

ISSN 1991-3494

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Ш Ы С Ы

ВЕСТНИК

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

THE BULLETIN

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

1944 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С 1944 ГОДА
PUBLISHED SINCE 1944

4

АЛМАТЫ
АЛМАТЫ
ALMATY

2016

ШІЛДЕ
ИЮЛЬ
JULY

Б а с р е д а к т о р

ҚР ҰҒА академигі

М. Ж. Жұрынов

Р е д а к ц и я а л қ а с ы :

биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Айтхожина Н.А.**; тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байпақов К.М.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байтулин И.О.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Берсімбаев Р.И.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Газалиев А.М.**; а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Дүйсенбеков З.Д.**; а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Елешев Р.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Қалменов Т.Ш.**; фил. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Нысанбаев А.Н.**; экон. ғ. докторы, проф., ҰҒА академигі **Сатубалдин С.С.**; тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбжанов Х.М.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішев М.Е.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішева З.С.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Абсадықов Б.Н.** (бас редактордың орынбасары); а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Баймұқанов Д.А.**; тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Байтанаев Б.А.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Давлетов А.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Қалимолдаев М.Н.**; геогр. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Медеу А.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Мырхалықов Ж.У.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Огарь Н.П.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Таткеева Г.Г.**; а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Үмбетаев И.**

Р е д а к ц и я к е ñ е с і :

Ресей ҒА академигі **Велихов Е.П.** (Ресей); Әзірбайжан ҰҒА академигі **Гашимзаде Ф.** (Әзірбайжан); Украинаның ҰҒА академигі **Гончарук В.В.** (Украина); Армения Республикасының ҰҒА академигі **Джрбашян Р.Т.** (Армения); Ресей ҒА академигі **Лаверов Н.П.** (Ресей); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Москаленко С.** (Молдова); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Рудик В.** (Молдова); Армения Республикасының ҰҒА академигі **Сагян А.С.** (Армения); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Тодераш И.** (Молдова); Тәжікстан Республикасының ҰҒА академигі **Якубова М.М.** (Тәжікстан); Молдова Республикасының ҰҒА корр. мүшесі **Лупашку Ф.** (Молдова); техн. ғ. докторы, профессор **Абиев Р.Ш.** (Ресей); техн. ғ. докторы, профессор **Аврамов К.В.** (Украина); мед. ғ. докторы, профессор **Юрген Аппель** (Германия); мед. ғ. докторы, профессор **Иозеф Банас** (Польша); техн. ғ. докторы, профессор **Гарабаджиу** (Ресей); доктор PhD, профессор **Ивахненко О.П.** (Ұлыбритания); хим. ғ. докторы, профессор **Изабелла Новак** (Польша); хим. ғ. докторы, профессор **Полещук О.Х.** (Ресей); хим. ғ. докторы, профессор **Поняев А.И.** (Ресей); профессор **Мохд Хасан Селамат** (Малайзия); техн. ғ. докторы, профессор **Хрипунов Г.С.** (Украина)

Главный редактор

академик НАН РК

М. Ж. Журинов

Редакционная коллегия:

доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **Н.А. Айтхожина**; доктор ист. наук, проф., академик НАН РК **К.М. Байпаков**; доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **И.О. Байтулин**; доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **Р.И. Берсимбаев**; доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **А.М. Газалиев**; доктор с.-х. наук, проф., академик НАН РК **З.Д. Дюсенбеков**; доктор сельскохоз. наук, проф., академик НАН РК **Р.Е. Елешев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Т.Ш. Кальменов**; доктор фил. наук, проф., академик НАН РК **А.Н. Нысанбаев**; доктор экон. наук, проф., академик НАН РК **С.С. Сатубалдин**; доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Х.М. Абжанов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Е. Абишев**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **З.С. Абишева**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Б.Н. Абсадыков** (заместитель главного редактора); доктор с.-х. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Д.А. Баймуканов**; доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Б.А. Байтанаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **А.Е. Давлетов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Н. Калимолдаев**; доктор геогр. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **А. Медеу**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Ж.У. Мырхалыков**; доктор биол. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Н.П. Огарь**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Г.Г. Таткеева**; доктор сельскохоз. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **И. Умбетаев**

Редакционный совет:

