

**ISSN 2518-1483 (Online),
ISSN 2224-5227 (Print)**

2018 • 3

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ**

БАЯНДАМАЛАРЫ

ДОКЛАДЫ

**НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

REPORTS

**OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ЖУРНАЛ 1944 ЖЫЛДАН ШЫГА БАСТАФАН

ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1944 г.

PUBLISHED SINCE 1944



Бас редакторы
х.ғ.д., проф., ҚР ҮФА академигі **М.Ж. Жұрынов**

Редакция алқасы:

Адекенов С.М. проф., академик (Қазақстан) (бас ред. орынбасары)
Величкин В.И. проф., корр.-мүшесі (Ресей)
Вольдемар Вуйчик проф. (Польша)
Гончарук В.В. проф., академик (Украина)
Гордиенко А.И. проф., академик (Белорус)
Дука Г. проф., академик (Молдова)
Илолов М.И. проф., академик (Тәжікстан),
Леска Богуслава проф. (Польша),
Локшин В.Н. проф. чл.-корр. (Қазақстан)
Нараев В.Н. проф. (Ресей)
Неклюдов И.М. проф., академик (Украина)
Нур Изура Удзир проф. (Малайзия)
Перни Стефано проф. (Ұлыбритания)
Потапов В.А. проф. (Украина)
Прокопович Полина проф. (Ұлыбритания)
Омбаев А.М. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Отелбаев М.О. проф., академик (Қазақстан)
Садыбеков М.А. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Сатаев М.И. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Северский И.В. проф., академик (Қазақстан)
Сикорски Марек проф., (Польша)
Рамазанов Т.С. проф., академик (Қазақстан)
Такибаев Н.Ж. проф., академик (Қазақстан), бас ред. орынбасары
Харин С.Н. проф., академик (Қазақстан)
Чечин Л.М. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Харун Парлар проф. (Германия)
Энджун Гао проф. (Қытай)
Эркебаев А.Ә. проф., академик (Қыргыстан)

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының баяндамалары»
ISSN 2518-1483 (Online),
ISSN 2224-5227 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.)
Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде 01.06.2006 ж.
берілген №5540-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 500 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz>, reports-science.kz

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2018

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

ДОКЛАДЫ
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

2018• 3

Г л а в н ы й р е д а к т о р
д.х.н., проф., академик НАН РК **М. Ж. Журинов**

Р е д а к ц и о н на я к ол л е г и я:

Адекенов С.М. проф., академик (Казахстан) (зам. гл. ред.)
Величкин В.И. проф., чл.-корр. (Россия)
Вольдемар Вуйцик проф. (Польша)
Гончарук В.В. проф., академик (Украина)
Гордиенко А.И. проф., академик (Беларусь)
Дука Г. проф., академик (Молдова)
Илолов М.И. проф., академик (Таджикистан),
Леска Богуслава проф. (Польша),
Локшин В.Н. проф. чл.-корр. (Казахстан)
Нараев В.Н. проф. (Россия)
Неклюдов И.М. проф., академик (Украина)
Нур Изура Удзир проф. (Малайзия)
Перни Стефано проф. (Великобритания)
Потапов В.А. проф. (Украина)
Прокопович Полина проф. (Великобритания)
Омбаев А.М. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Отелбаев М.О. проф., академик (Казахстан)
Садыбеков М.А. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Сатаев М.И. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Северский И.В. проф., академик (Казахстан)
Сикорски Марек проф., (Польша)
Рамазанов Т.С. проф., академик (Казахстан)
Такибаев Н.Ж. проф., академик (Казахстан), зам. гл. ред.
Харин С.Н. проф., академик (Казахстан)
Чечин Л.М. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Харун Парлар проф. (Германия)
Энджун Гао проф. (Китай)
Эркебаев А.Э. проф., академик (Кыргызстан)

Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан»

ISSN 2518-1483 (Online),
ISSN 2224-5227 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «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 №5540-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 500 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г.Алматы, ул.Шевченко, 28, ком.218-220, тел. 272-13-19, 272-13-18
<http://nauka-nanrk.kz>, reports-science.kz

©Национальная академия наук Республики Казахстан, 2018 г.

