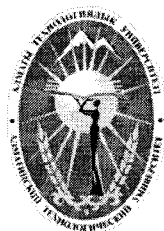


ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

АЛМАТЫ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТИ  
АЛМАТИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ALMATY TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ТОҢАЗЫТУ АКАДЕМИЯСЫ  
МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ ХОЛОДА  
INTERNATIONAL ACADEMY OF REFRIGERATION



V ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ-ТЕХНИКАЛЫҚ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«ҚАЗАҚСТАН-ТОҢАЗЫТУ 2015»  
V МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«КАЗАХСТАН-ХОЛОД 2015»  
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE  
«KAZAKHSTAN-REFRIGERATION 2015»

Конференция баяндамаларының жинағы

19 ақпан, 2015 ж.

Сборник докладов конференции

19 февраля 2015 г.

Proceedings of the Conference

February 19, 2015

Алматы, 2015

УДК 621.56/59 (063)  
ББК 31.397  
К14

Сборник докладов подготовлен под редакцией доктора химических наук,  
академика **Кулажанова К.С.**

**Редакционная коллегия:**

Цой А.П., Кизатова М.Ж., Бараненко А.В.,  
Шлейкин А.Г., Андреева В.И. (ответ. секретарь)

К14 Казахстан-Холод 2015: Сборник докладов международной научно-технической конференции (19 февраля 2015 г.) – Алматы: АТУ, 2015. – 152 с.

ISBN 978-601-263-312-2

В докладах представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований ученых и специалистов Казахстана, Германии, России, Японии и Украины по направлениям: теплоснабжения, кондиционирования и экологии.

Сборник рассчитан на специалистов и ученых, работающих в областях пищевой, химической, нефтеперерабатывающей промышленности, а также гостиничном бизнесе и спортивных комплексах.

УДК 621.56/59(063)  
ББК 31.397

ISBN 978-601-263-312-2

©АТУ, 2015

## АНАЛИЗ СХЕМ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДЫ ИЗ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПРИ ПОМОЩИ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН И АГРЕГАТОВ

*А.Н. Краснопольский<sup>1</sup>, А.С. Титлов<sup>2</sup>, О.Б. Васылив<sup>2</sup>, Д.П. Гожелов<sup>2</sup>*

*1- (Ариэльский Университет, Ариэль, Израиль)*

*2- (Одесская национальная академия пищевых технологий,  
Министерство образования и науки Украины)*

*E-mail: [krasnopolski@ariel.ac.il](mailto:krasnopolski@ariel.ac.il), [titlow@mail.ru](mailto:titlow@mail.ru), [oleg\\_vas@ukr.net](mailto:oleg_vas@ukr.net), [gozhelov@mail.ru](mailto:gozhelov@mail.ru)*

Проблема питьевой воды – извечная проблема, стоящая перед человечеством. Промышленная революция сделала многие источники питьевой воды на планете, непригодными, а происходящие в природе климатические изменения не только изменили привычные возможности доступа к воде, но и зачастую ставят многие регионы мира на грань вымирания.

Вопросы очистки загрязненных источников воды, особенно в свете последних достижений науки и техники, уже получили ряд качественных решений, позволяющих вести экономически оправданную очистку воды. Это и мембранные технологии, использование обратного осмоса, эффекта сверхкритической воды и т.п.

В регионах же, где вследствие тех или иных причин, воды просто нет или недостаточно – требуется принципиально иное решение. Одним из подходов, который может претендовать на роль альтернативного вспомогательного направления, может рассматриваться децентрализованное (индивидуальное) производство питьевой воды. В качестве же источника воды в данном случае выступает атмосферный воздух. На данный момент, на рынке предлагается ряд устройств различной производительности для производства воды из воздуха. В целом их можно разделить на два класса – это устройства сорбции и десорбции влаги и устройства, охлаждающие воздух ниже температуры точки росы, так называемым "конденсационным способом", использующие холодильные агрегаты компрессионного типа. Проблема состоит в энергозатратности этих технологий. Причем те, для кого эти технологии, прежде всего необходимы, а это страны Африки, Юго-Восточной Азии, Южной Америки, как правило, имеют проблемы и с получением электрической энергии, необходимой для функционирования холодильного компрессора. Существуют и другие "экзотические" устройства, например использующие пропускание воздуха содержащего водяные пары через коронный разряд [1]. Проведенные лабораторные испытания уже запатентованных устройств, к сожалению, не подтвердили их работоспособность.

