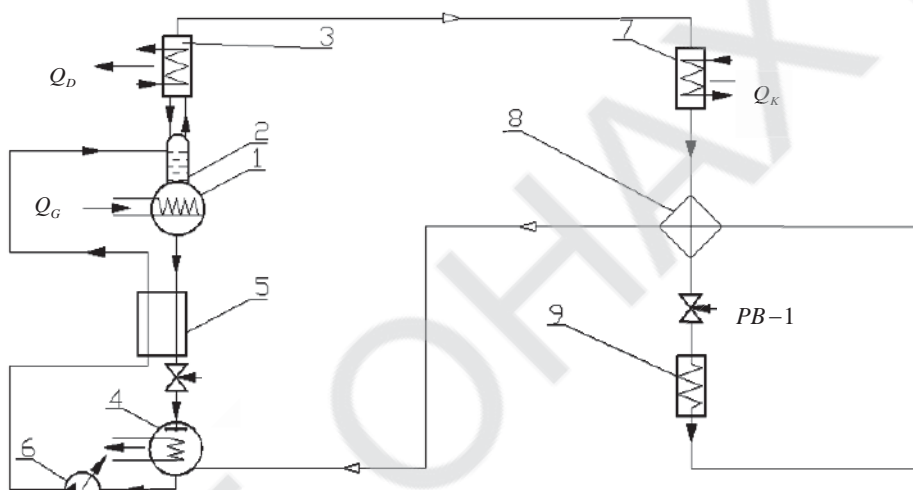


Рис. 1 – Схема АВХМ с двумя регенеративными теплообменниками: 1 – генератор; 2 – ректификатор; 3 – дефлегматор; 4 – абсорбер; 5 – РТР; 6 – насос; 7 – конденсатор; 8 – РТА; 9 – испаритель

Жидкий аммиак дросселируется в РВ-1 и кипит в испарителе 9, вырабатывая при этом искусственный холод. Пар аммиака поступает из испарителя 9, через РТА в абсорбер 4, где поглощается и растворяется в слабом (с минимальным составом аммиака) ВАР. Слабый ВАР через дроссель РВ-2 поступает из генератора 1 в абсорбер 4 через РТР 5, в котором с подогревается крепкий (насыщенный) ВАР. Насыщенный ВАР с помощью насоса 6 поступает в ректификатор 2 и цикл повторяется снова.

Исходными данными для расчета являются: а) температура охлаждающей среды t_W ; б) температура объекта охлаждения $t_{об}$; в) перепады температур на элементах, которые не явно учитывают условия теплообмена и недорекуперацию тепла: Δt_h – перепад температур между слабым ВАР и греющим источником тепла генератора; Δt_{WK} , Δt_{WA} , Δt_{def} – температурный напор в конденсаторе, абсорбере, дефлегматоре с охлаждающей средой; $\Delta t_{ТО}$ – температурный напор между потоками слабого и крепкого ВАР на холодном конце РТР; г) холодопроизводительность испарителя Q_0 .

Варьируемым параметром является температура греющего источника тепла t_h .

На первом этапе определяют два уровня давления в цикле:

а) по температуре конденсации аммиака:

$$t_K = t_W + \Delta t_{WK} \quad (1)$$

давление в конденсаторе, генераторе, дефлегматоре:

$$P_K = f(t_K) \quad (2)$$

б) по температуре объекта охлаждения:

$$t_0 = t_{ob} - \Delta t_0 \quad (3)$$

давление в испарителе:

$$P_0 = f(t_0) \quad (4)$$

Потом находят термодинамические параметры (температура, удельный объем и массовая доля) и тепловые функции (удельная энтальпия) в характерных точках цикла (на входе и на выходе элементов).

Температура слабого ВАР на выходе генератора:

$$t''_{сл.G} = t_h - \Delta t_h \quad (5)$$

Массовая доля аммиака в слабом ВАР на выходе генератора:

$$\xi'_{сл.} = f(P_K, t''_{сл.G}) \quad (6)$$

Температура крепкого ВАР на выходе абсорбера:

$$t''_{кр.A} = t_W - \Delta t_{WA} \quad (7)$$

Удельный объем крепкого ВАР на выходе абсорбера:

$$v' = f(P_K, t''_{кр.A}) \quad (8)$$

Массовая доля аммиака в крепком ВАР:

$$\xi'_{кр.} = f(P_0, t''_{кр.A}) \quad (9)$$

Температура крепкого ВАР на входе в генератор:

$$t'_{кр.G} = f(P_K, \xi'_{кр.}) \quad (10)$$

Массовая доля аммиака в паровой смеси на выходе генератора - входе дефлегматора:

$$\xi''_{GD} = f(P_K, t'_{кр.G}) \quad (11)$$

Кратность циркуляции ВАР:

$$f = \frac{\xi''_{GD} - \xi'_{сл.}}{\xi'_{кр.} - \xi'_{сл.}} \quad (12)$$

Температура крепкого ВАР на входе РТР:

$$t'_{кр.TO} = t''_{кр.A} \quad (13)$$

Температура слабого ВАР на входе РТР:

$$t'_{сл.TO} = t''_{сл.G} \quad (14)$$

и на выходе РТР:

$$t''_{сл.TO} = t'_{кр.TO} + \Delta t_{TO} \quad (15)$$

Удельная энтальпия, соответственно, крепкого и слабого ВАР на входе в РТР:

$$i_{кр.TO.in} = f(P_0, t'_{кр.TO}) \quad (16)$$

$$i_{сл.TO.in} = f(P_K, t'_{сл.TO}) \quad (17)$$

Удельная энтальпия крепкого ВАР на выходе абсорбера:

$$i_{кр.A} = f(P_0, t'_{кр.TO}) \quad (18)$$

Массовая теплоемкость слабого ВАР на входе РТР:

$$C_{ex.TO} = f(P_K, t'_{cl.TO}) \quad (19)$$

и на выходе РТР:

$$C_{вых.TO} = f(P_K, t''_{cl.TO}) \quad (20)$$

Средняя теплоемкость ВАР в РТР:

$$C_{cp.TO} = \frac{C_{ex.TO} + C_{вых.TO}}{2} \quad (21)$$

Удельная энтальпия слабого ВАР на выходе РТР:

$$i_{cl.TO.out} = i_{cl.TO.in} - C_{cp.TO} \cdot (t'_{cl.TO} - t''_{cl.TO}) \quad (22)$$