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

E d i t o r i n c h i e f
doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK **M.Zh. Zhurinov**

E d i t o r i a l b o a r d:

Adekenov S.M. prof., academician (Kazakhstan) (deputy editor in chief)
Velichkin V.I. prof., corr. member (Russia)
Voitsik Valdemar prof. (Poland)
Goncharuk V.V. prof., academician (Ukraine)
Gordiyenko A.I. prof., academician (Belarus)
Duka G. prof., academician (Moldova)
Iholov M.I. prof., academician (Tadzhikistan),
Leska Boguslava prof. (Poland),
Lokshin V.N. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Narayev V.N. prof. (Russia)
Nekludov I.M. prof., academician (Ukraine)
Nur Izura Udzir prof. (Malaysia)
Perni Stephano prof. (Great Britain)
Potapov V.A. prof. (Ukraine)
Prokopovich Polina prof. (Great Britain)
Ombayev A.M. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Otelbayev M.O. prof., academician (Kazakhstan)
Sadybekov M.A. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Satayev M.I. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Severskyi I.V. prof., academician (Kazakhstan)
Sikorski Marek prof., (Poland)
Ramazanov T.S. prof., academician (Kazakhstan)
Takibayev N.Zh. prof., academician (Kazakhstan), deputy editor in chief
Kharin S.N. prof., academician (Kazakhstan)
Chechin L.M. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Kharun Parlar prof. (Germany)
Endzhun Gao prof. (China)
Erkebayev A.Ye. prof., academician (Kyrgyzstan)

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

ISSN 2224-5227

ISSN 2518-1483 (Online),

ISSN 2224-5227 (Print)

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 5540-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 500 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of.219-220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz> / reports-science.kz

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2018

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

**REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 2224-5227

Volume 3, Number 319 (2018), 125 – 132

A.A. Genbach¹, D.Yu. Bondartsev²

¹Genbach A.A., Doctor of Engineering Science, Professor AUPET;

²Bondartsev D.Yu., Postdoctoral student AUPET, leading engineer,
JS «Trest Sredazenergomontazh»
d.bondartsev@saem.kz

**SCIENTIFIC METHOD OF CREATION CAPILLARY-POROUS
COOLING SYSTEMS FOR ELEMENTS
OF ENERGY BUILDING OF POWER STATIONS**

Abstract. To create a scientific methodology, studies of the ultimate heat fluxes in metallic and poorly heat-conducting porous structures operating under the combined action of gravitational and capillary forces and cooling various devices of thermal power plants have been carried out. On the basis of the problem of thermoelasticity and experimental data, the mechanism of destruction of metal vaporising surfaces and poorly heat-conducting coatings of low porosity made of natural mineral media (granite) is described. On the basis of the analogy of the phenomena, the dependences of the heat fluxes on the time of their action and the depth of penetration of temperature perturbations are revealed. Capillary - porous systems have high intensity, high heat transfer ability, reliability, compactness.

Keywords: heat transfer crisis; capillary-porous structure; heat and power installations.

УДК 536.248.2

А.А. Генбач¹, Д.Ю. Бондарцев²

¹Генбач А.А., доктор технических наук, профессор АУЭС;

²Бондарцев Д.Ю., докторант АУЭС, ведущий инженер,
АО «Трест Средазэнергомонтаж»

**НАУЧНАЯ МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ
КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ
ДЛЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ.**

Аннотация. Для создания научной методики проведены исследования предельных тепловых потоков в металлических и плохотеплопроводных пористых структурах, работающих при совместном действии гравитационных и капиллярных сил, и охлаждающих различные устройства теплоэнергоустановок. На основе задачи термоупругости и опытных данных описан механизм разрушения металлических парогенирующих поверхностей и плохотеплопроводных покрытий малой пористости, выполненных из естественных минеральных сред (гранита). На основе аналогии явлений выявлены зависимости тепловых потоков от времени их действия и глубины проникновения температурных возмущений. Капиллярно – пористые системы обладают высокой интенсивностью, большой теплопередающей способностью, надежностью, компактностью.

Ключевые слова: кризис теплопередачи; капиллярно-пористая структура; тепловые энергоустановки.