В настоящее время авторы планируют проверить несколько конструкций, которые могут быть использованы как для холодильной техники, так и для прикладной задачи – экстракции воды из воздуха.

1. «Холодильник Зысина В.А» (рис.1) [2].

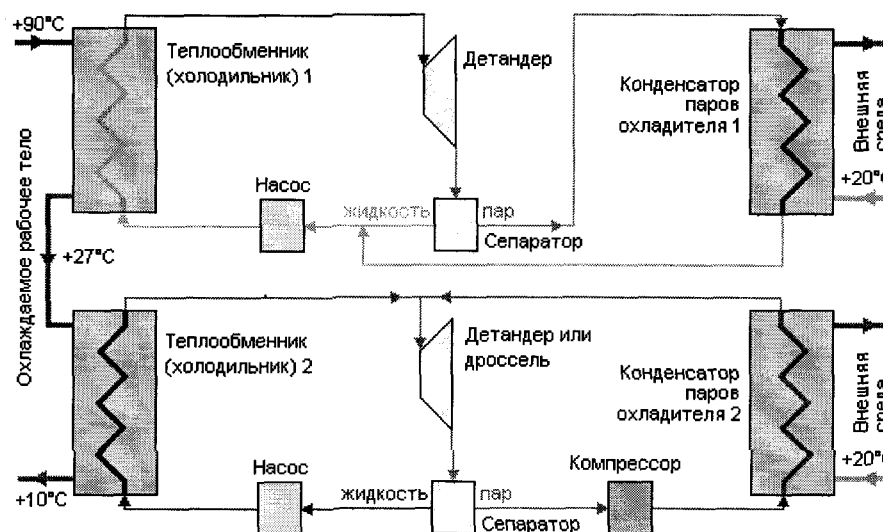


Рисунок 1– Схема «холодильника Зысина В.А.»

Очевидно, что в схеме используются две условно независимые части, т.е. охлаждение идет в два этапа.

Верхняя часть схемы утилизирует теплоту, температура которой выше температуры окружающей среды (например, от солнечного нагревателя воды – солнечного коллектора). Насос подаёт жидкий хладагент в первый холодильник, где охлаждаемое рабочее тело отдаёт большую часть своего тепла, охлаждаясь само и нагревая хладагент. Подогретый хладагент, продолжая оставаться в жидком состоянии, поступает, за счёт созданного насосом избыточного давления, в детандер, где давление падает. В результате падения давления в детандере он частично испаряется, расширяется, охлаждается и совершает механическую работу, приводя в движение насосы обеих частей схемы и компрессор второй части схемы. Сепаратор подаёт жидкую часть хладагента из детандера непосредственно на вход насоса, который откачивает охлаждённый хладагент, обеспечивая в детандере разрежение, необходимое для частичного испарения нагретого хладагента. Отделённые от жидкости пары поступают в конденсатор, где дополнительно охлаждаются, конденсируются и также подаются на вход насоса.

Нижняя часть схемы по существу представляет собой обычный компрессионный холодильник, в котором охлаждение хладагента достигается его расширением в детандере (или дросселе), затем сепаратор направляет пар в компрессор на сжатие и последующую конденсацию, а жидкую холодную часть хладагента — через насос на окончательное охлаждение рабочего тела во втором холодильнике.

В итоге, схема Зысина способна использовать тепло охлаждаемого тела ниже температуры охлаждающей среды, например, до температуры точки росы. В принципе, совместно с дополнительными устройствами, по первоначальному разгону насоса, а также по подаче воздуха и удалению выпадающей влаги данная схема может быть реально использована в системах "Вода из воздуха".

