

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

АЛМАТИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ALMATY TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ ХОЛОДА  
INTERNATIONAL ACADEMY OF REFRIGERATION



climalife®

*Danfoss*



МАУЕКАША  
MYCOM

TRAMAX  
LIMITED

VIII МЕЖДУНАРОДНАЯ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«КАЗАХСТАН-ХОЛОД 2018»

VIII INTERNATIONAL  
SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE  
«KAZAKHSTAN-REFRIGERATION 2018»

Сборник докладов конференции  
15-16 марта 2018 г.  
Proceedings of the Conference  
March 15-16, 2018

Алматы, 2018

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., Шалбаев К.К.,  
Шлейкин А.Г., Андреева В.И. (ответ.секретарь)

К14            Казахстан-Холод 2018: Сб. докл.межд.науч.-техн.конф. (15-16  
марта 2018 г.) = Kazakhstan-Refrigeration 2018: Proceedings of the Conference  
(March 15-16, 2018). – Алматы: АТУ, 2018. – 255 с., русский, английский.

ISBN 978-601-263-425-9

В докладах представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований, практических внедрений, проведенных в Казахстане, Дании, Бельгии, Германии, России, Японии, Узбекистане и Украине по следующим направлениям: холодильные машины и установки, 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.

The proceedings present the results of theoretical and experimental studies, practical implementations in Kazakhstan, Denmark, Belgium, Germany, Russia, Japan, Uzbekistan and Ukraine in the following areas: refrigeration machines and installations, air conditioning and life support systems, refrigeration ecology, refrigeration and food technology. These proceedings are devoted to professionals and scientists working in the fields of refrigeration, food, chemical, oil refining industries, as well as to specialists of air conditioning systems and life-support of residential, commercial buildings and sports complexes.

УДК 621.56/59(063)  
ББК 31.392

ISBN 978-601-263-425-9

© АТУ, 2018

Полученные результаты теоретических исследований свидетельствуют о перспективности практической реализации абсорбционно-резорбционной холодильной машины в системах малой энергетики.

### Список литературы

1. Морозюк, Л. И. Теплоиспользующие холодильные машины – пути развития и совершенствования [Текст] / Л.И. Морозюк // Холодильная техника и технология. – 2014. – №5 (151). – С. 23–29.
2. Angrisani, G. Performance assessment of cogeneration and trigeneration systems for small scale applications [Text] / G. Angrisani, A. Akisawa, E. Marrasso, K. Roselli, M. Sasso // Elsevier. –2016.
3. Амерханов, Р. А. Теплотехника: Учебн. для вузов, 2-е изд., перераб. и доп. / Р. А. Амерханов, Б. Х. Драганов. – М.: 2006. – 432 с.
4. Thermax [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <http://abxm-thermax.ru>.
5. Морозюк, Л. И. Энергетическая эффективность абсорбционно-резорбционной холодильной машины в системе тригенерации малой энергетики / Л. И. Морозюк, Б. Г. Грудка // Холодильная техника та технология. – 2016. – №4 (52). – С. 4–10.
6. Блиер, Б. М. Теоретические основы проектирования абсорбционных термотрансформаторов / Б. М. Блиер, А. В. Вургафт. – М.: Пищ. Пром. – 1971. – 204 с.
7. Морозюк, Л. И. Новые технические решения тригенерации в малой энергетике / Л. И. Морозюк, Б. Г. Грудка // «Казахстан-Холод 2017»: Сборник докладов международной научно-технической конференции, 15-16 марта 2017 года. – Алматы: АТУ, 2017. – С.166–174.
8. Dr. Claes Stenhede. A Technical Reference Manual for Plate Heat Exchangers in Refrigeration & Air conditioning Applications / Dr. Claes Stenhede // Alfa Laval AB. Fourth edition, June 1st, 2001.
9. Мартыненко, О. Г. Справочник по теплообменникам. Том 2. / О. Г. Мартыненко. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 352 с.
10. Бадьилькес, И. С. Абсорбционные холодильные машины / И. С. Бадьилькес, Р. Л. Данилов. – М.: Пищепромиздат, 1966. – 356 с.