Введение. Успехи в применении капиллярно-пористых материалов в технике привлекали многих исследователей и изобретателей создавать на их основе различные устройства. Повышалась интенсивность теплоотводящих систем и форсировка протекающих в них процессов [1-3]. Использование пористых материалов помимо систем охлаждения позволяло создавать агрегаты, в которых решались проблемы взрывобезопасности, охраны труда и долговечности [4,6]. Этому способствовала возможность управлять процессами парообразования за счет избытка жидкости в порах и капиллярных структурах, создаваемого совместными действиями капиллярных и массовых сил [7-9].

В тепловых энергетических установках (ТЭУ) капиллярно-пористые материалы используются для охлаждения высокофорсированных детонационных горелочных устройств [3], создания

пароохладителей в паровых котлах [9], маслоохладителей, исключающие попадания масло в охлаждающую воду и воды в систему подшипников [10], лабиринтных уплотнений [11], и в других устройствах [10].

Основные области практического применения капиллярно-пористых систем представлены в [3,5,8-11].

Капиллярно-пористые системы позволяют достичнуть экономии топлива, сырья, воздуха, воды, тепла, повысить надежность охлаждения и взрывопожаробезопасность работы оборудования, способствовать высокоэффективному разрушению горных пород, бетонов, металлов, уменьшить низкотемпературную коррозию поверхностей, сократить загрязнению биосферы ядовитыми газами, пылью, теплом, ускорить решение проблем продовольственной программы, получить большой экономический и социальный эффекты в области экологии и охраны труда.

Основными преимуществами капиллярно-пористых систем являются высокая интенсивность, большая теплопередающая способность, надежность, компактность, простота в изготовлении и эксплуатации, они улучшают режимные и технологические показатели и имеют невысокие капитальные и эксплуатационные расходы.

Авторы [12] проводят сравнительный анализ методов расчета теплоотдачи по кипению воды с недогревом в вертикальных каналах, причем считают очаговую коррозию оболочек твэлов ядерных реакторов аналогом капиллярно-пористой структуры [13,14]. Однако исследования теплообмена по регулярной структурированной поверхности не проводилось.

По мнению авторов [15,16] поверхностное кипение на пористых поверхностях может влиять на развитие коррозии из-за эрозионного воздействия на поверхность теплообмена при схлопывании пузырей пара в недогретой жидкости. Поэтому требуется исследовать парообразование жидкости в капиллярно-пористых структурах в поле капиллярных и массовых сил с учетом скорости и недогрева, которые создаются избытком жидкости.

Оценка интенсивности теплообмена для кипения жидкости в большом объеме и тонких пленках на гладкой поверхности показала на их равные возможности [12-14] при высоких тепловых потоках, и на более высокие показатели теплопередачи, чем у систем с капиллярно-пористым покрытием [15-16]. Требуется провести исследования теплопередающих возможностей капиллярно-пористых покрытий, работающих в поле капиллярных и массовых сил, и установить величины предельных (критических) нагрузок, приводящих к разрушению поверхностей нагрева.

На рисунке 1 представлена методика исследования капиллярно-пористых систем применительно к различным элементам энергоустановок. Системы отличаются тем, что имеют преимущественно гравитационный подвод жидкости и по интенсивности теплопередачи занимают промежуточное положение между тонкопленочными испарителями и пористыми испарителями с преимущественно капиллярным подводом жидкости (тепловыми трубами). Поэтому такие системы следует выделить в отдельный класс теплоотводящих систем.

Проведенные исследования позволяют дать рекомендации по выбору теплохолодоносителя, учесть вид его циркуляции, определить геометрию и материал аппаратов и интенсификаторов теплообмена, с учетом условий и ориентаций работы системы под давлением или разрежением, подводом и видом энергии, ориентации системы. Обобщение экспериментальных результатов и методика расчета тепло- и массообмена в капиллярно-пористых системах в соответствии с рисунком 1 представлены в [17-21].

Исследование различных факторов, влияющих на теплообмен в структурах, показывают, что особый интерес вызывают предельные (критические) состояния поверхности нагрева, когда система способна переносить максимальные потоки энергии и вещества. Однако в этом случае требуется знать величины тепловых потоков и термических напряжений с целью обеспечить надежную долговечную работу установки. Так можно получить максимальный перенос энергии и вещества для следующих условий: используется чистая жидкость, циркулирующая по принудительной схеме в закрытых эллиптических теплообменниках под давлением в перфорированных и профилированных поверхностях нагрева, выполненных из нержавеющей стали. Система работает с избытком жидкости, а наличие массовых сил обеспечивает вынужденное течение теплохолодоносителя с недогревом. Энергия подводится к вертикально расположенной поверхности по периметру сверхзвуковым высокотемпературным пульсирующим вращающимся факелом [1,3,11,19].