## 2. Солнечный цикл тепловой машины Ренкина (рис.2)

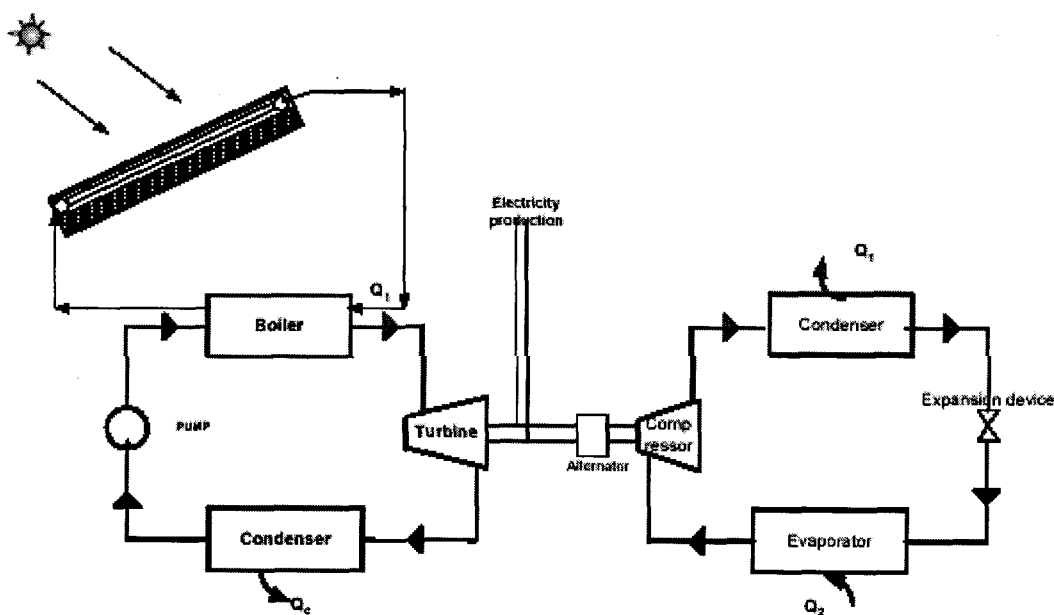


Рисунок 2 – Схема охладителя с приводом от тепловой машины Ренкина

В отличие от Зысина В.А., который использует, охлаждающее тело, в жидкой фазе, в этой схеме используются фазовые превращения. Левая, силовая часть предназначена исключительно для привода компрессора правой части. Правая часть схемы по сути, как нижняя часть схемы Зысина В.А., представляет собой обыкновенный холодильник. Эффективной силовой части, в зависимости от ее конструктивных особенностей, будет в пределах 7-15 %. Энергетическая эффективность (COP) же правой части, по сути теплового насоса, будет в пределах 2-3, т.е. суммарная энергетическая эффективность схемы будет достаточной, чтобы использовать ее для выделения существенного количества воды из воздуха.

### 3. Детандерная схема

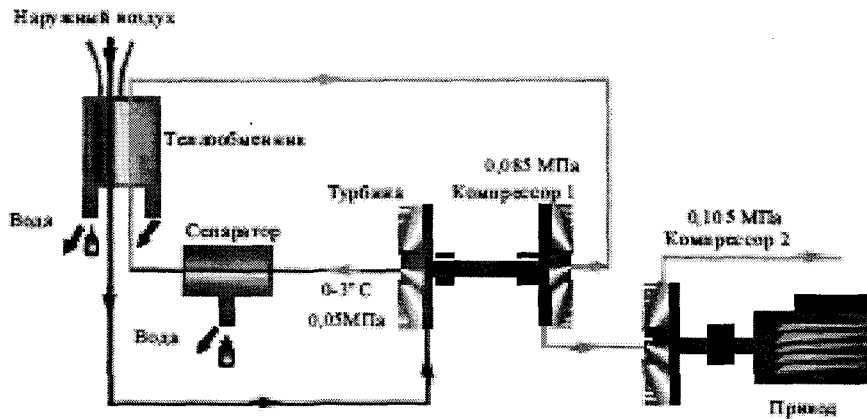


Рисунок 3 – Турбоагрегат для получения воды из воздуха окружающей среды

Предлагаемая схема разработана в Казанском государственном техническом университете им. А.Н. Туполева [3]. До настоящего времени схема не экспериментально не опробована. Тем не менее эта схема, в части охлаждения, полностью корреспондируется с разработками Университета Бристоля [4], которые экспериментально доказали ее работоспособность и высокую эффективность.

Особый интерес в системах получения воды представляют автономные холодильные агрегаты, которые не используют в работе электрическую энергию.

4. Авторами предложена схема работы такого автономного устройства на базе абсорбционного холодильного агрегата (АХА), представленная на рис. 4.