УДК 621.57:621.182.44

## INVESTIGATION OF THE EFFECT OF FOULING ON THE EXTERNAL SURFACE OF AIR COOLED CONDENSER

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСАЖДЕНИЙ НА НАРУЖНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВОЗДУШНОГО КОНДЕНСАТОРА

<p><b>Morozyuk L.I.</b>, Doctor of technical sciences  <b>Sokolovska-Yefymenko V.V.</b>, PhD  <b>Gaiduk S.V.</b>, PhD  <b>Moshkatuk A.V.</b>, Postgraduate</p>	<p><b>Морозюк Л.И.</b>, доктор техн. наук  <b>Соколовская-Ефименко В.В.</b>, кандидат техн. наук  <b>Гайдук С.В.</b>, кандидат техн. наук  <b>Мошкатюк А.В.</b>, аспирант</p>
<p>Odessa National Academy of Food Technologies, Ukraine, 65039, Odessa, 112 Kanatnaya str.</p>	<p>Одесская национальная академия пищевых технологий, Украина, 65039, Одесса, ул. Канатная, 112</p>
<p><b>E-mail:</b> lara.morozyuk@mail.ru, kli2406@yandex.ru, gayduck.sergei@gmail.com, andryimoshkatyuk@gmail.com</p>	

### Abstract

The source of the decrease in the efficiency of the heat exchanger during operation is fouling. The problem of the heat exchange surface fouling is classified as insoluble. A method for

experimental study of the small-scale air-cooled condenser with simulated fouling (simulators) and real fouling on the outer surface is presented. It is proved in present study that the main criterion for the analysis of external fouling is its structure, which obeys the porous structures law.

### **Аннотация**

Источником снижения эффективности теплообменного аппарата в процессе эксплуатации являются осаднения. Проблема осаднений на теплообменной поверхности относится к разряду “неразрешимой”. В работе приведен способ экспериментального исследования воздушного конденсатора с моделируемыми осаднениями (имитаторами) и реальными осаднениями на внешней поверхности малого воздушного конденсатора. Доказано, что главным критерием для анализа внешних осаднений является его структура, которая подчиняется закону пористых структур.

Решение проблем сбережения энергетических и материальных ресурсов в энергетических установках связано с техническим состоянием теплообменного оборудования.

Ее решение в области холодильной и криогенной техники связано с созданием высокоэффективной теплообменной аппаратуры. Работоспособность теплообменного аппарата зависит не столько от его типа, сколько от того, насколько его параметры и технологический процесс соответствует условиям, в которых он эксплуатируется.

Эксплуатация связана с рисками, которые существенно влияют на основные характеристики теплообменника. Одним из источников негативной трансформации процессов является появление и рост твердых осаднений на теплообменной поверхности аппарата, что приводит к снижению эффектности теплообмена и сокращает «жизненный цикл» аппарата.

Воздушные конденсаторы широко используются в системах коммерческого назначения.

Одним из определяющих факторов, отрицательно влияющих на работу машин коммерческого назначения, является появление и рост различных осаднений на внешних поверхностях воздушных аппаратов. Это явление нарушает стабильную работу машины, снижает общую интенсивность процесса передачи тепла и, в конечном счете, приводит к возрастанию энергетических затрат на ее эксплуатацию. Самые распространенные осаднения – это содержащиеся в окружающем воздухе выхлопные газы автомобилей, пыль, копоть, пух цветущих растений и др. В результате на наружной теплообменной поверхности происходит рост твердых осаднений, которые приводят к повышению шумовых характеристик установки, ухудшению теплообмена, повышению энергопотребления и нарушению стабильной работы всей системы.

Влияние осаднений со стороны воздуха на производительность различных типов теплообменников были исследованы многими авторами [2,3,4,5,6,7], как методами математического моделирования, так и экспериментальными путями. Все авторы работ утверждают, что осаднения на теплообменной поверхности зависят от ряда факторов, как в самой системе, так и внешних параметров: геометрии теплообменной поверхности, производительности системы, скорости движения воздуха, типа осаднений, условий эксплуатации при сезонных и суточных изменениях параметров наружного воздуха и т.д.

На основании обзора технической информации в холодильные системы необходимо вводить защитные меры для минимизации осаднений и затрат на их ликвидацию. Результаты анализа загрязнений является полезной информацией для разработки методов инженерных расчетов, которые позволяют на стадии проектирования и в процессе эксплуатации контролировать и определять процесс роста осаднений, тем самым обеспечить впоследствии стабильность работы всей системы.

Таким образом, актуальными является дальнейшие экспериментальные исследования процессов загрязнения воздушных конденсаторов. Их результаты дополняют мировую экспериментальную базу данных анализа твердых осаднений, помогут разработать способы контроля и устранения, твердых осаднений и приблизиться к решению «нерешенной проблемы» загрязнений [1].

Для исследования влияния осадений на теплообменной поверхности воздушного конденсатора был спроектирован и изготовлен экспериментальный стенд. Принципиальная схема которого представлена на рис. 1.

