

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

**АЛМАТЫ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ
АЛМАТИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ALMATY TECHNOLOGICAL UNIVERSITY**

**ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ТОҢАЗЫТУ АКАДЕМИЯСЫ
МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ ХОЛОДА
INTERNATIONAL ACADEMY OF REFRIGERATION**



**VII ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ-ТЕХНИКАЛЫҚ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ҚАЗАҚСТАН-ТОҢАЗЫТУ 2017»**

**VII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«КАЗАХСТАН-ХОЛОД 2017»**

**VII INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE
«KAZAKHSTAN-REFRIGERATION 2017»**

**Конференция баяндамаларының жинағы
15-16 наурыз, 2017 ж.**

**Сборник докладов конференции
15-16 марта 2017 г.**

**Proceedings of the Conference
March 15-16, 2017**

Алматы, 2017

УДК 621.56/59(063)
ББК 31.392
К14

Сборник докладов подготовлен под редакцией
доктора технических наук, академика **Кулажанова Т.К.**

Редакционная коллегия:

Цой А.П., Бараненко А.В., Кантарбаев Р.А.,
Шлейкин А.Г., Андреева В.И. (ответ.секретарь)

К14 Казахстан-Холод 2017: Сб. докл. межд.науч.-техн. конф. (15-16 марта 2017 г.) – Алматы: АТУ, 2017. – 285 с.

ISBN 978-601-263-389-4

В докладах представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований, проведенных в Казахстане, Германии, России, Японии и Украине по следующим направлениям: холодильная техника и компрессоростроение, теплохладоснабжение, системы кондиционирования воздуха и жизнеобеспечения, экология в холодильной промышленности, холодильная и пищевая технология. Сборник рассчитан на специалистов и ученых, работающих в областях холодильной, пищевой, химической, нефтеперерабатывающей промышленности, а также на специалистов по системам кондиционирования воздуха и жизнеобеспечения жилых, коммерческих зданий и спортивных комплексов.

УДК 621.56/59(063)
ББК 31.392

ISBN 978-601-263-389-4

© АТУ, 2017

УДК 536.248.2: 532.529.5

СОЛНЕЧНЫЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛО-ХЛАДОСНАБЖЕНИЯ

*Дорошенко А.В., д.т.н., Младёнов И.Ю., аспирант
Одесская национальная Академия пищевых технологий, Украина
E-mail: mladyonov.ivan@gmail.com, dor_av@i.ua*

Сопряженные проблемы энергетики и экологии интенсифицируют поиск альтернативных решений в области холодильных и кондиционирующих систем. Испарительные охладители могут использоваться как автономно, так и в составе солнечных осушительно-испарительных систем, основанных на открытом теплоиспользующем абсорбционном цикле, где предварительное осушение воздуха обеспечивает высокую эффективность последующего испарительного охлаждения сред в холодильных системах (СХС) и термовлажностную обработку воздуха в системах кондиционирования (ССКВ) [1]. Разработанные решения для охладителей охватывают нужды энергетики, химической и пищевой технологий и позволяют решать задачи охлаждения, не прибегая

к традиционной парокомпрессионной технике. Это позволяет существенно улучшить эко-энергетические показатели СХС и ССКВ.

1. Солнечные многофункциональные системы

Основная концепция создания солнечных многофункциональных теплоиспользующих установок тепло-хладоснабжения и кондиционирования воздуха включает следующие позиции: – многофункциональные солнечные системы основаны на теплоиспользующем абсорбционном цикле открытого типа и состоят из осушительной части в составе абсорбер-осушитель – десорбер-регенератор, и охлаждающей части, в составе испарительных воздухоохладителя прямого (ПИО), или непрямого (воздухоохладитель НИО) типов; – поддержание непрерывности цикла обеспечивает либо альтернативный возобновляемый источник энергии, либо традиционный источник, при этом источником тепла для работы десорбера-регенератора является солнечная система; – в солнечной системе используются плоские солнечные жидкостные коллекторы (СКж), с полимерными теплоприемниками и другими элементами конструкции (прозрачное покрытие, корпусная часть) [1].