Удельную энтальпия слабого ВАР на входе в абсорбер принимаем равной на выходе РТР:

$$i_{cl.A} = i_{cl.TO.out} \quad (23)$$

Удельная энтальпия крепкого ВАР на выходе РТР:

$$i_{кр.TO.out} = i_{кр.TO.in} + \frac{(f-1) \cdot (i_{cl.TO.in} - i_{cl.TO.out})}{f} \quad (24)$$

Температура флегмы на выходе дефлегматора:

$$t_\phi = t_W + \Delta t_{def} \quad (25)$$

Массовая доля аммиака в флегме:

$$\xi'_\phi = f(P_K, t_\phi) \quad (2.26)$$

Кратность циркуляции флегмы в дефлегматоре:

$$R_\phi = \frac{1 - \xi''_{GD}}{\xi''_{GD} - \xi'_\phi} \quad (27)$$

Удельная энтальпия пара аммиака на выходе дефлегматора – входе конденсатора определяется из условия полной очистки от пара воды:

$$i''_X = f(P_K, \xi''_D = 1) \quad (28)$$

Удельная энтальпия жидкого аммиака на выходе конденсатора:

$$i'_X = f(P_K, \xi'_K = 1) \quad (29)$$

Удельная энтальпия пара аммиака на входе в испаритель:

$$i''_0 = f(P_0, \xi''_0 = 1) \quad (30)$$

Удельная энтальпия, соответственно, паровой смеси и флегмы на выходе генератора:

$$i''_G = f(P_K, t''_{cl.G}) \quad (31)$$

$$i'_\phi = f(P_K, \xi'_\phi) \quad (32)$$

Удельная энтальпия жидкого аммиака и пара аммиака на входе в РТА:

$$i_{PTO.in.li} = i'_X \quad (33)$$

$$i_{PTO.in.v} = i''_0 \quad (34)$$

Определяем массовую теплоемкость пара аммиака в РТА:

$$C_V = f(t_0) \quad (35)$$

Удельная энтальпия пара аммиака на выходе РТА:

$$i_{PTO.out.v} = i''_0 + C_V \cdot \Delta t_{PTO} \quad (36)$$

Удельная энтальпия жидкого аммиака на выходе РТА:

$$i_{PTO.out.li} = i_{PTO.in.li} - i_{PTO.out.v} + i_{PTO.in.v} \quad (37)$$

Определяются удельные тепловые нагрузки на элементы:

а) холодопроизводительность испарителя:

$$q_0 = i''_0 - i_{PTO.out.li} \quad (38)$$

б) дефлегматора:

$$q_D = (1 - R_\Phi) \cdot i_G'' - i_X'' - R_\Phi \cdot i_\Phi' \quad (39)$$

в) генератора:

$$q_G = (1 + R_\Phi) \cdot i_G'' - f \cdot i_{кр.ТО.out} + (f - 1) \cdot i_{сл.ТО.in} - R_\Phi \cdot i_\Phi' \quad (40)$$

г) конденсатора:

$$q_K = i_X'' - i_X' \quad (41)$$

д) абсорбера:

$$q_A = i_{PTO.out.v} - f \cdot i_{кр.A} + (f + 1) \cdot i_{сл.A} \quad (42)$$

е) циркуляционного насоса:

$$l_{pump} = v' \cdot f \cdot (P_K - P_0) \quad (43)$$

Находим подводимое тепло:

$$q_1 = q_G + q_0 + l_{pump} \quad (44)$$

и отводимое тепло:

$$q_2 = q_A + q_K + q_D \quad (45)$$

Массовый расход пара аммиака в испарителе составляет:

$$D = \frac{Q_0}{q_0} \quad (46)$$

Полные тепловые нагрузки:

а) генератор:

$$Q_G = q_G \cdot D \quad (47)$$

б) абсорбер:

$$Q_A = q_A \cdot D \quad (48)$$

в) конденсатор:

$$Q_K = q_K \cdot D \quad (49)$$

г) дефлегматор:

$$Q_D = q_D \cdot D \quad (50)$$

д) циркуляционный насос:

$$L_{pump} = l_{pump} \cdot D \quad (51)$$

Тепловой коэффициент цикла насосной АВХМ:

$$\eta = \frac{Q_0}{Q_G} \quad (52)$$

Разработка автономной системы охлаждения с использованием эффекта ночного радиационного охлаждения

Система на базе ПКХМ

Рассмотрим для примера, технологию ЭНИ в системе охлаждения молока на фермах (рис. 3, 4).

Предлагаются две схемы с радиационным охлаждением и резервной ПКХМ.

Схема 1 (Рис.3). В ночное время, когда отсутствует солнечная радиация, жидкий хладоноситель 4 с низкой температурой замерзания подается с помощью насоса 3 к теплорассеивающей панели 9. Панель 9 устанавливается под открытым небом и сбрасывает тепло в космическое пространство за счет радиационного инфракрасного излучения, а в атмосферный воздух за счет конвективного теплообмена. При отсутствии тепловой нагрузки температура хладоносителя и атмосферного воздуха выравнивается. При дальнейшей

циркуляции наблюдается эффект ЭНИ и хладоноситель охлаждается ниже температуры атмосферного воздуха до 5-10 °С [31].

Хладоноситель 4 далее поступает в бак-аккумулятор 5 и охлаждает бак 7 с молоком 6. Если хладоноситель 4 не может охладить молоко до требуемой температуры, то подключают ПКХМ 1. Испаритель 2 ПКХМ 1 охлаждает хладоноситель 4 и молоко 6 до нужной температуры. Мешалка 8 интенсифицирует процесс охлаждения молока 6. После охлаждения молока 6 до требуемой температуры, открывается запорный вентиль 11 и производится слив продукта в бак 10.