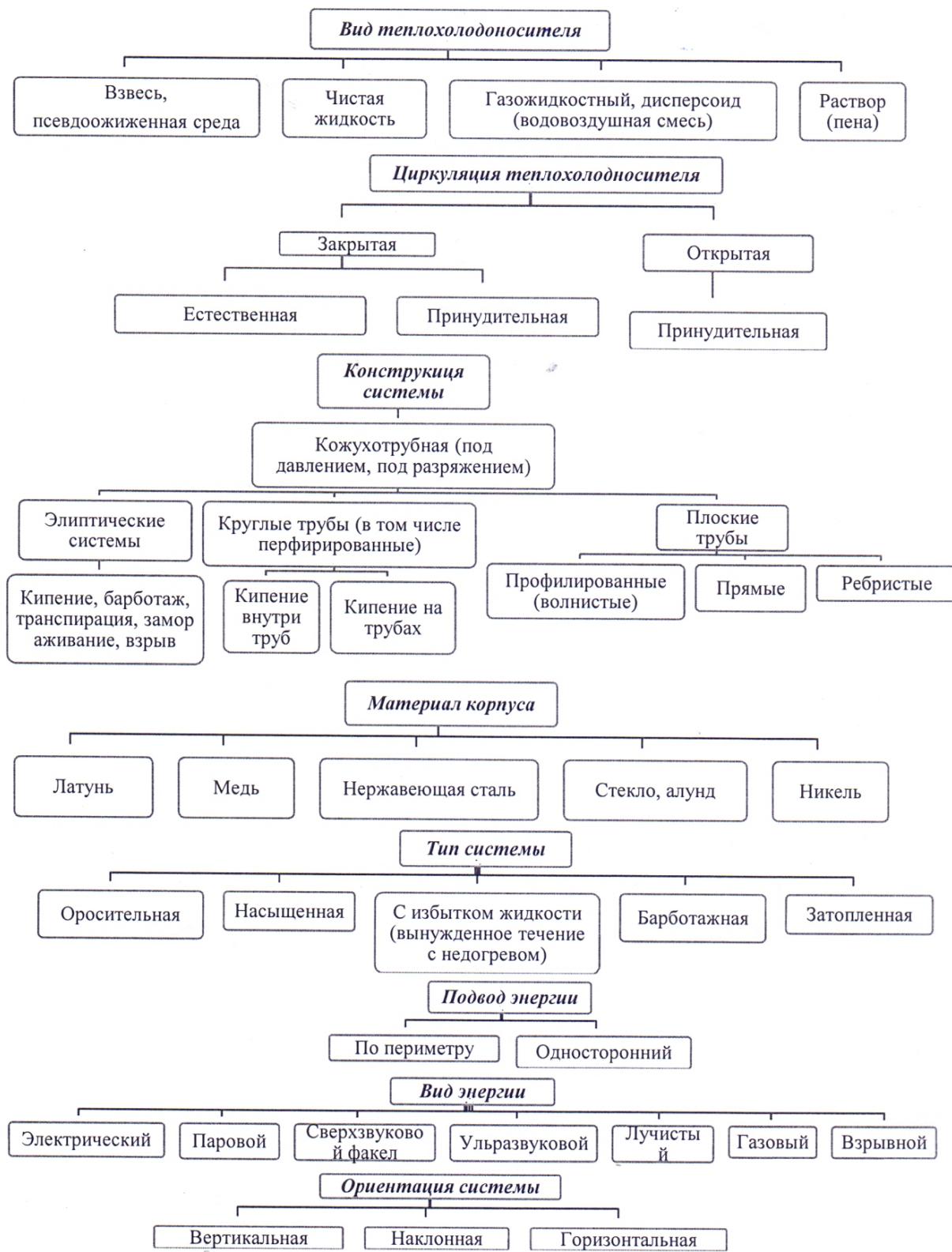


Рисунок 1 - Методика исследования различных факторов влияния на тепломассообмена в капиллярно-пористых систем ТЭУ

Экспериментальный метод. Исследования проводятся в капиллярно-пористой системе охлаждения, которая может работать по принципу замкнутой испарительно-конденсационной

схеме, либо быть разомкнутой. Изучаются различные условия теплообмена: способ подвода охладителя; степень прижатия капиллярно-пористой структуры; способность подпитки структуры из микро-артерий по высоте теплообменной поверхности; ориентация поверхности относительно гравитационных сил; геометрия: плоские, трубчатые и искривленные поверхности охлаждения; влияние давления вплоть до кризисных явлений с пережогом стенки (см. Рис 1).