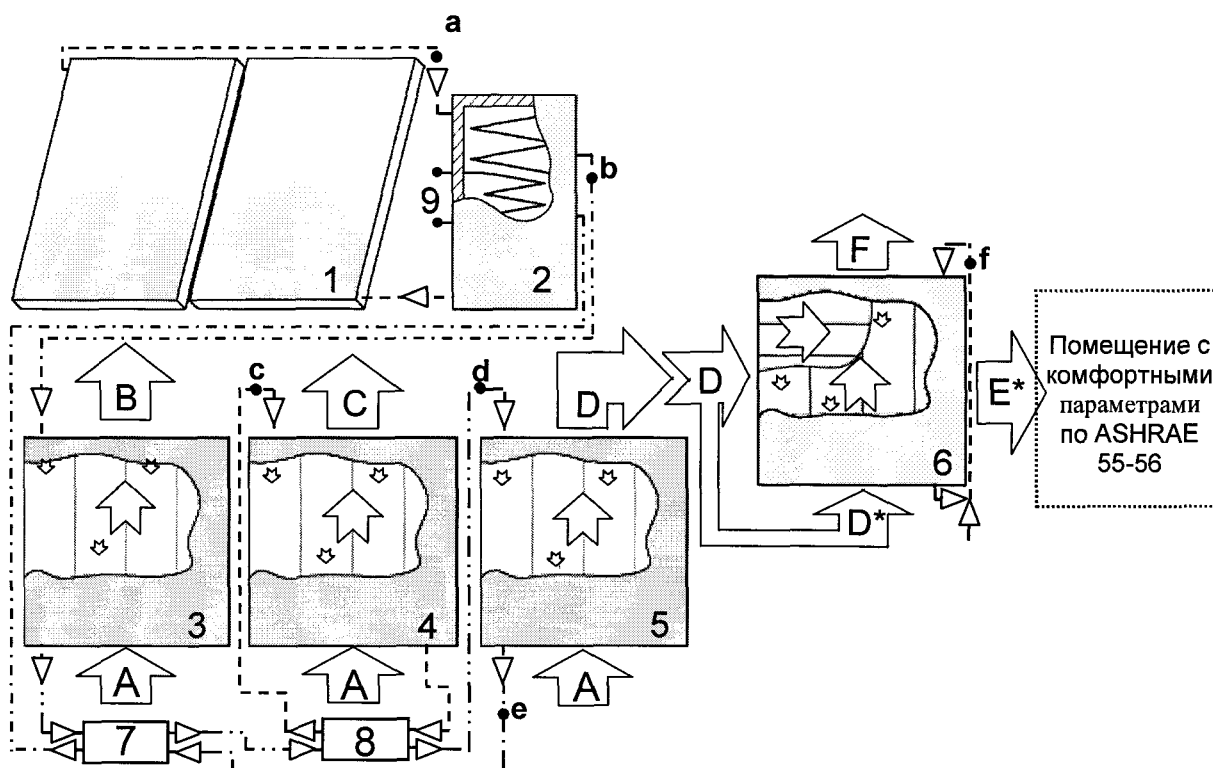


Рисунок 1 – Схема солнечной системы кондиционирования:

A – поток наружного воздуха; B – поток воздуха после десорбера; C – поток воздуха после технической градирни; D – поток осушенного воздуха после абсорбера; D* – поток вспомогательного осушенного воздуха после абсорбера; E, E* – поток продуктового воздуха в помещение; F – поток воздуха после НИОг; a – нагретый теплоноситель ССГВ; b – слабый нагретый раствор перед десорбером; c – теплоноситель технической градирни; d – концентрированный охлажденный раствор перед абсорбером; e – разбавленный раствор после абсорбера; f – постоянно циркулирующая вода; g – традиционный источник; 1 – полимерный солнечный коллектор; 2 – бак тепло-аккумулятор; 3 – десорбер; 4 – техническая градирня для охлаждения крепкого раствора; 5 – абсорбер; 6 – не прямой испарительный

Принципиальная схема разработанных солнечных систем представлена на рис.

1. Схема включает:

- осушительный блок в составе абсорбера-осушителя (5) и десорбера-регенератора (3), солнечную систему, в составе солнечных коллекторов СКж (1) и бака-теплоаккумулятора (2), а также градирню технологического назначения, обслуживающую абсорбер (4);
- охлаждающий блок, в составе воздухоохладителей непрямого испарительного типа НИО (6).