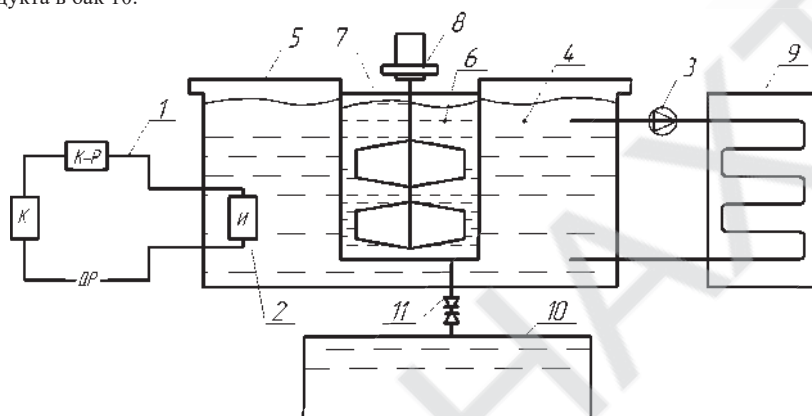


Рис. 3 – Система охлаждения молока с использованием ЭНИ и ПКХМ:
1 – ПКХМ, 2 – испаритель ПКХМ, 3 – насос хладоносителя, 4 – хладоноситель, 5 – бак-аккумулятор холода, 6 – молоко, 7 – емкость для молока, 8 – мешалка, 9 – теплоотсеивающая панель, 10 – бак для охлажденного молока, 11 – запорный вентиль.

Схема 2 (Рис.4). Испаритель 10 ПКХМ 9 располагается в нижней части и внутри рубашки бака-охладителя 4. В верхней части рубашки бака-охладителя 4 устанавливается ороситель 2 с отверстиями для равномерной подачи насосом 6 холодной воды из аккумулятора холода 5.

Теплоотсеивающая панель 1 расположена под открытым небом под углом 10-30 °С в направлении севера. При ЭНИ хладоноситель в радиаторе 1 охлаждается ниже атмосферного воздуха на 5-10°С [31] и поступает в теплообменник 7, где охлаждает воду до нужной температуры.

Система охлаждения работает эффективно в холодные сезоны года и без ПКХМ, когда температура атмосферного воздуха не превышает 10-12 °С, особенно в ночное время.

В теплое время года система охлаждения эффективна только ночью. Запас холода за счет ЭНИ обеспечивает предварительное охлаждение молока, а затем уже подключается ПКХМ. В этом случае отключают насос 6 и циркуляцию осуществляют насосом 13.

При включении в схемы систем охлаждения ПКХМ необходимо оценить их энергетическую эффективность при работе в широком диапазоне температур атмосферного воздуха.

Следует оценить возможность применения разрешенных в настоящее время холодильных агентов для условий работы ПКХМ в составе систем охлаждения молока с эффектом ЭНИ.

Для этого был выполнен расчет термодинамических параметров простейшего цикла ПКХМ без регенеративного теплообменника и переохлаждения жидкости перед дросселированием. При расчете использованы рабочие тела ПКХМ: R134a; R717 (аммиак); R22; R600 (изобутан); R744 (CO₂).

Температура кипения рабочих тел ПКХМ принималась равной $t_o = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$, а температура конденсации варьировалась: $t_k = 10; 20; 30; 40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

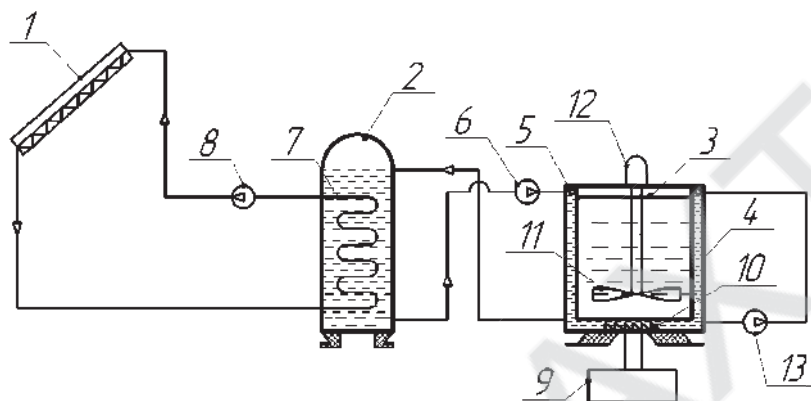


Рис. 4 – Система охлаждения молока с использованием ЭНИ и ПКХМ:
 1 – теплоотсеивающая панель, 2 – бак-аккумулятор холода, 3 – крышка бака-охладителя молока, 4 – бак-охладитель молока, 5 – трубопровод с отверстиями, 6 и 13 – насос для воды, 7 – теплообменник, 8 – насос для хладоносителя, 9 – ПКХМ, 10 – испаритель ПКХМ, 11 – мешалка, 12 – мотор-редуктор мешалки

При расчете использовался классический алгоритм [] с определением в характерных точках цикла температур, давлений кипения (P_o) и конденсации (P_k) и расчете удельной холодопроизводительности (q_o), удельной работы сжатия в компрессоре (l), холодильного коэффициента (ϵ).

Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Анализ результатов расчета, приведенных в таблице 1 показывает, что:

а) снижение уровня температур атмосферного воздуха от $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ благоприятно сказывается на энергетической эффективности циклов ПКХМ, так, в среднем имеет место рост холодильного коэффициента в 4-6 раз, а для аммиака – в 17,3 раза;

б) максимальная энергетическая эффективность цикла ПКХМ среди рассмотренных рабочих тел отмечена у аммиака.