Для исследования механизма теплообмена привлекаются методы голограммии, обобщение подобных и аналогичных явлений [1,3,11,20,21]. Управление теплообменом проводится за счет эллиптических систем, путем комбинированного действия капиллярных и массовых сил [1,3].

Изучение теплообмена носит практический характер, предназначено для создания различных тепловых энергоустановок: пароохладителей паровых котлов, пористых покрытий из плохотеплопроводного материала, уплотнений в паровых турбинах и ряда других энергоустановок [1, 3, 7, 10, 19].

На рисунке 2 изображен поперечный разрез плоской экспериментальной установки с перфорированной прижимной пластиной 3 (Рис.3), трубчатыми артериями 4 и капиллярно-пористой структурой 2.

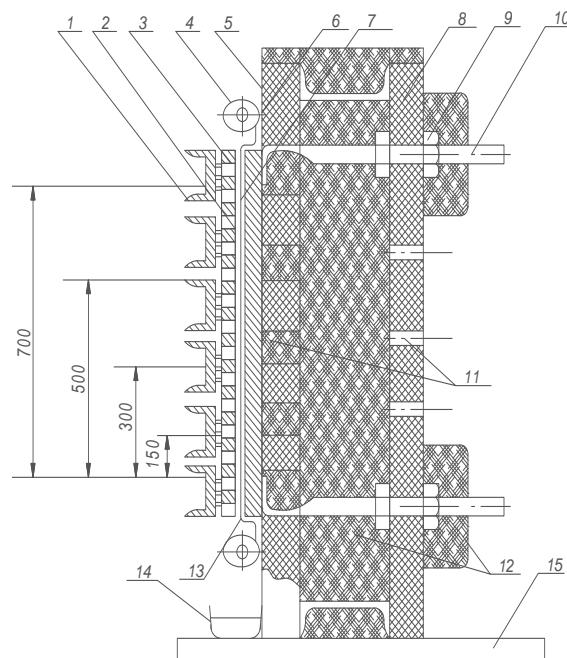


Рисунок 2 - Поперечный разрез плоской экспериментальной установки: 1 – прижимная планка, 2 – капиллярно-пористая структура, 3 – перфорированная прижимная пластина, 4 – трубчатая артерия, 5 – асбоцементная плита, 6 – нагреватель, 7 – изоляция, 8 – плита, 9 - прижимная гайка, 10 – электрод, 11 – окна, 12 – теплоизоляция, 13 – охлаждаемая стенка, 14 – сборник, 15 – подставка

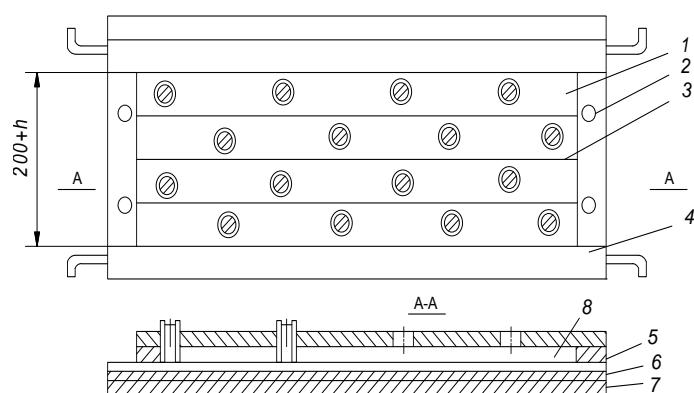


Рисунок 3 - Схема прижатия капиллярно-пористой структуры: 1 – пластины, 2 – прижимные винты, 3 – щели для выхода пара, 4 – подвод жидкости, 5 – прижимная перфорированная пластина, 6 – капиллярно-пористая структура, 7 – обогреваемая стенка, 8 – микро артерия

Наибольшая возможная погрешность:

- А) при измерении тока - $\pm 0,6\%$, падение напряжения - $\pm 1\%$, мощность - $\pm 1,6\%$,
 Б) при определении расхода жидкости ротаметрами - $\pm 3\%$.