Солнечная система обеспечивает реализацию процесса восстановления слабого раствора абсорбента, покидающего абсорбер-осушитель наружного воздуха, причем на линии горячего крепкого и холодного слабого растворов абсорбента установлен теплообменник (7). Бак-теплоаккумулятор (БТА), или непосредственно в ТМА осушительного контура может также включать дополнительный встроенный теплообменник 9 для компенсации колебаний солнечной активности и ветронагрузки в месте установки системы. Разработанная солнечная система может функционировать, получая тепло на регенерацию абсорбента от любого наличного источника низкопотенциального тепла.

2. Разработка полимерного плоского солнечного коллектора

Переход плоских солнечных коллекторов с металлической конструкцией абсорбера на полимерный материал, обеспечивает снижению стоимости и веса ССГВ. Также, переход на полимерный материал способствует укреплению озонового слоя Земли, путем уменьшения вредных выбросов от производства металлического абсорбера.

В Одесской государственной академии холода (ОГАХ) выполнялись разработки и исследования СКж, для совершенствования их характеристик была выполнена следующая идеология развития конструктивных решений:

- первым шагом была замена стеклянного прозрачного покрытия (ПП) на многоканальную полимерную плиту (рис. 2);

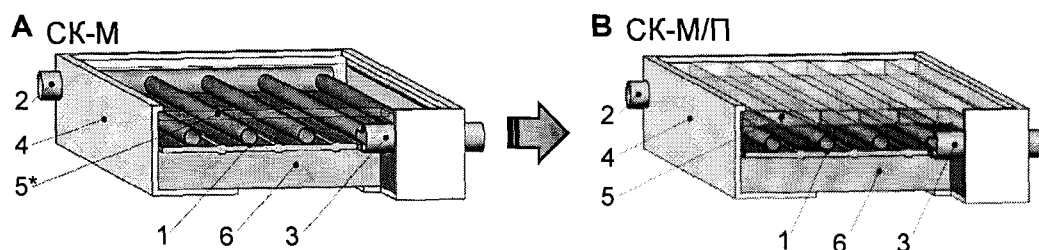


Рисунок 2 – Традиционный СК (А) и металло-полимерный СК (В): 1 – абсорбер; 2,3 – гидравлические коллекторы; 4 – корпус; 5 – полимерное ПП; 5* – ПП из стекла; 6 – нижняя теплоизоляция

- дальнейшее усовершенствование плоских СКж, заключалось в переходе на полимерные материалы в дизайне абсорбера, путем замены традиционного трубного регистра СК (с оребрением или без оребрения) на многоканальную полимерную плиту в конструкции абсорбера (рис. 3) [2];

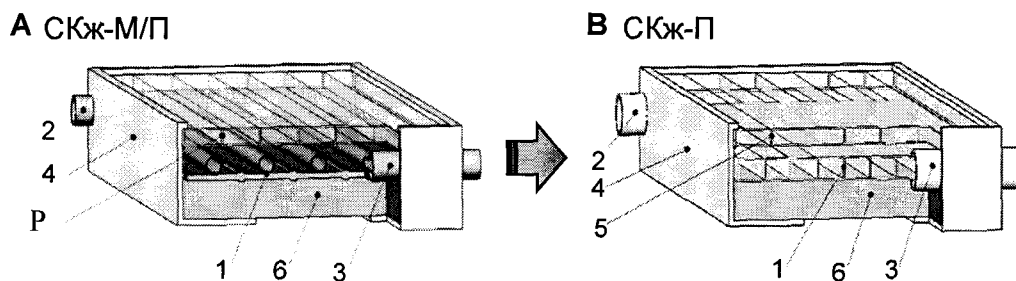


Рисунок 3 – Металло-полимерный СКж (А) и полимерный СКж с воздушным зазором (В): Обозначения см. на рисунке 4

- устранение традиционного воздушного зазора в СК-П, что позволило новому типу прозрачного покрытия, в известной мере выполняющий роль традиционного воздушного зазора в подавлении конвективных и радиационных потерь (рис. 4) [2].