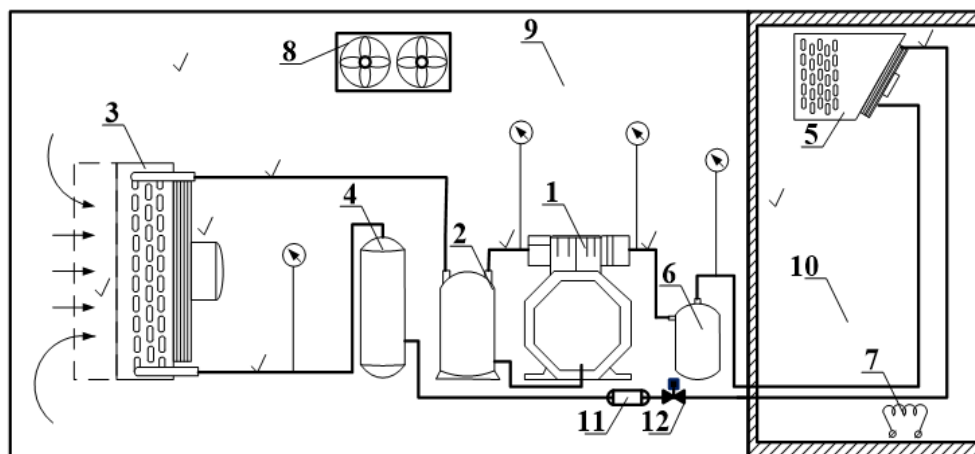


Рисунок 1 – Принципиальная схема стенда: 1 – компрессор, 2 – маслоотделитель, 3 – конденсатор, 4 – ресивер, 5 – воздухоохладитель, 6 – отделитель жидкости, 7 – электронагреватель, 8 – тепловой насос, 9 – климатическая камера, 10 – термостатическая камера, 11 – фильтр осушитель, 12 – соленоидный клапан

Стенд работает по одноступенчатому циклу холодильной машины, рабочим веществом которой является R-22.

Базовым элементом стенда является компрессорно-конденсаторный агрегат фирмы BITZER – марки LN32E/2KES-0.5. В состав, которого входят: полугерметичный поршневой компрессор 1, воздушный конденсатор 3, маслоотделитель 2, линейный ресивер 4, и отделитель жидкости 6.

Агрегат установлен в климатической камере 9, где поддерживаются постоянные параметры воздуха с помощью теплового насоса 8.

Холодильная машина обеспечивает стабильную низкую температуру в термостатированной камере 10. Тепловая нагрузка в камере обеспечивается электронагревателем 7.

Стенд оснащен контрольно-измерительными приборами для определения параметров воздуха и рабочего вещества. Температуры измерялись холодильным контроллером марки ELIWELL ID 974 с использованием ПТС датчиков классом точности 0,10. На (рис. 1) показано расположение датчиков. Скорость потока воздуха на входе в конденсатор измерялась партиципным цифровым анемометром с погрешностью  $\pm 0,01$  м/с. Напряжения и сила тока измерялись цифровым мультиметром UT201. Давление во всасывающей и нагнетательной линии компрессора фиксировалось манометрами низкого и высокого давления, подключенными к штатным вентилям на компрессоре.

Объектом исследования в работе являлся воздушный конденсатор размерами 400x400x120 мм. Теплообменная поверхность конденсатора выполнена из медных труб, расположенных в шахматном порядке с шагом 25x25 мм. Трубы имеют пластинчатые алюминиевые ребра толщиной 1,1 мм, с шагом между ребрами 2,3 мм. Принудительную циркуляцию воздуха обеспечивает осевой вентилятор.

Для проведения испытаний использовали естественные твердые осадения, собранные с действительных воздушных конденсаторов холодильных установок супермаркетов в период их интенсивного образования (в летнее время).

Собранный материал осадений взвесили и подготовили для нанесения на теплообменную поверхность конденсатора. Во время подготовки материала и процедуры нанесения использовались рекомендации работ [6,7].

Эксперимент проводился в несколько этапов. На первом этапе проводились испытания на экспериментальном стенде при отсутствии загрязнений на конденсаторе. Далее 300г твердых осадений были разделены на три части. Материал осадения распылялся на поверхность отдельными порциями в виде мелкодисперсной среды в водяной смеси. В результате каждого этапа испытаний определялись параметры и характеристики работы холодильной машины.

Осаждения отображали реальные условия работы воздушного конденсатора.

Вторым способом проведения эксперимента было предложено использовать искусственно смоделированное аэродинамическое сопротивление воздушного потока в виде имитатора-решетки с переменным живым сечением (рис.2).

Решетка-имитатор представляет собой плоскость с горизонтальными отверстиями, через которые проходит воздух. Общее живое сечение каждой решетки составляет от 10 до 75% действительного живого сечения конденсатора.

Решетка устанавливалась на входе воздуха в теплообменный аппарат.

Испытания проводились с четырьмя решетками разного живого сечения. В результате испытаний определялись параметры и характеристики работы холодильной машины.

В процессе эксперимента определялись характеристики конденсатора на основании прямых измерений температуры воздуха в узловых точках машины, температуры в помещении, температуры на входе и выходе воздуха в конденсаторе, давления на всасывании и нагнетании, скорости воздуха, сила тока электродвигателя компрессора и вентилятора.