академик РАН **Е.П. Велихов** (Россия); академик НАН Азербайджанской Республики **Ф. Гашимзаде** (Азербайджан); академик НАН Украины **В.В. Гончарук** (Украина); академик НАН Республики Армения **Р.Т. Джрбашян** (Армения); академик РАН **Н.П. Лаверов** (Россия); академик НАН Республики Молдова **С. Москаленко** (Молдова); академик НАН Республики Молдова **В. Рудик** (Молдова); академик НАН Республики Армения **А.С. Сагиян** (Армения); академик НАН Республики Молдова **И. Тодераш** (Молдова); академик НАН Республики Таджикистан **М.М. Якубова** (Таджикистан); член-корреспондент НАН Республики Молдова **Ф. Лупашку** (Молдова); д.т.н., профессор **Р.Ш. Абиев** (Россия); д.т.н., профессор **К.В. Аврамов** (Украина); д.м.н., профессор **Юрген Аппель** (Германия); д.м.н., профессор **Иозеф Банас** (Польша); д.т.н., профессор **А.В. Гарабаджиу** (Россия); доктор PhD, профессор **О.П. Ивахненко** (Великобритания); д.х.н., профессор **Изабелла Новак** (Польша); д.х.н., профессор **О.Х. Полещук** (Россия); д.х.н., профессор **А.И. Поняев** (Россия); профессор **Моход Хасан Селамат** (Малайзия); д.т.н., профессор **Г.С. Хрипунов** (Украина)

«Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан». ISSN 1991-3494

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5551-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 2000 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел. 272-13-19, 272-13-18.

www: nauka-nanrk.kz, bulletin-science.kz

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2016

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

Editor in chief

M. Zh. Zhurinov,
academician of NAS RK

Editorial board:

N.A. Aitkhozhina, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **K.M. Baipakov**, dr. hist. sc., prof., academician of NAS RK; **I.O. Baitulin**, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **R.I. Bersimbayev**, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **A.M. Gazaliyev**, dr. chem. sc., prof., academician of NAS RK; **Z.D. Dyusenbekov**, dr. agr. sc., prof., academician of NAS RK; **R.Ye. Yeleshev**, dr. agr. sc., prof., academician of NAS RK; **T.Sh. Kalmenov**, dr. phys. math. sc., prof., academician of NAS RK; **A.N. Nysanbayev**, dr. phil. sc., prof., academician of NAS RK; **S.S. Satubaldin**, dr. econ. sc., prof., academician of NAS RK; **Kh.M. Abzhanov**, dr. hist. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.Ye. Abishev**, dr. phys. math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Z.S. Abisheva**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **B.N. Absadykov**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK (deputy editor); **D.A. Baimukanov**, dr. agr. sc., prof., corr. member of NAS RK; **B.A. Baytanayev**, dr. hist. sc., prof., corr. member of NAS RK; **A.Ye. Davletov**, dr. phys. math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.N. Kalimoldayev**, dr. phys. math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **A. Medeu**, dr. geogr. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Zh.U. Myrkhalykov**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **N.P. Ogar**, dr. biol. sc., prof., corr. member of NAS RK; **G.G. Tatkeeva**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **I. Umbetayev**, dr. agr. sc., prof., corr. member of NAS RK

Editorial staff:

E.P. Velikhov, RAS academician (Russia); **F. Gashimzade**, NAS Azerbaijan academician (Azerbaijan); **V.V. Goncharuk**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **R.T. Dzhrbashian**, NAS Armenia academician (Armenia); **N.P. Laverov**, RAS academician (Russia); **S.Moskalenko**, NAS Moldova academician (Moldova); **V. Rudic**, NAS Moldova academician (Moldova); **A.S. Sagiyan**, NAS Armenia academician (Armenia); **I. Toderas**, NAS Moldova academician (Moldova); **M. Yakubova**, NAS Tajikistan academician (Tajikistan); **F. Lupaşcu**, NAS Moldova corr. member (Moldova); **R.Sh. Abiyev**, dr.eng.sc., prof. (Russia); **K.V. Avramov**, dr.eng.sc., prof. (Ukraine); **Jürgen Appel**, dr.med.sc., prof. (Germany); **Joseph Banas**, dr.med.sc., prof. (Poland); **A.V. Garabadzhiu**, dr.eng.sc., prof. (Russia); **O.P. Ivakhnenko**, PhD, prof. (UK); **Isabella Nowak**, dr.chem.sc., prof. (Poland); **O.Kh. Poleshchuk**, chem.sc., prof. (Russia); **A.I. Ponyaev**, dr.chem.sc., prof. (Russia); **Mohd Hassan Selamat**, prof. (Malaysia); **G.S. Khripunov**, dr.eng.sc., prof. (Ukraine)

Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

ISSN 1991-3494

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 5551-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 2000 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

<http://nauka-nanrk.kz/>, <http://bulletin-science.kz>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2016

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

STUDY OF HEAT EXCHANGER WITH A POROUS STRUCTURE

A. A. Genbach, N. O. Jamankulova

Almaty University of Power Engineering & Telecommunications, Kazakhstan.
E-mail: dnellya@mail.ru

Key words: capillary-porous structure; porous heat exchanger; evaporative cooling system

Abstract. Porous heat exchanger refers to highly forced, technical industrial installations. Proposed capillary-porous system for cooling of caissons improves the reliability of the devices, intensifies the heat transfer in a porous system and provides explosion safety of highly forced technical installations operation. It is experimentally defined the type of porous structure (2x0,55) which has increased to six times the heat transfer capacity of the cooling system. Heat transfer mechanism has been studied with the assistance of holographic interference and high-speed filming. A comparison of the studied system with heat pipes and thin-film evaporators is given. The use of nets with large cells simplifies the requirements for cooling liquid.

УДК 536.248.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОФОРСИРОВАННОГО ПОРИСТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА

А. А. Генбач, Н. О. Джаманкулова

Алматинский университет энергетики и связи, Казахстан

Ключевые слова: капиллярно-пористая структура; пористый теплообменник; испарительная системы охлаждения.

Аннотация. Пористый теплообменник относится к промышленным высокофорсированным огнетехническим установкам. Предложенная капиллярно-пористая система охлаждения кессонов повышает надежность работы агрегатов, интенсифицирует теплопередачу в пористой системе, обеспечивает взрывобезопасность работы высокофорсированных огнетехнических установок. Экспериментально установлен вид пористой структуры 2x0,55, что увеличило в шесть раз теплопередающую способность системы охлаждения. Механизм теплообмена изучался с привлечением голографической интерференции и скоростной кино съемки. Дано сравнение исследованной системы с тепловыми трубами и тонкопленочными испарителями. Применение сеток с крупными ячейками упрощает требования к охлаждающей жидкости.

Пористый теплообменник относится к промышленным высокофорсированным огнетехническим установкам, в частности, для охлаждения элементов металлургических печей.

На современных промышленных огнетехнических установках для увеличения удельной технологической производительности агрегата, снижения капитальных и эксплуатационных расходов имеют место высокие плотности тепловыделений, однако при этом сокращается длительность их эксплуатации.

Устранить указанное противоречие позволяет правильно организованный способ охлаждения теплонапряженных элементов.

Из известных способов охлаждения наиболее перспективным является испарительное охлаждение [1], заключающееся в том, что холодная охлаждающая вода заменена кипящей, с получением пара утилизированного на различные нужды.

Испарительная система охлаждения обладает высокими технико-экономическими показателями: сокращается расход охлаждающей воды увеличивает срок службы охлаждаемых деталей, исключает охладительные устройства, водоводы больших диаметров, мощные насыпные станции, уменьшает капиталовложения.

Недостатками указанного способа являются: опасность разрушения печи от взрыва в случае попадания кипящей жидкости в расплав; возможность наступления кризисных явлений (переход от пузырькового кипения к пленочному) при переменных нагрузках, сопровождающихся тяжелыми условиями работы охлаждаемого элемента, вплоть до его прогара.

Теплообменник предназначен для обеспечения взрывобезопасности, надежности и самоприспособляемости охлаждаемой системы к переменным тепловым нагрузкам.

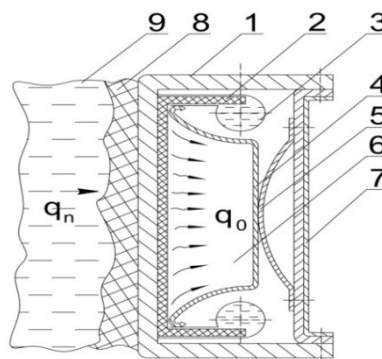
В способе охлаждения элементов высокофорсированных огнетехнических установок, со стороны отвода тепловых потоков, включающий отвод пара в сепарационный узел, охлаждение элементов установок (кессонов) производят капиллярно-пористой системой, питающейся от внешней системы охлаждения жидкостью.