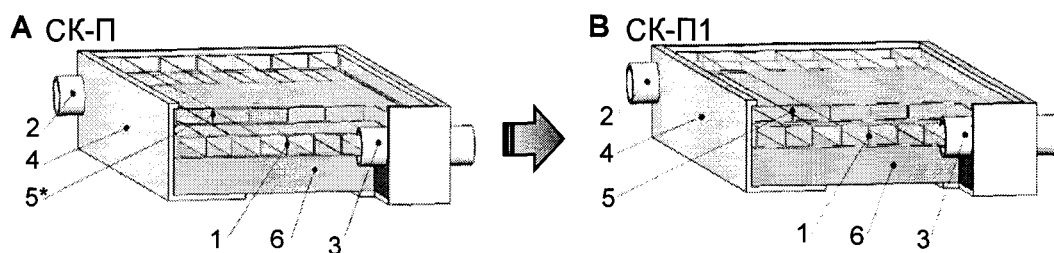


Рисунок 4 – Полимерный СК с воздушным зазором (А) и полимерный СК без традиционного воздушного зазора (В): Обозначения см. на рисунке 4

Как показали экспериментальные сравнения солнечных коллекторов на основе полимерных материалов [1-3,5,6], разработанных в ОГАХ, серьезной проблемой перехода СК на полимерный материал абсорбера является, неравномерное распределение теплоносителя в каналах абсорбера, которое приводит к деформации абсорбера и разрушению нижней теплоизоляции. Проблема неравномерности распределения теплоносителя подтверждается зарубежными публикациями [4,5], как на металлической конструкции абсорбера, так и на полимерной.

Данная проблема может привести к перегреву теплоносителя в каналах с низким расходом жидкости и, в случае использования полимерных материалов, к «температурному шоку», приводящему к опасности разрушения основных элементов конструкции СКж-П и выхода СКж из работоспособного состояния.

Дальнейшее совершенствование плоских жидкостных СКж-П основывается на следующих решениях:

- переход от двухъярусной (четырёхстенной) композиции ПП-абсорбер, состоящей из отдельных многоканальных поликарбонатных плит (рис. 5 А,В) к единому двухъярусному (трехстенному) моноблоку из многоканальных поликарбонатных плит (рис. 5С), что устраняет дополнительное термическое сопротивление на границе состыковки абсорбера и ПП и обеспечивает необходимую жесткость и надежность всей структуре СКж-П;

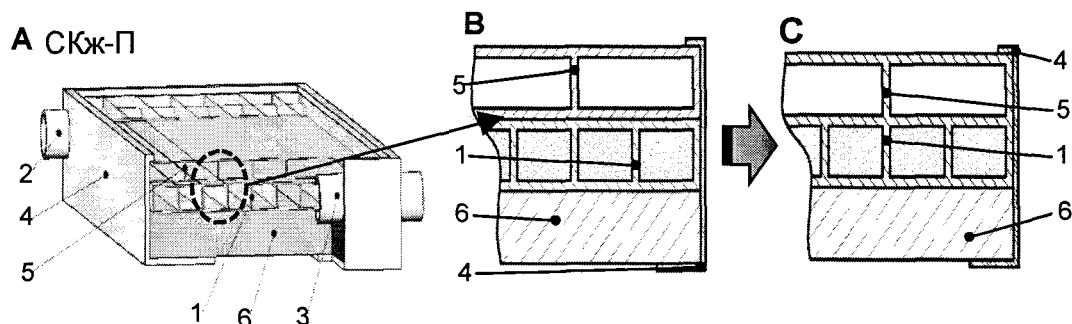


Рисунок 5 – Полимерный плоский СКж без традиционного воздушного зазора (А,В), с модернизацией абсорбера и ПП в единую двухъярусную моноблочную многоканальную плиту (С): Обозначения см. на рисунке 4

Переход на оформление дизайна абсорбера СКж-П в виде многоканальных полимерных плит с линейным изменением ширины рабочего канала, для увеличения долговечности СКж-П, путем равномерного распределения рабочего вещества в каналах абсорбера (рис. 6).