Система на базе АВХМ

Система охлаждения (рис. 5-7) содержит теплоизолированную емкость 1 с крышкой 2. В нижней части емкости 1 установлен канал с запорным вентилем 3 для периодического отвода охлажденного продукта. Сбор и хранение охлажденного молока осуществляется в емкости 4.

Таблица 1 – Результаты расчетов термодинамических параметров и энергетических характеристик циклов ПКХМ

Наименование рабочего тела ПКХМ	t_k , $^{\circ}\text{C}$	P_o , бар	P_k , бар	q_o , кДж/кг	l , кДж/кг	ϵ
R134a	10	3,0	4	185	15	18,5
	20	3,0	5,6	170	22	7,7

	30	3,0	7,5	155	25	6,2
	40	3,0	9,8	140	32	4,3
R717	10	4,3	6	1260	10	127
	20	4,3	8,5	1200	40	30
	30	4,3	12,5	1160	100	11,6
	40	4,3	16,5	1100	150	7,3
	10	5,0	7	193	7	27,5
R22	20	5,0	9	181	17	10,6
	30	5,0	12	165	27	6,1
	40	5,0	16	153	36	4,25
	10	1,6	2,3	325	12	27
R600	20	1,6	3	300	15	20
	30	1,6	4	275	35	7,8
	40	1,6	5,3	255	50	5,1
	10	35,0	45	210	8	26,2
R744	20	35,0	58	177	18	9,8
	30	35,0	72	133	28	4,75

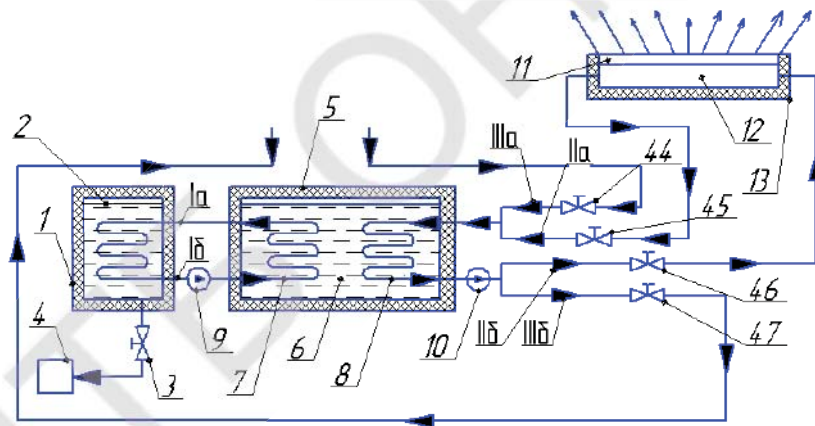


Рис. 5 – Схема системы охлаждения молока с теплорассеивающей панелью:
 1-емкость с молоком, 2-крышка, 3-запорный вентиль, 4-молокособирающая емкость, 5-бак-аккумулятор ледяной воды, 6-ледяная вода, 7-теплообменник с водой, 8-теплообменник с рассолом, 9-циркуляционный насос ледяной воды, 10-насос для рассола, 11-теплорассеивающая панель, 12-система каналов, 13-теплоизоляционное покрытие, 44, 45, 46 и 47-вентили

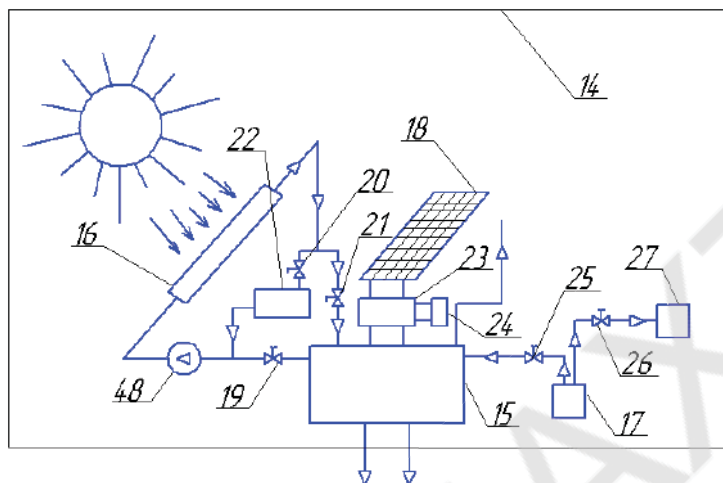


Рис. 6 – Система генерации искусственного холода:
 14-холодильная система, 15- АВХМ, 16-солнечный коллектор, 17-генератор топочных газов, 18-солнечные батареи, 19, 20 и 21- запорные вентили, 22, 24 и 27-потребители тепла, 23-система преобразования постоянного тока, 25 и 26- запорно-регулирующие вентили, 48-циркуляционный насос

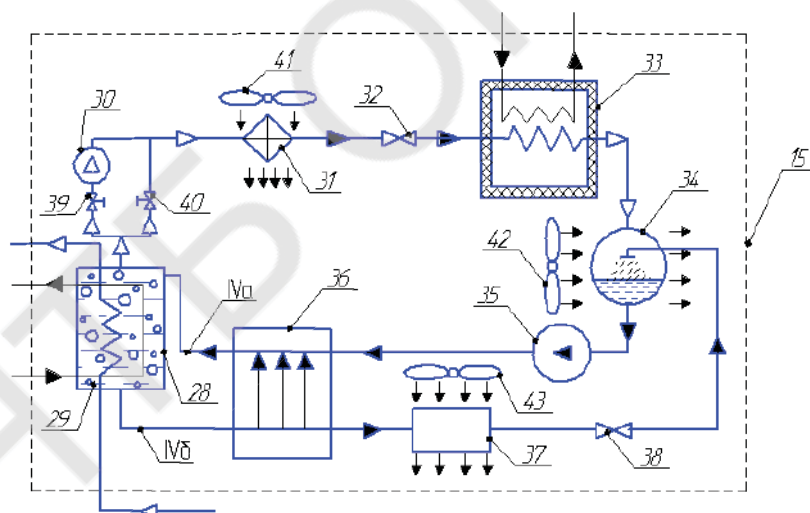


Рис. 7 – Схема АВХМ с бустер-компрессором в составе системы охлаждения молока:
 28- генератор, 29-ВАР, 30-бустер-компрессор, 31-конденсатор с воздушным охлаждением, 32- дроссельное устройство жидкого аммиака, 33-рассольный испаритель, 34-абсорбер с воздушным охлаждением, 35-циркуляционный насос крепкого ВАР, 36-регенеративный теплообменник растворов, 37-воздушный охладитель слабого ВАР, 38-дроссельное устройство слабого ВАР, 39 и 40-запорные вентили, 41,42 и 43-вентиляторы теплорассеивающих элементов АВХМ