Невязка баланса по подведенному током теплу и теплу, отведенному циркуляционной и избыточной воды с учетом потерь тепла через изоляцию, не превышали $\pm 12\%$, а по циркуляционной воде - $\pm 11\%$. Расхождение материального баланса между расходом охлаждающей жидкости, расхода слива и конденсата составляет не больше $\pm 10\%$.

Методика измерений и обработка опытных данных опубликована в работах [2,4]. Для исследования кризиса кипения нами так же собирались установки, выполненные в виде огнеструйной горелки ракетного типа. Схема экспериментальной установки и условия проведения опытов представлены в [3]. Камеры сгорания и сверхзвуковые сопла охлаждались капиллярно-пористой и водяной системой (Рис 4). ТермоБактивная горелка так же использовалась для исследования предельного состояния капиллярно-пористых покрытий, выполненных из естественных минеральных сред (гранитные, кварцевые и тешенитные покрытия). Тепловое воздействие осуществлялось сверхзвуковым (до 2000 м/с) высокотемпературным (до 2500°C) пульсирующим факелом (см. рис. 1, вид энергии). Результаты разрушенных камер сгорания показаны на рис 4.

Результаты кризиса теплопередачи в капиллярно-пористой системе охлаждения и их обсуждения.

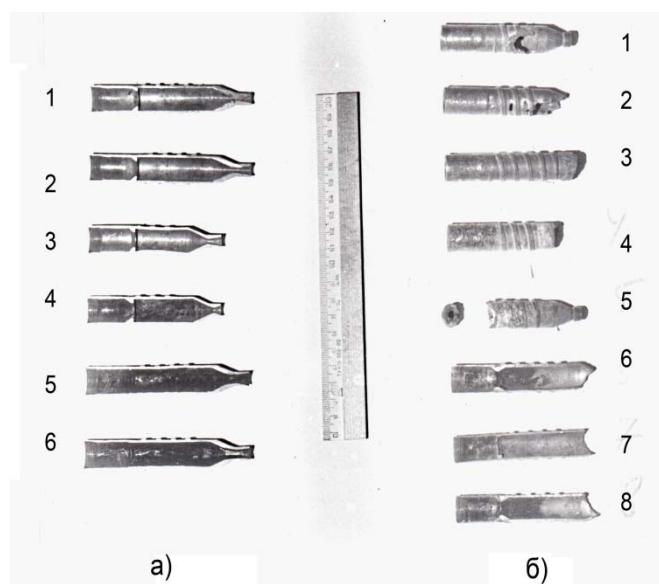


Рисунок 4 - Разрушенные камеры сгорания и сверхзвуковые сопла горелки:

- а) сопла выполнены без утолщения стенки: 1, 2, 3, 4 – до эксплуатации; 5, 6 – после 40 часов эксплуатации (разрушены дефлекторные кольца и увеличены сечения сопел); 1, 2, 5, 6 – $\alpha = 0,8$; 3, 4 – $\alpha = 0,6$;
 4 – камеры сгорания с укороченным соплом (обеспечивала проведение детонационного режима горения). Система охлаждения – водяная ($q_{kp,cev} = 1 \times 10^6 \text{ Вт}/\text{м}^2$; $\bar{W} = 10 \text{ м}/\text{с}$)
 б) сопла выполнены с утолщением стенки: 1-8 – $\alpha = 0,6 \dots 0,65$; разрушение произошло в результате прорыва газов в водяную систему охлаждения при разгерметизации уплотнений; 5 – камера сгорания с оплавленным завихрителем. Система охлаждения – капиллярно-пористая ($q_{kp,cev} = 1 \times 10^6 \text{ Вт}/\text{м}^2$)

Модель капиллярно-пористого покрытия. Для определения предельных тепловых потоков и напряжений решается задача термоупругости [3,9,10] при граничных условиях второго рода для одномерного уравнения нестационарной теплопроводности.