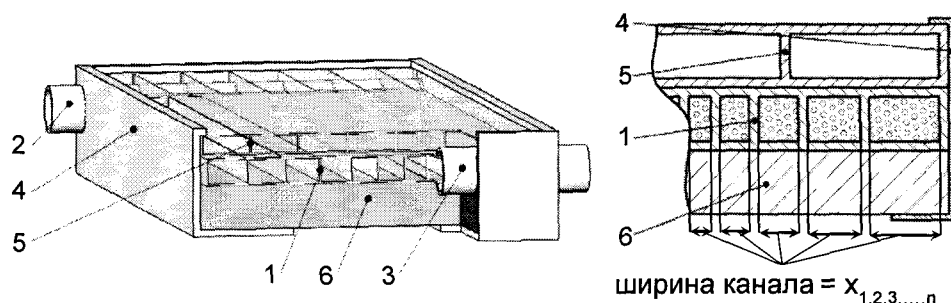


Рисунок 6 – Полимерный плоский СКЖ с линейным изменением ширины канала: 1 – абсорбер; 2,3 – гидравлические коллекторы; 4 – корпус; 5 – полимерное ПП; 6 – нижняя теплоизоляция

3. Анализ проблемы неравномерности распределения теплоносителя

Ключевой задачей для жидкостных СКЖ-П, является проблема неравномерности распределения теплоносителя в каналах теплоприемника. Эта проблема усугубляется при переходе на полимерные материалы, поскольку неравномерность распределения теплоносителя приводит к критическим тепловым нагрузкам на части коллектора, что, наряду со снижением эффективности преобразования солнечной энергии в СКЖ-П, грозит к деформации и уменьшению срока эксплуатации основных элементов солнечного коллектора.

Авторами выполняется теоретическое и экспериментальное исследования проблемы неравномерности распределения теплоносителя в каналах теплоприемника [3]. Задача включает два основных раздела исследования: 1 - изучение проблемы неравномерности распределения теплоносителя по каналам теплоприемника (абсорбера) с идентичными каналами; 2 – влияние на повышение равномерности теплоносителя путем изменения размера каналов с учетом выявленной неравномерности в первой части исследований. При этом, наряду с варьированием геометрических размеров теплоприемника (изменением ширины канала), также изменяются диаметры гидравлических коллекторов.

В расчете распределения теплоносителя в каналах абсорбера, варьировались диаметры гидравлических коллекторов, от 15 мм до 30 мм, а также средняя скорость теплоносителя на входе в коллектор, от 0,5 м/с до 2 м/с. Для расчета распределения теплоносителя в каналах абсорбера с идентичным размером канала, были взяты основные, используемые, типы расположения гидравлических коллекторов, U-type и S-type. Расчет моделировался в инженерном приложении SolidWorks, на базе законов гидродинамики, были определены скорости теплоносителя в каждом канале. Замер скорости производился в трех точках по длине канала, начале, середине и конце, отступая от краев моноблочной многоканальной плиты по 50мм.

Из полученных результатов, можно сделать выводы:

1 - S-type расположение гидравлических коллекторов, на первый взгляд, более эффективнее, чем U-type. Так как, в U-type расположении зона стагнации больше чем у S-type.

2 - Максимальные скорости теплоносителя в каналах теплоприемника, присутствуют в каналах, находящихся вблизи выхода теплоносителя из теплоприемника.

3 - С увеличением диаметра гидравлических коллекторов, средняя скорость в абсорбере уменьшается и, следовательно, уменьшается общая зона стагнации теплоносителя в каналах с меньшей скоростью.

4 - В примере, минимального диаметра гидравлического коллектора, для уменьшения зоны стагнации, нужно увеличивать среднюю скорость теплоносителя через абсорбер. Следовательно, переход всей системы солнечного тепло-водоснабжения на большие скорости, что повлияет на увеличение потребляемой мощности насоса или переход на более производительные насосы, с плавным регулированием производительность, для регулирования скорости теплоносителя в зависимости от поры года и солнечной инсоляции.

Для обеспечения равномерного распределения теплоносителя в каналах абсорбера, а, следовательно, обеспечения защиты от перегрева полимерных частей СКЖ-П, необходимо провести расчеты с дифференцированным размером ширины канала абсорбера и определить оптимальные условия. Так же возможно обеспечение равномерности распределения, путем изменения дизайна гидравлических коллекторов, переход на конусную конструкцию гидравлических коллекторов, с

уменьшением диаметра коллектора, по ходу движения теплоносителя в нем. Не исключен вариант равномерного распределения, путем изменения характера потока теплоносителя, с помощью использования различных насадок в входном гидравлическом коллекторе.