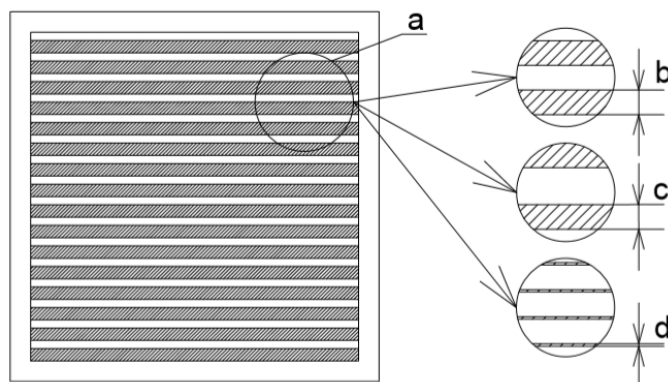


Рисунок 2 – Конструкция имитационных решеток

- а) 75% открытого живого сечения; б) 50% открытого живого сечения; в) 25% открытого живого сечения; г) 10% открытого живого сечения

По результатам прямых измерений используя известные математические уравнения определялись косвенные: холодопроизводительность  $Q_o$ , тепловая нагрузка на конденсатор  $q_k$ , мощность компрессора и вентилятора конденсатора  $\sum N_{\partial\partial}$ , энергетическая эффективность машины  $COP_D$ .

Далее были проведены варианты тепловые расчеты характеристик холодильной машины на разных режимах работы.

Коэффициент преобразования действительного цикла холодильной машины определялся как:

$$COP_D = Q_o / \sum N_{\partial\partial} \quad (1)$$

где  $\sum N_{\partial\partial}$  – суммарная мощность двигателей компрессора и вентилятора конденсатора.

$$\sum N_{\partial\partial} = U \cdot (I_1 + I_2 + I_3) + U \cdot I^{BH} \quad (2)$$

$Q_o$  – холодопроизводительность компрессора:

$$Q_o = M_a \cdot (h_1 - h_3) \quad (3)$$

где  $h$  – энтальпии в соответствующих точках цикла.

$M_a$  – массовый расход рабочего вещества, который определяется из энергетического баланса воздушного конденсатора:

$$M_a \cdot (h_2 - h_3) = M_{\text{воз}} \cdot c_p \cdot (t_{\text{вых}}^{603} - t_{\text{вх}}^{603}), \quad (4)$$

где  $t_{\text{вых}}^{603}$  – температура выхода воздуха из конденсатора;

$t_{\text{вх}}^{603}$  – температура входа воздуха в конденсатор;

$c_p$  – теплоемкость воздуха;

$M_{\text{воз}}$  – массовый расход воздуха.

Таким образом массовый расход воздуха определяется:

$$M_{\text{воз}} = F_{\text{жс-с}} \cdot v_{\text{воз}} / \rho_{\text{воз}} \quad (5)$$

$F_{\text{жс-с}}$  – площадь живого сечения воздушного конденсатора;

$v_{\text{воз}}$  – средняя скорость воздуха в конденсаторе;

$\rho_{\text{воз}}$  – плотность воздуха.

Результаты всех измерений представлены в графическом виде при сравнительной оценке влияния реальных осадений и искусственных.

Рисунок 3 демонстрирует результаты определения действительного коэффициента преобразования  $\text{COP}_d$  в зависимости от степени загрязнения действительными твердыми осадениями и при изменении живого сечения решетки имитатора.

С ростом действительных осадений и смоделированного аэродинамического сопротивления решетки-имитатора наблюдается одинаковый характер изменения с незначительными расхождениями в абсолютных значениях.

Например, при наличии 300г твердых осадений (точка А, рис.3) и 75% живого сечения решетки имитатора (точка В, рис.3) максимальные расхождения  $\text{COP}_d$  составляют около 10%. Такие результаты эксперимента подтверждают предположение авторов о возможности в процессе проектирования учитывать влияния осадений на характеристики машины через изменения аэродинамического сопротивления воздушного конденсатора.