Рассмотрим пластину толщиной $2h$. К поверхности $z=+h$, начиная с момента времени $t=0$, подводиться постоянный удельный тепловой поток q . Нижняя поверхность $z=-h$ и боковые края пластины теплоизолированы.

Уравнения теплопроводности с граничными и начальными условиями запишется в виде:

$$\alpha_{ct} \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = \frac{\partial T}{\partial \tau}, T = 0, \tau < 0 \quad (1)$$

$$\lambda_{ct} \frac{\partial T}{\partial z} = q, \quad z = +h$$

$$\lambda_{ct} \frac{\partial T}{\partial z} = 0, z = -h$$

Распределение температуры по толщине зависит от теплофизических свойств материала, величины теплового потока и времени его подача:

$$T\left(\frac{z}{h}; \tau\right) = q \left\{ \frac{M}{2(c\lambda g)_{ct}} \tau + \frac{\frac{3z^2}{h^2} + \frac{6z}{h-1}}{12M} - \frac{4}{\pi^2 M} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n^2} \exp\left[-n^2 \frac{\pi^2 M^2}{4(c\lambda g)_{ct}} \tau\right] \cos \frac{n\pi}{2} \left(\frac{z}{h} + 1\right) \right\}, \quad (2)$$

где $M = \frac{\lambda_{ct}}{h}$; n – целые положительные числа.

Зная распределение температуры в пластине, находим термические напряжения растяжения и сжатия, возникающие в некоторый момент времени τ на различной глубине от поверхности $\delta_i = (h-z_i)$ при данном значении теплового потока q , поскольку пластина с переменной по толщине температурой находится в плоско напряженном состоянии.

$$\sigma_{xx} = \sigma_{yy} = -\frac{\alpha E}{(1-\nu)} T\left(\frac{z}{h}; \tau\right) + \frac{1}{(1-\nu)2h} \int_{-h}^{+h} 2'E T\left(\frac{z}{h}; \tau\right) dz, \quad (3)$$

где первый член – составляющая напряжения сжатия, а второй – растяжения.

Решение уравнения (1).

Задаваясь предельными значениями напряжения сжатия и растяжения для горной породы (пористые покрытия из естественной минеральной среды) и металла, получаем зависимость теплового потока, требуемого для разрушения, от времени подачи и глубины проникновения. Кроме того, приравнивая температуры на поверхности пластины к температуре плавления породы и металла, находим значения удельных тепловых потоков, необходимых для расплавления поверхностного слоя за различный промежуток времени их действия:

плавление поверхности

$$q_1 = \frac{T_{pl.}}{\left\{ \frac{M}{2(cg\lambda)_{ct}} \tau + \frac{2}{3M} - \frac{4}{\pi^2 M} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n^2} \exp\left[-n^2 \frac{\pi^2 M^2}{4(cg\lambda)_{ct}} \tau\right] \cos n\pi \right\}}; \quad (4)$$

создание предельных напряжений сжатия

$$q_2 = \frac{\frac{(1-\nu)\sigma_{pr,sж.}}{\alpha E}}{\left\{ \frac{M}{2c\lambda g_{ct}} \tau + \frac{\frac{3z^2}{h^2} + \frac{6z}{h-1}}{12M} - \frac{4}{\pi^2 M} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n^2} \exp\left[-n^2 \frac{\pi^2 M^2}{4c\lambda g_{ct}} \tau\right] \cos \frac{n\pi}{2} \left(\frac{z}{h} + 1\right) \right\}} \quad (5)$$

создания предельных напряжений растяжения

$$q_3 = \frac{\frac{(1-\nu)\sigma_{pr,раст.}}{\alpha E}}{\left\{ \frac{M}{2(c\lambda g)_{ct}} \tau \right\}} \quad (6)$$

где $M = \lambda_{ct}/h$ – параметр, n – целые положительные числа.

Зависимости величины q_1 , q_2 , q_3 от времени τ при фиксированных значениях размера частицы δ для покрытия, либо глубины проникновения температурных возмущений для металла, рассчитывались на ПК применительно к пластине, выполненным из кварца, гранита и металла (медь и нержавеющая сталь).