Внутри емкости 1 по теплообменнику 7 циркулирует ледяная вода. Вход холодного потока расположен в верхней части (Ia), а выход - в нижней части (Iб) емкости 1. Система охлаждения содержит также бак-аккумулятор ледяной воды 5 с теплоизоляционным покрытием. Бак 5 заполняется ледяной водой 6 с температурой, близкой к 0°C. Во внутреннем объеме бака-аккумулятора 5 установлены теплообменники 7 и 8.

По теплообменнику 7 при помощи насоса 9 циркулирует ледяная вода (потоки Ia и Iб), а по теплообменнику 8 при помощи насоса 10 циркулирует рассол – незамерзающая жидкость при температуре, близкой к 0°C.

Вход охлажденного потока рассола в бак-аккумулятор 5 (потоки IIa и IIIa) осуществляется в верхней части, а выход отепленного потока рассола (потоки IIб и IIIб) из нижней части.

Система охлаждения содержит теплорассеивающую металлическую панель 11. Панель 11 расположена либо горизонтально, либо с некоторым углом к горизонту. Верхняя часть панели покрыта краской светлых цветов. Панель 11 связана в тепловом отношении с системой каналов 12, по которым циркулирует потоки рассола Ia и IIб. Система каналов 12 и нижняя часть панели 11 закрывается теплоизоляционным покрытием 13.

В состав системы входит холодильная система на базе АВХМ 14 (рис.7), предназначенная для охлаждения потоков рассола IIIa и IIIб. Управление потоками рассола IIa, IIб, IIIa и IIIб осуществляется при помощи запорных вентилей, соответственно, 44, 45, 46 и 47.

Холодильная система 14 содержит АВХМ 15 с системой подвода тепла от солнечного коллектора 16 и генератора топочных газов 17, а также систему автономного электрообеспечения на базе солнечных батарей 18 (рис.8).

Система солнечного коллектора 16 содержит циркуляционный насос 48 и систему запорных вентилей 19, 20, 21 обеспечивающих подачу горячего теплоносителя как на АВХМ 15, так и на других потребителей тепла 22.

Система автономного электрообеспечения содержит систему преобразования постоянного тока 23 с возможностью подачи произведенной электрической энергии для других потребителей 24.

Генератор топочных газов 17 содержит систему запорно-регулирующих вентилей 25 и 26, обеспечивающих подачу потока продуктов сгорания к АВХМ 15 и к другим потребителям 27.

АВХМ 15 содержит генератор 28 с ВАР 29, бустер-компрессор 30, конденсатор с воздушным охлаждением 31, дроссельное устройство жидкого аммиака 32, рассольный испаритель 33, абсорбер с воздушным охлаждением 34, циркуляционный насос 35 крепкого ВАР (поток IVa), регенеративный теплообменник 36 крепкого и слабого ВАР, воздушный охладитель потока 37 слабого ВАР (поток IVб), дроссельное устройство слабого ВАР 38.

Для отсечения потока пара от бустер-компрессора 30 предусмотрены запорные вентили 39 и 40.

Воздушное охлаждение конденсатора 31, абсорбера 34 и охладителя 37 осуществляется вентиляторами, соответственно, 41, 42 и 43.

Работа системы охлаждения молока на базе АВХМ осуществляется следующим образом.

Предварительно до начала охлаждения молока проводят «зарядку» (охлаждение) воды в баке-аккумуляторе 5. Для этого используют либо систему радиационного охлаждения – панель 11, либо холодильную систему 14. Соответственно закрывают вентили 44 и 47 и открывают вентили 45 и 46, или наоборот.

При достижении температуры ледяной воды до 1...2 °C включают насос 9 и прокачивают потоки Ia и Iб через охлаждающую полость емкости 1, а затем заполняют емкость 1 отепленным молоком. За счет теплообмена молоко охлаждается до температуры 4°C

и охлажденный продукт при помощи запорного вентиля 3 сливают в емкость 4 для дальнейшего использования.

Далее цикл работы системы охлаждения повторяется.

Рассмотрим некоторые режимы работы установки для охлаждения молока.

«Ночной» режим охлаждения молока.

Для охлаждения рассола используется теплоотсеивающая панель 11, обеспечивающая охлаждение рассола на 5...10°С ниже атмосферного воздуха.

Такой режим охлаждения может быть эффективно использован в зимнее время и переходные периоды года (весна-осень) без холодильной системы.

Рассол при помощи насоса 10 прокачивается по теплообменнику 8 при открытых вентилях 46 и 45 и закрытых вентилях 44 и 47. За счет радиационного охлаждения пластины 11 производится охлаждение рассола в каналах 12.

В «ночном» режиме используется как естественный холод атмосферы Земли, так и радиационное излучение в космическое пространство, а электрическая энергия используется только для работы циркуляционного насоса 10.

«Дневной» режим охлаждения молока.

Используется холодильная система 14 при открытых вентилях 44 и 47 и закрытых вентилях 46 и 45. Рассол насосом 10 прокачивается через испаритель 33 АВХМ 15.

В «дневном» режиме охлаждения можно выделить два режима работы холодильной системы 14.

В первом случае используется только возобновляемый источник тепловой энергии – солнечное тепловое излучение.