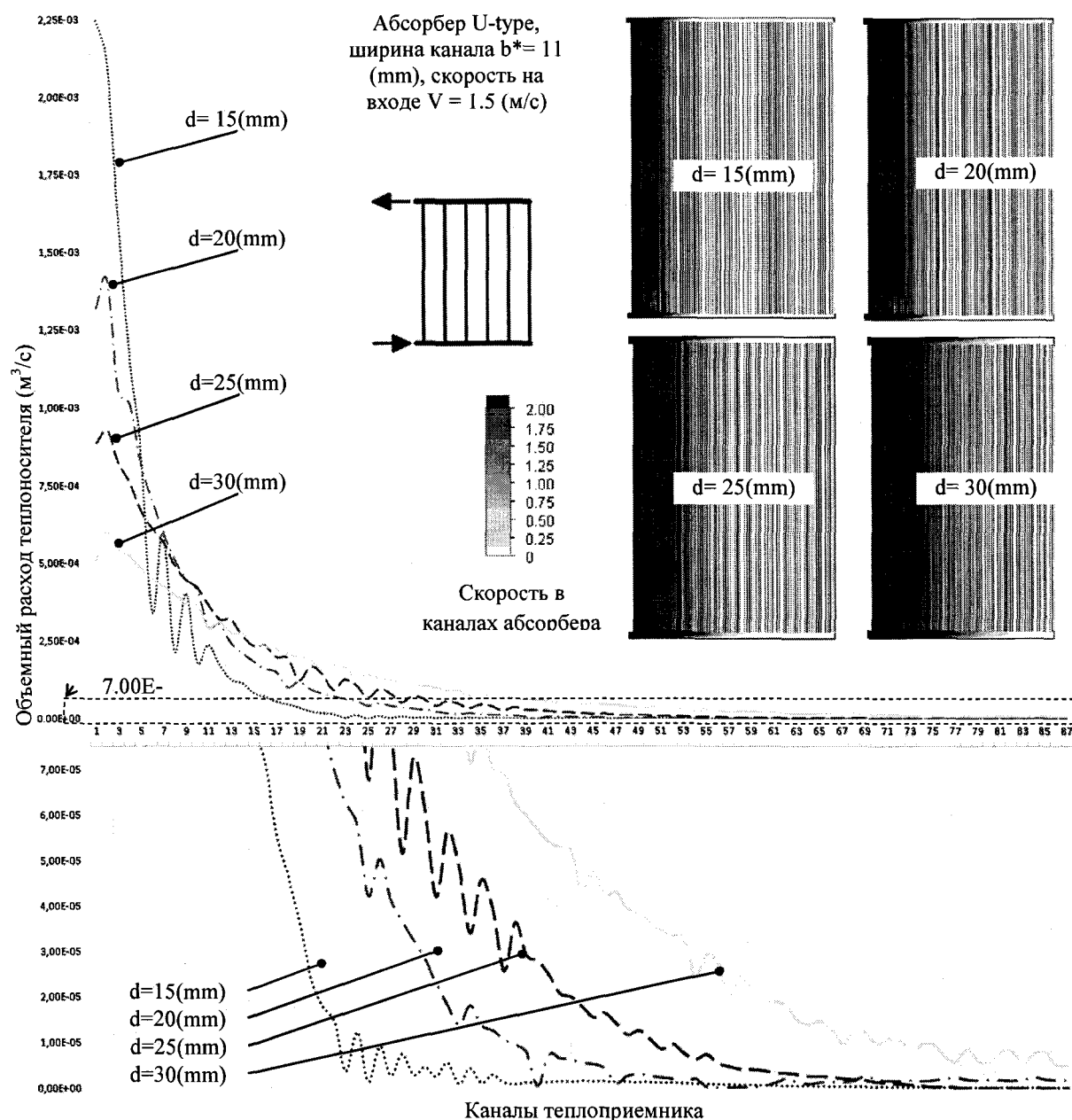


Рисунок 4 - Распределение теплоносителя, при $V=1.5$ (м/с) на входе в U-типе абсорбер

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дорошенко А.В. Альтернативная энергетика. Солнечные системы тепло-хладоснабжения: монография / А. В. Дорошенко, М. А. Глауберман. - Одесса: ОНУ, 2012. - 446 с – ISBN 978-617-689-015-7
2. Guangming Chen Comparative field experimental investigations of different flat plate solar collectors / Guangming Chen, A.Doroshenko, K. Shestopalov, I. Mladionov, P. Koltun // Refrigeration engineering and technology.- 2015.- № Volume 51, Issue 2.
3. Дорошенко А.В. Разработка, теоретическое и экспериментальное исследование плоских полимерных солнечных коллекторов / Дорошенко А.В. Младёнов И.Ю // Физика аэродисперсных систем.- 2015