Капиллярно-пористая система охлаждения обладает способностью к самонастройке за счет капиллярных сил и содержит весьма малое количество жидкости, что исключает опасность взрыва при прогаре охлаждаемого элемента, повышая надежность его работы, а, следовательно, и всего агрегата.

Например, если подведенный удельный тепловой поток q_n окажется выше теплового потока q_o , отводимого от системы, то это приведет к заглоблению жидкости в капиллярно-пористой структуре, уменьшению радиуса мениска жидкости и возрастанию капиллярного давления. В этом случае возрастает расход подпитывающей жидкости до установления динамического равновесия. При снижении тепловой нагрузки q_n толщина жидкости в капиллярах a , следовательно, и радиус мениска жидкости увеличится. Капиллярные силы начнут уменьшаться, сокращая подачу жидкости до равновесного состояния.

Пористый теплообменник содержит охлаждаемый элемент (кессон), на внутренней поверхности которого со стороны отвода тепловых потоков устанавливается тело с капиллярно-пористой структурой, плотный контакт которого со стенкой охлаждаемого элемента обеспечивают, например, вставкой с пружинящим элементом, соединяют с внешними узлами питания охлаждающе жидкости и отвода пара (рисунок).

Высокофорсированный
пористый теплообменник



Устройство выполнено в виде кессона 1, к внутренней поверхности которого со стороны отвода тепла прилегает тело, имеющее капиллярно-пористую структуру 2, соединенное с внешними узлами питания 3, прижимаемое вставкой 4 с пружинящим элементом 5, парового канала 6 и тепловой изоляции 7. К наружной стенке кессона 1 в процессе работы установки прилегает пленка гарниссажа 8, омываемая расплавом 9.

Тепловой поток, плотностью q_n , подводимый от расплава 9, проходя через гарниссаж 8 и стенку кессона 1 воспринимается жидкостью, насыщающей капиллярно-пористое тело 2, плотный контакт которого с внутренней стенкой кессона 1 со стороны отвода тепла, обеспечивают вставкой 4 с пружинящим элементом 5. Кроме того, капиллярно-пористое тело может быть спеченным (скленным или приваренным) со стенкой кессона 1. Если в данный момент времени удельный тепловой поток q_n окажется выше теплового потока, отводимого от системы q_o , то жидкость будет

испаряться больше, чем подводится от внешнего узла питания 3. Это приведет к заглублению жидкости в капиллярно-пористой структуре 2, уменьшению радиуса мениска жидкости и возрастанию капиллярного давления. Следовательно, расход жидкости через поперечное сечение структуры 2 увеличится до установления равновесия. Такое положение остается справедливым до достижения значений максимально возможного удельного теплового потока.

Если же отводимый тепловой поток q_0 будет превышать величину подведенного теплового потока q_n , толщина жидкости в капиллярах, a , следовательно, и радиус мениска жидкости увеличатся. Капиллярные силы начнут уменьшаться, сокращая подачу жидкости до установления динамического равновесия.

Внешний узел питания 3 представляет собой две самостоятельные подводящие линии. Устройство работоспособно и при работе одной из них. Дублирование повышает устойчивость и производительность капиллярно-пористой системы и надежность установки. Образующийся пар по каналу 6 отводится в сепарационный узел.

В капиллярно-пористой системе 2 содержится весьма малое количество жидкости, что исключает опасность взрыва в случае прогорания элемента охлаждения и тем самым повышает надежность работы установки, увеличивая длительность кампании, а способность самонастраиваться за счет капиллярных сил делает систему мобильной к переменным тепловым нагрузкам. Тепло получаемого пара, как в обычных схемах, может утилизироваться. Для снижения тепловых потерь в окружающую среду наружные стенки кессона 1 покрываются тепловой изоляцией 7.

Таким образом, теплообменник обеспечивает взрывобезопасность за счет весьма малого количества жидкости в капиллярно-пористой системе охлаждения, повышает надежность установок, увеличивает длительность их рабочей кампании, а способность самонастраиваться за счет капиллярных сил делает систему охлаждения мобильной к переменным тепловым нагрузкам в широких пределах, а также, надежной в работе.

Предлагаемая высокофорсированная система охлаждения по технико-экономическим показателям не уступает испарительной системе охлаждения, однако превосходит ее по условиям безопасности.