В качестве приемника солнечного излучения используются наиболее широко распространенные и имеющие оптимальное соотношение цены и качества солнечные коллекторы 16 с водой в качестве теплоносителя. Характерная их особенность – рабочий уровень температур не выше 100 °С.

При отсутствии потребности в искусственном холоде тепловой поток от солнечных коллекторов может быть переключен на других потребителей тепловой энергии 22 при открытом вентиле 20 и закрытых вентилях 19 и 21.

Рабочий уровень температур в генераторе традиционных АВХМ составляет 120...140 °С, что превышает располагаемый температурный потенциал теплоносителя-воды в солнечном коллекторе 16. В этой связи используется схема АВХМ с поджимающим бустер-компрессором 30 перед конденсатором 31 [22]. В схеме АВХМ 15 предусмотрена возможность отсечения бустер-компрессора 30 от парового потока запорным вентилем 39 при изменении температурных параметров подачи тепловой нагрузки в генератор 28.

Работа АВХМ 15 с солнечным коллектором 16 осуществляется следующим образом. При подаче горячей воды от солнечных коллекторов в генератор 28 осуществляется кипение крепкого ВАР с выходом преимущественно легкокипящего компонента – аммиака. При подаче пара аммиака на бустер-компрессор 30 вентиль 39 открыт, а вентиль 40 закрыт.

Пар аммиака сжимается бустер-компрессором 30 и подается в конденсатор 31, где сжижается с отводом теплоты парообразования в окружающую среду. Отвод тепла фазового перехода из конденсатора 31 осуществляется при помощи вентилятора 41.

Сжиженный аммиак из конденсатора 31 через дроссельное устройство 32 поступает в испаритель 33, где давление его падает. Происходит низкотемпературное кипение жидкого аммиака с отводом тепла от циркулирующего потока рассола. Образующийся в испарителе 33 пар поступает в абсорбер 34, куда, в свою очередь, проходит слабый ВАР из генератора 28.

До поступления в абсорбер 34 слабый ВАР охлаждается в регенеративном противоточном теплообменнике растворов 36 и охладителе 37 и в результате становится ненасыщенным по аммиаку. В абсорбере 34 при контакте слабого ВАР с паром аммиака происходит процесс абсорбции – поглощение слабым ВАР пара аммиака. В результате слабый ВАР насыщается и становится «крепким» (насыщенным по аммиаку). В процессе абсорбции выделяется тепло, который отводится вентилятором 42 в окружающую среду. Крепкий ВАР

из абсорбера насосом 35 через регенеративный теплообменник 36 подается обратно в генератор 28 и цикл далее повторяется.

Работа бустер-компрессора 30 и насоса 35 осуществляется за счет работы солнечной батареи 18 и системы преобразования и аккумулирования электрической энергии 23. Система 23 так же позволяет перераспределять, при необходимости, электрическую энергию для других потребителей 24.

При втором режиме работы холодильной системы 14 подача тепловой нагрузки в генератор 28 АВХМ 15 осуществляется отходящими продуктами сгорания с температурой 350...450 °С от генератора газов 17.

В этом случае может использоваться широкий ассортимент органических топлив: природный газ, пропан-бутан, бензин, керосин, уголь, дрова, торф и др.

При работе горелочного устройства температурного потенциала достаточно, чтобы АВХМ 15 работал без поджимающего бустер-компрессора 30. В этом случае вентиль 39 закрыт, а вентиль 40 открыт.

Работа АВХМ 15 далее осуществляется приведенным выше способом.

Второй способ работы холодильной системы 14 реализуется в пасмурную погоду и в темное или сумрачное время суток.

Таким образом, разработанные схемы систем охлаждения позволяют с минимальными затратами сетевой электрической энергии и воды осуществлять первичное охлаждение молока. Наиболее перспективной областью применения таких систем станут крестьянские и фермерские хозяйства.

Выводы

1. Показаны энергетические перспективы использования технологии «ночного радиационного охлаждения» (ЭНИ) для автономных систем охлаждения преимущественно в сельских и крестьянских хозяйствах.

1. Разработан оригинальный алгоритм поиска минимально необходимой температуры греющей среды в зависимости от температур объекта охлаждения и охлаждающей среды реальной АВХМ. Приведены графические зависимости для широкого диапазона температур эксплуатации (температура окружающей среды – 17...47 °С, температура объекта охлаждения – минус 30...15 °С).

2. При реализации традиционных циклов АВХМ имеются режимы с максимальной энергетической эффективностью в практических диапазонах температур охлаждающей среды (от 10 до 32 °С) и объектов охлаждения (от минус 25 до минус 5 °С). Для достижения таких оптимальных режимов необходимо соответствующая комбинация состава крепкого ВАР и температуры греющего источника.

4. Работа насосной схемы АВХМ в области низких температур греющего источника (от 90 до 120 °С) предполагает наличие циркуляционного насоса с установочной мощностью на 2-3 порядка превышающую мощность насоса, работающего в схеме в диапазоне температур греющего источника от 120 до 160 °С.

5. Выполнен расчет циклов ПКХМ в условиях работы автономных систем охлаждения (температура атмосферного воздуха изменяется в диапазоне 10...40 °С). Показаны значительные преимущества при работе ПКХМ при низких температурах атмосферного воздуха. В качестве рабочего тела для этих условий рекомендован аммиак (R717), с максимальной энергетической эффективностью холодильного цикла среди рассмотренных аналогов (R134a; R22; R600 (изобутан); R744 (CO₂)).

6. Разработаны оригинальные схемы автономных систем охлаждения молока на базе ПКХМ и АВХМ с использованием технологии ЭНИ.

Список литературы

1. Босин, И.Н. Охлаждение молока на комплексах и фермах / И.Н. Босин – М. : Колос, 1993. – 46 с.