4. A.Doroshenko Polymeric materials for solar energy utilization: a comparative experimental study and environmental aspects / A.Doroshenko, K. Shestopalov, I. Mladionov, V. Goncharenko, P. Koltun // Refrigeration engineering and technology.- 2016.- №Volume 52, Issue 3.- C.16-23.
5. J. Burch Low-Cost Solar Domestic Hot Water Systems for Mild Climates / J. Burch, C. Christensen, T. Merrigan, R. Hewett, and G. Jorgensen, National Renewable Energy Laboratory, 1617 Cole Blvd.; Golden, CO 80401
6. Jianhua Fan Flow distribution in a solar collector panel with horizontally inclined absorber strips // Jianhua Fan, Louise Jivan Shah, Simon Furbo. - Department of Civil Engineering, Technical University of Denmark, Brovej, DK-2800 Kgs. Lyngby, Denmark. - 2 March 2007
7. G. Martinopoulos CFD modeling of a polymer solar collector // G. Martinopoulos, D. Issirlis, G. Tsilingiridis, K. Yakinthos, N. Kyriakis. - Renewable Energy Volume 35, Issue 7, July 2010, Pages 1499–1508
8. Дорошенко А.В. Разработка многофункциональных абсорбционных систем на основе теплообменных аппаратов с подвижной насадкой // Дорошенко А.В., Гончаренко В.А., Младёнов И.Ю., Цапушел А.Н. // Международная научная конференция «Холодильная техника и технология», 15 ноября 2016 года. – Николаев

УДК 621.574

НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ТРИГЕНЕРАЦИИ В МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Морозюк Л.И., д.т.н., Гайдук С.В., к.т.н., Грудка Б.Г., аспирант

Одесская национальная академия пищевых технологий, Украина

E-mail: lara.morozuk@mail.ru, bogdangennadievich@gmail.com, gayduck.sergei@yandex.ua

Совместное производство электроэнергии и тепла (системы к генерации) давно и широко используют при утилизации сбросного тепла энергетических установок различной мощности [1].

Сложный термодинамический комплекс, называемый теплоиспользующей холодильной машиной, состоит из двух взаимосвязанных простых – тепловой и холодильной машин. Он давно признан способом уменьшения потребления материальных и природных ресурсов и источником экономии энергетических ресурсов [2].

Таким образом, объединение в единый комплекс системы к генерации и теплоиспользующей холодильной машины с производством трех полезных эффектов, названное тригенерацией, способно дать максимальный эффект экономии природных ресурсов [3].

Термину «тригенерация» можно дать следующее определение – процесс совместного производства электроэнергии, тепла и холода от одной энергетической установки, вырабатывающей электрическую и утилизируемую тепловую энергию, с теплоиспользующей холодильной установкой, вырабатывающей холод за счет потребления произведенной тепловой и незначительного количества электрической энергии.

Развитие систем тригенерации в энергетических установках связано, с одной стороны, с ростом цен на энергоносители и электроэнергию для эксплуатации крупных строительных объектов различного назначения и обеспечения технологических процессов промышленных предприятий с разным температурным уровнем производства, с другой стороны, с дефицитом электрических коммуникаций в большом количестве населенных пунктов.

Из существующих систем тригенерации выделяются в особую группу системы малой энергетики. Они наиболее востребованы, но имеют самую малую техническую информацию относительно развития.

Малая энергетика решает проблемы удаленных от централизованных энергетических систем населенных пунктов и независимых малых производств, в частности, сельскохозяйственных. Например, 60...70% территории Российской Федерации не охвачены централизованным энергоснабжением [4]. Реализованная в таких условиях система тригенерации малой энергетики способна повысить эффективность использования первичной энергии и отношение суммарной производимой мощности к массе используемого оборудования.

Решение о целесообразности применения систем тригенерации для конкретных потребителей с выбором рабочих параметров и характеристик блоков системы требует детального анализа и сбора данных относительно реальных величин термодинамического совершенства каждого блока. Эти данные могут быть получены из мониторинга действительных установок и развития современного производства.