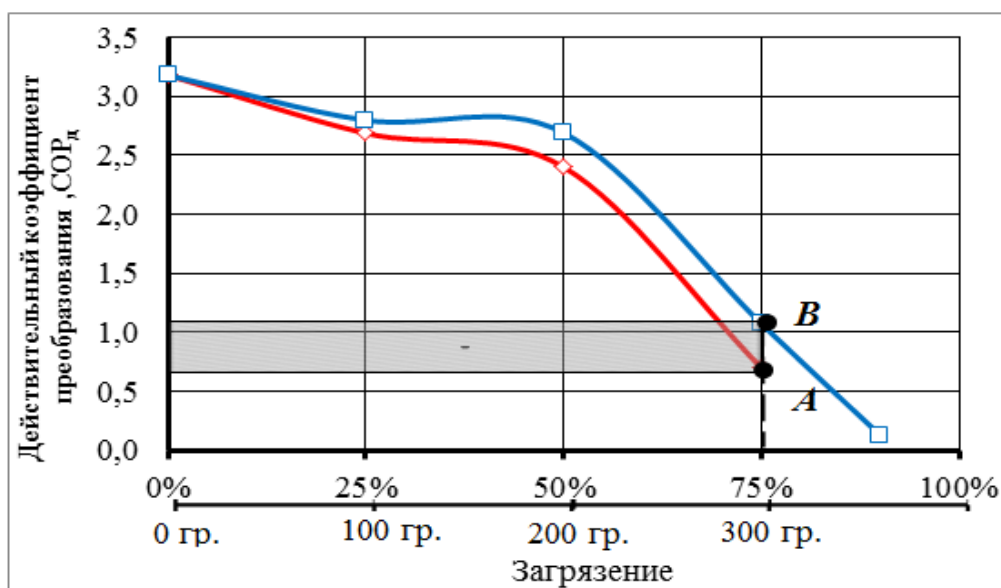


Рисунок 3 – Коэффициент преобразования действительного цикла в зависимости от типа осадений:  $\blacklozenge$  – действительных и  $\blacksquare$  – смоделированных

Дальнейшие экспериментальные исследования связаны с определением влияния осаждения на теплопередачу в воздушном конденсаторе.

В результате расчета определялись: плотность теплового потока  $q_{\text{вн}}$ , коэффициент теплопередачи  $k_i$  и тепловая нагрузка на конденсатор  $Q_k$ . Расчетный эквивалентный диаметр при этом не изменялся. Расчет плотности теплового потока определялся графоаналитическим методом по принципам классических методик для воздушных конденсаторов [8,9]. Для упрощения расчетов определялась плотность теплового потока, отнесенная ко внутренней поверхности конденсатора.

Плотность теплового потока в зависимости от температурного напора в аппарате, переменной температуры конденсации и изменяющегося расхода воздуха представлены на рисунке 4. Для двух моделей осаждений: рисунок 4 с действительными осаждениями, рисунок 5 при наличии решеток-имитаторов.

Результаты расчета сведены в таблицу 1. Расчеты показали, что схождение результатов экспериментов наблюдается в интервале 100...200г действительных осаждений и 50...75% формы решетки имитаторов. Дальнейшее уменьшение живого сечения живого сечения имитатора приводит к падению плотности теплового потока, что полностью соответствует положениям классической теплопередачи [9].

Совсем другой характер изменения плотности теплового потока наблюдается при увеличении действительных твердых осаждений.

Рассмотрим режим полного загрязнения конденсатора (300г твердых осаждений точка  $S^*$ , рис. 4). Плотность теплового потока увеличивается, при этом уменьшается скорость воздуха и увеличивается температурный напор в аппарате. Такое аномальное явление может быть описано с позиций теории пористых структур [10].

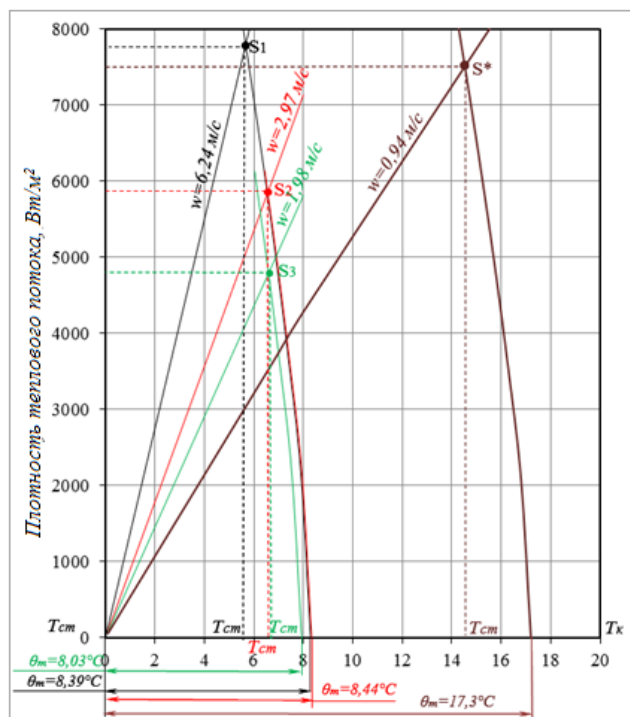


Рисунок 4 – Графоаналитический метод определения плотности теплового потока при наличии действительных осаждений

Из рисунка 4 видно, что плотность теплового потока полностью загрязненного конденсатора близка к плотности теплового потока чистого конденсатора (точка  $S_1$ , рис. 4), что связано с увеличением температурного напора в аппарате.