Установка содержит АХА, в состав которого входят: генератор 1, дефлегматор 2, конденсатор 3, испаритель 4, опускной 5 и подъемный 6 каналы парогазового контура, абсорбер 7, ресивер раствора рабочего тела 8, теплообменник типа «труба в трубе» 9 растворов рабочего тела, каналы слабого 10 и крепкого 11 растворов рабочего тела. Генератор 1 АХА установлен в фокусе параболического зеркального концентратора солнечного теплового излучения 12.

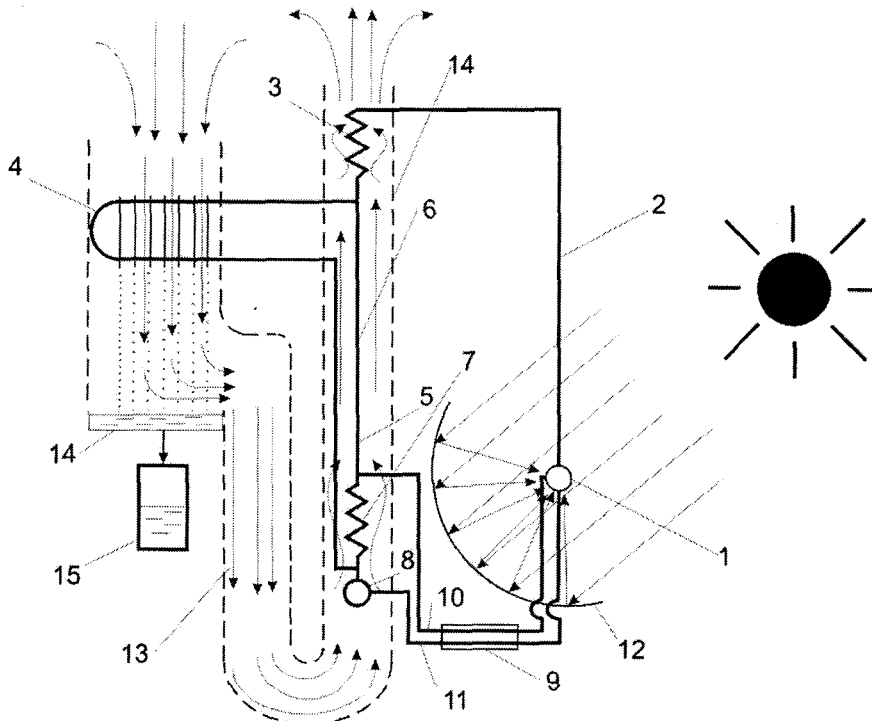


Рисунок 4 – Схема автономной системы получения воды из атмосферного воздуха на базе абсорбционного холодильного агрегата

АХА заправлен традиционным трехкомпонентным рабочим телом – водоаммиачным раствором (ВАР) и водородом в качестве выравнивающего инертного газа. ВАР частично заполняет генератор 1 и ресивер 8, а теплообменник 8 и каналы 10 и 11 – полностью. Контур естественной циркуляции воздушного потока представляет собой U – образный канал с опускными 13 и подъемными 14 частями. В опускном канале 13 установлена емкость 15 для сбора конденсата, стекающего с испарителя 4. Из емкости 15 конденсат отводится для дальнейшего хранения в сосуде 16. В верхней части опускного канала 13 размещен испаритель 4 АХА, а в нижней и верхней части подъемного канала 14, соответственно, абсорбер 7 и конденсатор 3.

Работа установки для получения воды из атмосферного воздуха осуществляется следующим образом.

При восходе солнца его тепловое излучение попадает на концентратор 12, который фокусирует его и подает на генератор 1. Генератор 1 разогревается и из заполняющего его ВАР начинает преимущественно выпариваться, низкипящий компонент – аммиак. Из-за недостаточно высокой разности нормальных температур кипения воды и аммиака в образующемся паре частично находится и водяной пар.

Очистка пара аммиака от воды происходит в дефлегматоре 2 с отводом теплоты фазового перехода в окружающую среду. Очищенный пар аммиака поступает в конденсатор 3, где сжижается также с отводом теплоты фазового перехода в окружающую среду.