Для исследования теплопередающих возможностей капиллярно-пористых структур проводились опыты для структур, которые собирались из металлических сеток из нержавеющей стали марки 12X18H10T (ГОСТ 12184-66) с различными размерами ячеек (таблица). Минимальный размер ячейки составлял $0,08 \times 10^{-3}$ м, поскольку сетки с меньшими размерами не позволяют организовать развитого пузырькового кипения, закупориваются паровыми пузырями. Наибольший размер ячейки выбирался 1×10^{-3} м, так как при больших размерах ячеек величина капиллярного потенциала близка к нулю, что приводит к неравномерному распределению жидкости по порам структуры. Кризис кипения определялся по пережогу стенки. Явление кризиса изучалось оптическими методами с привлечением голографической интерферометрии и скоростной киносъемки камерой СКС -1М. Сетчатые структуры формировались из нескольких слоев сеток [2].

Теплопередающие возможности исследованных капиллярно-пористых структур, тепловых труб и тонкопленочных испарителей

Вид капиллярно-пористой сетчатой структуры	Тепловая нагрузка, $\times 10^4$ Вт/м ²					
	2	4	10	20	40	60
Предлагаемые структуры						
0,08x0,14x0,14	5,2	13,4	20,5	37,1	50	Пережог стенки
0,55	6,5	16,4	22,7	53,3	61	Пережог стенки
2x0,55	7,4	18,2	23,4	50,3	57	Пережог стенки
2x1	8,1	19,3	24,7	55,6	62,4	Пережог стенки
Тепловые трубы						
0,08x0,14x0,14	2,5	10	40	Пережог стенки		
2x0,55	Не работоспособны					
Тонкопленочные испарители (без капиллярно-пористой структуры)						
–	3,7	5,7	8	Пережог стенки		

Наилучшие результаты достигнуты для капиллярно-пористой структуры вида $2 \times 0,55$, которая позволяет отводить наибольшие тепловые потоки при комбинированном действии массовых и капиллярных сил. Структура, составленная из одного слоя сетки $0,55 \times 10^{-3}$ м, образует менее устойчивую пленку жидкости на поверхности, а в случае, когда число сеток равно более двух, существенно возрастает перегрев стенки относительно температуры пара, что приводит к более раннему наступлению кризисных явлений. Кроме того, повышенный размер ячеек не требует высокой степени очистки, как это имеет место в тепловых трубах и тонкопленочных испарителях [3].

Пережог стенки в тепловых трубах происходит в связи с закупоркой паровыми пузырями ячеек сеток, что прекращает приток свежих порций жидкости к обогреваемой поверхности трубы. Если стенка трубы не содержит капиллярно-пористых покрытий, а охлаждение производится пароводяной смесью, когда на стенке образуется тонкая пленка жидкости, то при тепловых потоках около 1×10^5 Вт/м² наблюдается распад пленки жидкости на отдельные струи и капли, что приводит к пережогу стенки. Жидкость из ядра движущегося пароводяного потока не подтекает к обогреваемой поверхности трубы, на внутренней поверхности которой образуется сплошная паровая пленка, резко ухудшается интенсивность теплопередачи, в стенке трубы возникают циклические резкопеременные температурные напряжения, перекосы температур, что существенно ухудшает условия работы поверхностей нагрева вплоть до их разрушения [4].

Исследованная капиллярно-пористая сетчатая структура вида $2 \times 0,55$ отводит наибольшие тепловые потоки за счет совместного действия капиллярных и массовых сил в объеме структуры, что облегчает разрушение паровых конгломератов в порах. Визуализация процесса показала на существование в структуре ячеек питания холодными порциями жидкости, устремляющимися к зонам отрывающихся и разрушающихся паровых пузырей. Происходит турбулизация двухфазного кипящего устойчивого пульсирующего пограничного слоя. Наличие во внутренней полости канала, направляющих перегородок способствует дополнительному притоку жидкости к поверхности структуры за счет действия на ядро потока центробежных сил при огибании им поперечных пористых перегородок [5].