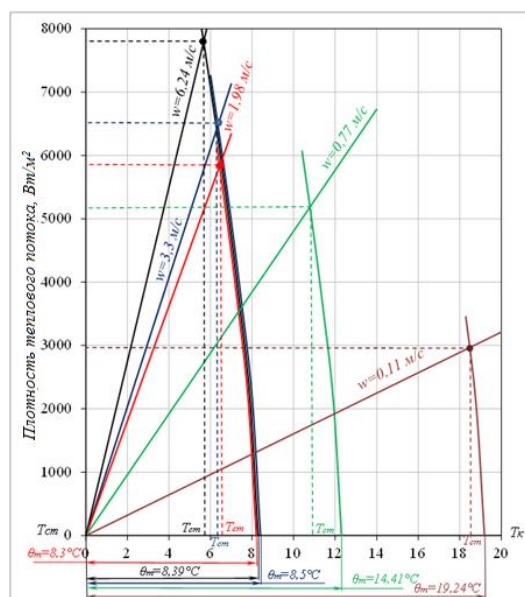


Рисунок 5 – Графоаналитический метод определения плотности теплового потока при наличии решеток-имитаторов

Таблица 1 – Результат влияния осаджений на теплопередачу в воздушном конденсаторе

Степень загрязнения, масса форма решеток-имитатора	Плотность теплового потока, $q_{\text{вн}}$ , Вт/м <sup>2</sup>	Тепловая нагрузка на конденсатор, $Q_k$ , кВт	Общий коэффициент теплопередачи аппарата, $k$ , Вт / м <sup>2</sup> · К
Чистая поверхность	7900	3810	163,9
100г осаджений	5900	2846	105,7
200г осаджений	4800	2315	90,49
300г осаджений	7500	3617	30,95
75%	6600	3183	119,8
50%	5800	2797	109,1
25%	5200	2508	38,75
10%	2950	1423	8,328

Рисунки 6-7 показывают характер изменений основных характеристик конденсатора: плотности теплового потока и коэффициента теплопередачи от типа осаджений.

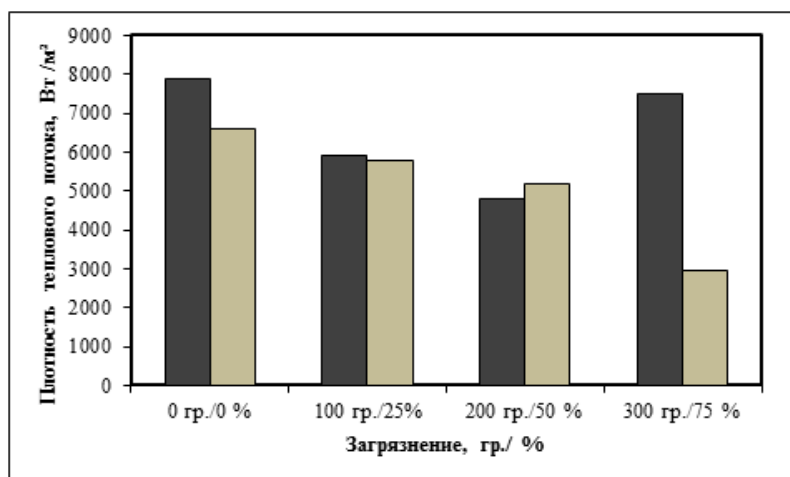


Рисунок 6 – Плотность теплового потока в зависимости от типа загрязнений

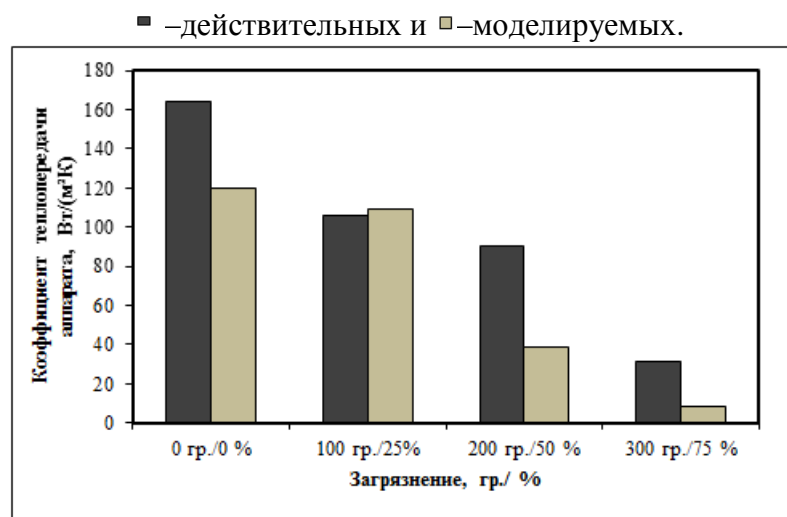


Рисунок 7 – Коэффициент теплопередачи в зависимости от типа загрязнений  
 ■ –действительных и □–моделируемых.