Для обеспечения необходимого температурного напора между поверхностью конденсатора 3 и наружным воздухом давление во внутренней полости АХА поддерживают на уровне 20 ... 22 бар, что соответствует уровню температур в рабочей зоне порядка 50°C. Жидкий аммиак из конденсатора 3 стекает в испаритель 4, куда поступает из подъемного канала 5 и частично очищенный от пара аммиака водород.

В испарителе 4 происходит испарение жидкого аммиака в среду инертного газа-водорода при низком парциальном давлении и, соответственно, при низкой температуре.

Состав рабочего тела АХА подбирается таким образом, чтобы можно было бы обеспечить температуру на наружной поверхности испарителя ниже температуры точки росы.

Из испарителя 4 насыщенный паром аммиака инертный газ (водород) за счет большей плотности опускается по каналу 6 вниз – в нижнюю часть абсорбера 7.

В верхнюю часть абсорбера 7 поступает из генератора 1 "слабый" (с меньшей долей аммиака) ВАР, который стекает в нижнюю часть абсорбера 7 и накапливается в ресивере 8.

При контактном взаимодействии "слабого" ВАР и насыщенной смеси аммиака и водорода происходит абсорбция (поглощение) пара аммиака жидкостью. "Слабый" ВАР при этом насыщается и становится насыщенным по аммиаку ("крепким"), а водород частично очищается от пара аммиака.

"Крепкий" ВАР по каналу 11 поступает через теплообменник 9 в генератор 1. В теплообменнике "слабый" ВАР отдает тепло "крепкому" ВАР и цикл работы АХА повторяется.

При контакте атмосферного воздуха с поверхностью испарителя 4, имеющую температуру ниже температуры точки росы, происходит конденсация растворенного водяного пара, при этом атмосферный воздух осушается и охлаждается.

Охлажденный и осушенный воздух имеют большую плотность и опускаются в нижнюю часть канала 13.

Конденсат воды стекает с испарителя 4 и накапливается в емкости 15, откуда затем подается в емкость 16.

В нижней части подъемного канала 14 осушенный и охлажденный воздух контактирует с нагретой до 42 ... 45°C [5] поверхностью абсорбера 7.

В процессе теплообмена воздух нагревается, а абсорбер 7 охлаждается. Нагретый теплый воздух, имеющий меньшую, по сравнению с холодным плотность выталкивается в зону конденсатора, где дополнительно нагревается при отводе теплоты конденсации.

Как было отмечено выше, восходящий поток осушенного холодного воздуха снижает температуру теплорассеивающих элементов АХА (абсорбера и конденсатора), а это приводит к повышению холодопроизводительности испарителя АХА при прочих равных условиях.

Таким образом, реализуется абсолютно автономный способ получения воды из атмосферного воздуха, производительность которого зависит только от интенсивности солнечного теплового излучения и постоянна в течение светового дня.

**ВЫВОД**

В качестве базовых схем для своих разработок авторы рассматривают две автономные схемы систем получения воды из атмосферного воздуха – модернизированный "солнечный" цикл Ренкина на базе парокомпрессионной холодильной машины, в которой в качестве рабочего тела будет использован R600 (изобутан) и цикл АХА (рис.4).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент 2288021 РФ, МКИ В 01 D 5/00. Способ конденсации пара из газа и устройство для его осуществления / П.П. Полуэктов, Е.П. Емец, Г.Ю. Коломейцев, В.В. Широков (РФ). – Заявл. 2004-05-24. Опубликовано 27.11.2006.
2. А.с. 591667 СССР, МКИ F 25 В 25/00, F 01 К 25/10, F 25 В 11/00 . Способ охлаждения рабочего тела / Я.А. Берман, В.А. Зысин, Б.Е. Иванов, Ю.Н. Марр, А.П. Рафалович, В.К. Смехов (СССР). – № 2302506/06; заявл. 22.12.75; Оpubл. 05.02.78, Бюл. № 5.
3. Перельштейн Б.Х. Новые энергетические системы: Казань, Издательство Казанского государственного технического университета, 2008. – 244 с.
4. D J G Butler. Using air for cooling. Environmental Engineering Centre, A Giegel and S. Russell, University of Bristol, Building Research Establishment Ltd 2001.
5. Ищенко И.Н., Титлов А.С., Олифер Г.М. Результаты экспериментальных исследований абсорбционных холодильных приборов, работающих в климатических условиях класса SN // Харчова наука і технологія. – 2010. – № 4. – С. 100-103.