Заключение. Предлагаемый теплообменник с капиллярно-пористой структурой позволяет в шесть раз расширить пределы отвода тепловых потоков по сравнению с такими эффективными теплообменниками, как тепловые трубы и тонкопленочные испарители. т.е. в шесть раз уменьшить теплообменную поверхность, а при заданной поверхности увеличить надежность и срок службы, стабилизировать температурное поле в стенке трубы, тем самым облегчить условия работы поверхности нагрева в ядре пламени горящих пылеугольных частиц. Применение сеток с крупными ячейками упрощает требования к охлаждающей жидкости, в качестве которой может применяться питательная вода котельных агрегатов. В случае необходимости такие сетки легко промываются от возможных солевых отложений и загрязнений, даже в процессе эксплуатации котла.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Андоньев С.М., Крушель Г.Е. – А. с. № 70344. Бюл. изобр. – 1958. – № 11. – С. 31.
- [2] Поляев В.М., Генбач А.А. Теплообмен в пористой системе, работающей при совместном действии капиллярных и гравитационных сил // Теплоэнергетика. – 1993. – № 7. – С. 55-58.
- [3] Polyayev V., Genbach A. Control of Heat Transfer in a Porous Cooling System // Second world conference on experimental heat transfer, fluid mechanics and thermodynamics. – 1991. – Dubrovnik, Yugoslavia, 23–28 June. – P. 639-644.
- [4] Поляев В.М., Генбач А.А. Управление теплообменом в пористых структурах // Известия Российской академии наук. Энергетика и транспорт. – 1992. – Т. 38, № 6. – С. 105-110.
- [5] Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю. Модель кризиса теплообмена в пористой системе охлаждения ГТУ // Вестник КазНТУ. – 2014. – № 2 (102). – С. 229-235.

REFERENCES

- [1] Andon'ev S.M., Krushel G.E. A. s. № 70344. *Bull. Izobr.*, **1958**, N 11, P. 31. (in Russ.).
- [2] Polyayev V.M., Genbach A.A. Heat transfer in a porous system operating under the joint action of capillary and gravitational forces, *Thermal Engineering*, **7** (1993), pp. 55-58. (in Russ.).
- [3] Polyayev V.M., Genbach A.A. Control of Heat Transfer in a Porous Cooling System, *Second world conference on experimental heat transfer, fluid mechanics and thermodynamics*. **1991**, Dubrovnik, Yugoslavia, 23–28 June, pp. 639-644. (in Eng.).

[4] Polyakov V.M., Genbach A.A. Heat management in porous structures, *Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Energy and transport*. **1992**, Vol. 38, N 6, pp. 105-110. (in Russ.).

[5] Genbach A.A., Bondartzev D.Y. Model krizisa teploobmena v poristoy sisteme ohlazhdeniya GTU. *Vestnik KazNTU*, Almaty, **2014**, N 2 (102), pp. 229-235. (in Russ.).

ЖОҒАРЫ ЖЕДЕЛДЕТІЛГЕН КЕУЕКТІК ЖЫЛУ АЛМАСТЫРҒЫШТЫ ЗЕРТТЕУ

А. А. Генбач, Н. О. Джаманкулова

Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан

Түйін сөздер: капиллярлық-кеуектік құрылым, кеуектік жылу алмастырғыш, салқындату жүйесі.

Аннотация. Ұсынылып отырған кессондарды салқындатудың капиллярлық-кеуектік жүйесі агрегаттардың жұмыс істеу сенімділігін арттырады, кеуектік жүйеде жылу өткізуді тездетеді, жоғары жеделдетілген оттық технологиялық қондырғыларда қопарылыс қауіпсіздігін қамтамасыз етеді. Жылулық құбырлар, жұқа қабатты буландырғыштар сияқты тиімді жылу алмастырғыштармен салыстырғанда, жылу ағындарын алып кету шектерін кеңейтуге мүмкіндік беретін капиллярлық-кеуектік құрылымды жылу алмастырғыш қарастырылады. Эксперимент жүзінде кеуектік құрылымның 2x0,55 түрі тағайындалды. Бұл салқындату жүйесінің жылу өткізу қабілетін алты есе арттырды. Жылу алмасу механизмі голографиялық интерференция және жылдамдықтың кинотүсірілім әдістерін қолдану арқылы зерттелді. Зерттелген жүйені жылулық құбырлар мен жұқа қабатты буландырғыштармен салыстыру мәліметтері келтірілген. Ірі ячейкалы торларды қолдану салқындатушы сұйыққа қойылатын талаптарды жеңілдетеді.

Поступила 21.06.2016 г.

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

<http://www.bulletin-science.kz/index.php/ru/>

Редакторы *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов*
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 07.07.2016.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
17,4 п.л. Тираж 2000. Заказ 4.