Характеры изменения коэффициента теплопередачи по соответствующим аргументам имеют одинаковый вид(рис.7). При увеличении действительных осадений и уменьшении живого сечения решетки-имитатора коэффициент теплопередачи резко падает, но физика процесса ухудшения теплопередачи абсолютно разная.

При наличии действительных твердых осадений в аппарате продолжается движения воздуха сквозь структуру осадений, скорость воздуха падает, а воздух значительно подогревается.

В решетках-имитаторах происходит иной процесс. Воздух в решетке движется в свободном пространстве. Материал имитатора не прозрачный для прохода воздуха, соответственно подогрева воздуха не происходит.

Следующим направлением экспериментального исследования является определение характера изменения падения давления воздушного потока в конденсаторе в зависимости от степени загрязнения. В результате прямых измерений определялась скорость воздуха.

По результатам расчетов потери давления увеличиваются с ростом загрязнений (рис. 8)

При достижении определенной величины осадений (точка F, F1, рис. 8) потеря давления уменьшается. Такое явление наблюдается при полном загрязнении живого сечения, когда основной поток воздуха практически не проходит через него и эжектирует торцевой поток воздуха окружающей среды. В результате осуществляется перераспределения между объемным расходом и потерей давления.

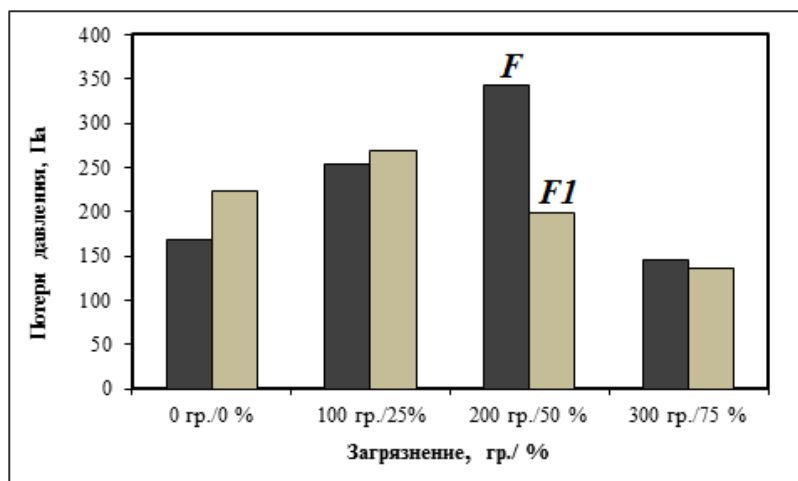


Рисунок 8 – Зависимость потери давления в конденсаторе от типа загрязнений  
 ■ - действительных и □- моделируемых.

Проведенные экспериментальные исследования воздушного конденсатора показали, что даже при полном загрязнении конденсатор остается работоспособным, а основные энергетические нагрузки ложатся на компрессор.

Метод экспериментального исследования, построенный на смоделированных загрязнениях (решетка-имитатор) может быть использован в определенных гарнцах. Такие границы устанавливает структура загрязнения. Выбор конструкции имитаторов (замена формы решетки, материалов решетки, и др.) может происходить только при наличии информации про структуру загрязнения.

Подобный эксперимент может быть проведен на конденсаторе действительной холодильной машины, которая находится в постоянной эксплуатации, поскольку дополнительные элементы – это вспомогательные, поэтому они не влияют на термодинамический цикл машины.

Доказано, что главным критерием для анализа осаждения является его структура.

### Список литературы

1. Mostafa, M. Awad (2011). Fouling of Heat Transfer Surfaces, Heat Transfer - Theoretical Analysis, Experimental Investigations and Industrial Systems, Prof. Aziz Belmiloudi (Ed.), InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/heat-transfer-theoretical-analysis-experimental-investigations-and-industrial-systems/fouling-of-heat-transfer-surface>.

2. Breuker, M. S., Braun, J. E. Common faults and their impacts for rooftop air conditioners. // HVAC and R Research. – 1998. – 4 (3). – P. 303–317.

3. Lankinen, R., Suihkonen, J., Sarkomaa, P., The effect of air side fouling on thermal-hydraulic characteristics of a compact heat exchanger // International Journal of Energy Research. – 2003. – 27 (4). – 349–361.

4. Yang, L., Braun, J. E., Groll, E. A. The Role of Filtration in Maintaining Clean Heat Exchanger Coils, Final Report ARTI-21CR/611-40050-01, Air-Conditioning and Refrigeration Technology Institute (ARTI), 2004.