2. Перельштейн, Б.Х. Новые энергетические системы / Б.Х. Перельштейн. – Казань : Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2008. – 244 с.
3. Морозюк, Л.И. Теплоиспользующие холодильные машины – пути развития и совершенствования // Л.И. Морозюк [Текст] // Холодильная техника та технологія. – 2014. – № 5(151). – С.23–29.
4. Титлов, А. С. Анализ перспектив использования парожеторной и абсорбционной холодильных установок для охлаждения технологического газа и получения жидкого углеводородного топлива / А.С. Титлов, Т.А. Сагала, В.Н. Артюх, Т.В. Дьяченко [Текст] // Холодильная техника и технология. – 2017. – № 53(6). – С.11–18.
5. Морозюк, Л.И. Развитие теории и методов исследования процессов преобразования и получения тепла и холода в установках с многокомпонентными и многофазными рабочими веществами: дисс. док. тех. наук: 05.14.06 / Морозюк Лариса Ивановна. – ОНПУ, Одесса, 2013. – 352 с.
6. Титлов, А.С. Сравнение характеристик абсорбционной и компрессионной бытовой холодильной техники [Текст] / А.С. Титлов // Холодильная техника и технология. – 1997. – № 57. – С. 39–41.
7. Kimball, V.A., Cooling performance and efficiency of night sky radiators / V.A. Kimball // Solar Energy. – Vol. 34. – No. 1. – P. 19–33.
8. Цой, А.П. Влияние климата на работу холодильной системы, использующей эффективное излучение в космическое пространство [Текст] / А.П. Цой, А.С. Грановский, Д.А. Цой, А.В. Бараненко // Холодильная техника. – №12, 2014 (начало) и (продолжение) №1, 2015). – С.43–47.
9. Yong, C. Performance analysis on a building-integrated heating and cooling panel. / C. Yong et al. // Renewable Energy. – 2015. – № 74. – P. 627–632.
10. Zhiguang, Zhou. Radiative cooling for thermophotovoltaic systems / Zhiguang Zhou, Xingshu Sun, Peter Bermel // Infrared Remote Sensing and Instrumentation XXIV, San Diego, California, August 28, 2016.
11. Prommajak, T. Passive cooling of air at night by the nocturnal radiation in Loei, Thailand / T. Prommajak, J. Phonruksa, S. Pramuang // Int. J. Renew. Energy. – 2008. – Vol. 3. – № 1. – P. 33–40.
12. Eleftherios, Bourdakos Simulation Study of Discharging PCM Ceiling Panels through Night - time Radiative Cooling / Eleftherios Bourdakos, Ongun B. Kazanci, Bjarne W. Olesen, F. Grossule // ASHRAE Annual Conference, St. Louis, 2016.
13. Imroz, M. Sohel. A Feasibility Study of Night Radiative Cooling of BIPVT in Climatic Conditions of Major Australian Cities / M. Imroz Sohel, Zhenjun Ma, Paul Cooper, Jamie Adams, Lloyd Niccol and Stefan Gschwander // Asia – Pacific solar research conference, November 2014.
14. Цой, А. П. Использование эффективного излучения в холодильной системе открытого катка / А. П. Цой, А. В. Бараненко, А. Я. Эглит // Вестник Международной Академии Холода. – 2012. – № 4. – С. 8–11.
15. Bosholm, F. Reproducibility of solidification and melting processes in a latent heat thermal storage tank / F. Bosholm, A. López-Navarro, M. Gamarra, J.M. Corberán, J. Payá // International journal of refrigeration. – 2016. – № 62. – P. 85–96.
16. Sutyaginsky, M.A. The use of low-temperature potential of the environment in energy-efficient refrigeration supply technologies of the enterprises of GC «Titan» / M.A. Sutyaginsky, V.A. Maksimenko, Yu.A. Potapov, A.P. Suvorov, V.N. Dubok // International Conference on Oil and Gas Engineering, OGE-2016. Procedia Engineering. – 2016. – P. 361–365.
17. Berdahl, P. The Thermal Performance of Radiative Cooling Panels / P. Berdahl, M. Matin and F. Sakkal // Int. J. Heat Mass Transfer. – 1983. – № 26. – P. 871–880.
18. Цой, А. П. Влияние климата на работу холодильной системы, использующей эффективное излучение в космическое пространство [Текст] / А. П. Цой, А. С. Грановский, Д. А. Цой, А. В. Бараненко // Холодильная техника. – 2014. – № 12. – С. 36–41.
19. Титлов, А.С. Научно-технические основы энергосбережения при проектировании холодильных аппаратов с абсорбционно-диффузионными холодильными машинами [Текст]

- /А.С. Титлов // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2006. – № 29. – Т. 1. – С. 194–200.
20. Doroshenko A., Comparative field experimental investigations of different flat plate solar collectors / A. Doroshenko // *Solar Energy*. – 2016. – № 115. – P. 577–588.
 21. Осадчук, Е.А. Определение энергетически эффективных режимов работы абсорбционной водоаммиачной холодильной машины в системах получения воды из атмосферного воздуха [Текст] / Е.А. Осадчук, А.С. Титлов С.Ю. Мазуренко // *Холодильна техніка та технологія*. – 2014. – № 4. – С. 54–57.
 22. Патент на корисну модель № 104854 Україна, МПК E03B 3/28 (2006.1), F25B 15/10 (2006.1). Спосіб одержання води з атмосферного повітря / О.Б. Василів, О.С. Тітлов, Є.О. Осадчук, В.М. Кузаконь (Україна). – № u 2015 07386; заявл. 23.07.2015; опубл. 25.02.2016, Бюл. № 4.
 23. Патент на корисну модель № 100195 Україна, МПК(2015.01) E03B 3/28 (2006.1), F25B 15/00. Спосіб одержання води з атмосферного повітря / О.Б. Василів, О.С. Тітлов, Є.О. Осадчук (Україна). – № u201501512; заявл. 20.02.2015; опубл. 10.07.2015, Бюл. № 9.
 24. Титлов, А.С. Научно-технические основы энергосбережения при проектировании холодильных аппаратов с абсорбционно-диффузионными холодильными машинами [Текст] / А.С. Титлов // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2006. – № 29. – Т. 1. – С. 194–200.
 25. Осадчук, Е.А. Аналитические зависимости для расчета термодинамических параметров и теплофизических свойств водоаммиачного раствора [Текст] / Е.А. Осадчук, А.С. Титлов // Наукові праці ОНАХТ. – 2011. – № 39. – Т.1. – С.178–182.
 26. Осадчук, Е.А. Разработка схем насосных и безнасосных абсорбционных водоаммиачных холодильных машин для работы в системах получения воды из атмосферного воздуха [Текст] / Е.А. Осадчук, А.С. Титлов, В.М. Кузаконь, Г.В. Шлапак // *Технологический аудит и резервы производства*. – 2015. – № 3/3(23). – С. 30–37.
 27. Ищенко, И. Н. Моделирование циклов насосных и безнасосных абсорбционных холодильных агрегатов [Текст] / И. Н. Ищенко // Наукові праці ОНАХТ. – 2010. – № 38. – Т.2. - С. 393–405.
 28. Яровой, С. В. Влияние рабочего давления в холодильном агрегате бытового абсорбционного холодильника на его надежность [Текст] / С. В. Яровой, А. М. Пилипенко // *Холодильная техника*. – 1989. – № 12. – С. 19–20.
 29. Zohar, A. The influence of diffusion absorption refrigeration cycle configuration on the performance [Text] / A. Zohar, M. Jelinek, A. Levy, I. Borde // *Applied Thermal Engineering*. – 2007. 27. – P. 2213–2219.
 30. Котельников, А. В. Экспериментальное определение характеристик генераторов абсорбционно-диффузионной холодильной машины [Текст] / А. В. Котельников, В. М. Янченко, Э. А. Казаков // *Холодильная техника*. – 1978. – № 1. – С.29–31.
 31. Цой, А.П. Обзор проведенных экспериментальных исследований эффективного излучения холодильной системы в космическое пространство [Текст] / А.П. Цой, А. С. Грановский, Ю. И. Мачуев, А. С. Филатов // *Вестник МАХ*. – 2015. – № 3. – С. 28–33.
 32. Мартыновский, В.С. Холодильные машины: справочник / В. С. Мартыновский, Л. З. Мельцер, Б. А. Минкус и др. – М.: Легкая и пищевая пром-ть, 1982. – 223 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССОБМЕНА В ТРЕХПОТОЧНОМ ИСПАРИТЕЛЕ АБСОРБЦИОННОГО ХОЛОДИЛЬНОГО АГРЕГАТА	
<i>Титлов А.С., Васылив О.Б., Адамбаев Д.Б.</i>	165
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АБСОРБЦИОННЫХ ВОДОАММИАЧНЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ БРОСОВОЙ ТЕПЛОТЫ НА КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЯХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ	
<i>Титлов А.С., Дорошенко В.М., Закушняк М.Ю.</i>	175
РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ АБСОРБЦИОННЫМИ ХОЛОДИЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ	
<i>Титлов А.С., Титлова О.А., Березовская Л.В.</i>	178
ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ НА СУДАХ АБСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ АГРЕГАТІВ	
<i>Титлов О.С., Адамбаев Д.Б., Редунов Г.М.</i>	180
РОЗРОБКА СИСТЕМ ОТРИМАННЯ ВОДИ З АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ	
<i>Титлов О.С., Осадчук Є.О., Васи́в О.Б., Адамбаев Д.Б.</i>	182
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ДЕФЛЕГМАТОРА АБСОРБЦИОННОГО ХОЛОДИЛЬНОГО АГРЕГАТА	
<i>Холодков А.О., Титлов А.С., Титлова О.А.</i>	184
РАЗРАБОТКА ПЕРВИЧНЫХ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ И БРОСОВЫХ ИСТОЧНИКАХ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ	
<i>Цой А.П., Титлов А.С., Алимкешиова А.Х., Джамашева Р.А.</i>	195
РАЗРАБОТКА БЫТОВЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ ПРИБОРОВ С ТЕПЛОВЫМИ КАМЕРАМИ	
<i>Титлов А.С., Гратий Т.И., Козонова Ю.А., Приймак В.Г.</i>	211
ПРЯМЕ ПІДКЛЮЧЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО НАСОСУ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ВІД ФОТОЕЛЕКТРИЧНОГО МОДУЛЯ	
<i>Баганов Є.О., Соловійов М.В.</i>	213
Секція 2: «ЕКОЛОГІЯ, ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТА РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ»	217
МОРСЬКІ НАФТОВІ ТЕРМІНАЛИ – ДЖЕРЕЛА ВПЛИВУ НА АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ І ПРИРОДООХОРОННІ ЗАХОДИ	
<i>Купріяшкіна О.В., Зацеркляний М.М., Столевич Т.Б.</i>	218
МОРСЬКІ НАФТОВІ ТЕРМІНАЛИ – ДЖЕРЕЛА ВПЛИВУ НА ВОДНІ РЕСУРСИ І ШЛЯХИ ЙОГО ЗМЕНШЕННЯ	
<i>Купріяшкіна О.В., Зацеркляний М.М., Столевич Т.Б.</i>	221
ПРИРОДООХОРОННІ ЗАХОДИ ЩОДО БЕЗПЕЧНОГО ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ НАФТОВИХ ТЕРМІНАЛІВ	
<i>Купріяшкіна О.В., Зацеркляний М.М., Столевич Т.Б.</i>	223

Наукове видання

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

за матеріалами
XVIII Всеукраїнської науково-технічної
онлайн-конференції

«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ»

29-30 вересня 2020 року

(українською, російською, англійською мовами)

Підписано до друку 6.10.2020
Формат 60×84/16. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Друк офсетний. Ум. др. арк. 16,27. Наклад 100 прим.
Зам № 231120/2

Надруковано з готового оригінал-макету у друкарні «Апрель»
ФОП Бондаренко М.О.
65045, м. Одеса, вул. В.Арнаутська, 60
тел.: +38 048 700 11 55
www.aprel.od.ua

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців ДК № 4684 від 13.02.2014 р.