5. Ali, A. H., & Ismail, I. M. (2008). Evaporator air-side fouling: effect on performance of room air conditioners and impact on indoor air quality // HVAC&R Research. – 14 (2). – P. 209–219.

6. Ian H. Bell, Eckhard A. Groll, Experimental comparison of the impact of air-side particulate fouling on the thermo-hydraulic performance of microchannel and plate-fin heat exchangers [Text]/ Ian H. Bell, Eckhard A. Groll // International Refrigeration and Air Conditioning conference, Purdue, USA, 2010.

7. Bell, I., Groll, E., König, H., 2009. Experimental analysis of the effects of particulate fouling on heat exchanger heat transfer and air side pressure drop for a hybrid dry cooler. HeatTransferEngineeringInPress.

8. Кошкин, Н. Н. Тепловые конструктивные расчеты холодильных машин/ Н.Н. Кошкин. – Л.: Машиностроение, 1976. – 463с.

9. Данилова, Г. Н. Теплообменные аппараты холодильных установок / Г.Н. Данилова и др. – Л.: Машиностроение, 1986. – 303 с.

10. Morosuk, T. Porous media theory as basis for model of fouling layers formation in heat exchangers. Condenser and evaporator of refrigeration machines and heat pumps / T. Morosuk // Emerging Technologies and Techniques in Porous Media, Eds. Ingham, D.B. et al. – Kluwer Chapter 32. – Academic Published. – 2003. – P. 491–507.

<b>Жилинская Н.Т., Зайцев А.Г., Базарнова Ю.Г., Сафронова В.И., Сазонова А.Л.</b> Молекулярно-генетическая паспортизация штаммов микроорганизмов сельскохозяйственного назначения после криоконсервирования <b>Zhilinskaya N.T., Zaycev G.A., Bazarnova I.G., Safronova V.I., Sazonova A.L.</b> Agricultural microorganism molecular-genetic certification after cryopreservation	48
<b>Гайсин И.А., Исрафилов И.Х.</b> Влияние теплового режима на показатели качества обжариваемых продуктов <b>Gaysin I.A., Israfilov I.H.</b> The influence of thermal regime on indicators of the quality of the foods being fried	54
<b>Кузнецова Т.А., Иванова А. Р., Попова В. О., Иванченко О. Б.</b> Влияние способов хранения на содержание в биомассе <i>lemna minor</i> пигментов <b>Kuznetsova T.A., Ivanova A. R., Popova V. O., Ivanchenko O. B.</b> The influence of conservation on content pigments in common duckweed	57
<b>Какимов А.К., Муратбаев А.М., Жумадилова Г.А.</b> Цели инкапсулирования <b>Kakimov A.K., Muratbaev A.M., Zhumadilova G.A.</b> Objectives of encapsulation	61
<b>Сулин А.Б., Марченко А.С.</b> Имитационное моделирование процесса выхода на режим термо-электрического воздухоохладителя в условиях образования инея <b>Sulin A.B., Marchenko A.S.</b> Simulation modeling of the process of entering the regime of a thermoelectric air cooler in the conditions of frost formation	63
<b>Лапардин Н.И.</b> Вязкость и давление кипения смесей хладагента r134a и смазочного масла iso 32 <b>Lapardin N.I.</b> Viscosity and vapor pressure of mixtures of refrigerant r134a with lubrication oil iso 22	68
<b>Мартынова Н.М., Жанарбекова М.Ж., Арманова Н.А., Ермоленко М.В., Степанова О.А.</b> Бинарный цикл с использованием озонобезопасных холодильных агентов <b>Martynova N.M., Janarbekova M.J., Armanova N.A., Yermolenko M.V., Stepanova O.A.</b> Binary cycle using ozone-friendly refrigerants	73
<b>Малинина О.С., Касьянов А.В., Рабцун А.О.</b> Анализ влияния параметров внешних источников на эффективность абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины <b>Malinina O.S., Kasyanov A.V., Rabtsun A.O.</b> The influence of parameters external sources on the efficiency of the absorption bromine lithium refrigerating machine	79
<b>Морозюк Л.И., Грудка Б.Г.</b> Возможности практической реализации абсорбционно-резорбционной холодильной машины в системах малой энергетики <b>Morozyuk L.I., Hrudka B.H.</b> Opportunities for practical implementation of absorption-rezorption refrigeration machine in the systems of small energy	82
<b>Морозюк Л.И., Соколовская-Ефименко В.В., Гайдук С.В., Мошкатиук А.В.</b> Исследование влияния осадений на наружной поверхности воздушного конденсатора <b>Morozyuk L.I., Sokolovska-Yefymenko V.V., Gaiduk S.V., Moshkatuk A.V.</b> Investigation of the effect of fouling on the external surface of air cooled condenser	89