Заключение

На основе проведенных исследований в случае облучения факелом керосино-кислородной горелки пористого покрытия на рабочем участке имеем до $4 \times 10^7 \text{ Вт}/\text{м}^2$, что соответствует q покрытий $0,4 \times 10^7 \text{ Вт}/\text{м}^2$. Механизм разрушения металлов принципиально отличается от механизма разрушения покрытий из горных пород.

Разработана научная методика исследования и создания капиллярно-пористых систем охлаждения и покрытий для различных условий тепломассообмена в элементах энергооборудования.

Обозначения

m – расход, $\text{кг}/\text{с}$;	τ – время, с;
q – тепловая нагрузка, $\text{Вт}/\text{м}^2$;	a – коэффициент теплопроводности, $\text{м}^2/\text{с}$;
h – высота, толщина пленки, м;	λ – коэффициенты теплопроводности, $\text{Вт}/\text{мК}$;
\bar{W} – средняя скорость, $\text{м}/\text{с}$;	C – теплоемкость, $\text{Дж}/\text{кгК}$;
α – коэффициент избытка воздуха;	ρ – плотность $\text{кг}/\text{м}^3$;
T – температура, К;	δ – толщина структуры (глубина распространения волны, размер частиц), м;
v – ширина ячейки сетки на просвет (гидравлический размер пор), м;	σ – напряжение;
G – удельный расход, $\text{кг}/\text{м}^2\text{с}$;	α – коэффициент линейного расширения, K^{-1} ;
d – размер (диаметр) зерен структуры, м;	ν – коэффициент Пуассона (поперечного сжатия);
x – координата (направление движения жидкости), м;	E – модуль Юнга (упругости), Па;
y – координата (направление движения жидкости), м;	Q – удельная энергия разрушения, $\text{Дж}/\text{м}^3$
z – координата, м;	

Индексы

ж, п – жидкость, пар; кр. сеч. – критическое сечение; г – горячий; ст. – стенка; г – гидравлический; н – насыщение; пл. – плавление (пленка); пр. сж. – предельное сжатие; пр. раст. – предельное растяжение.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Polyaev, V.M. et al., Methods of Monitoring Energy Processes, Experimental Thermal and Fluid Science, International of Thermodynamics. Experimental Heat Transfer, and Fluid Mechanics. Avenue of the Americas, New York, USA, 1995, Vol. 10, pp. 273-286.
- [2] Polyaev, V.M., Genbach A.A., *Heat Transfer in a Porous System in the Presence of Both Capillary and Gravity Forces*, Thermal Engineering, 40 (1993), 7, pp. 551-554.
- [3] Поляев В.М., Генбач А.Н., Генбач А.А. Предельные состояния поверхности при термическом воздействии // Теплофизика высоких температур. – 1991. Т.29, № 5. – С. 923-934.
- [4] Polyaev, V.M., Genbach A.A., *Control of Heat Transfer in a Porous Cooling System*. Proceedings, 2nd World Conference on Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics, Dubrovnik, Yugoslavia, 1991, pp. 639-644.
- [5] Поляев В.М., Генбач А.А., Минашкин Д.В. Процессы в пористом электрическом теплообменнике // Известия вузов. Машиностроение. – 1991. - № 4 – 6. – с. 73 – 77.
- [6] Генбач А.А., Бакытжанов И.Б. Защита от землетрясений фундаментов ТЭС с помощью пористых геозранов // Поиск, МОН РК, № 1 (2), 2012. – с. 289 – 298.
- [7] Генбач А.А., Данильченко И. Пористый пароохладитель паровых котлов // Промышленность Казахстана, № 1 (70), 2012. – с. 72 – 75.
- [8] Генбач А.А., Олжабаева К.С. Визуализация термического воздействия на пористой материал в ТЭУ ЭС // Вестник Национальной инженерной академии РК, № 3 (45), 2012. – с. 63 – 67.
- [9] Генбач А.А., Исламов Ф.А. Исследование присоловой галтели в энергоустановках // Вестник КазНТУ, № 3 (97), 2013. – с. 245 – 248.

- [10]Генбач А.А., Байбекова В.О. Моделирование теплообмена в пористой системе охлаждения подшипника турбины. *Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ.* 2017; 60 (6): 558-570.
- [11]Поляев В.М., Генбач А.А. Управление теплообменов в пористой структуре // *Известия Российской академии наук. Энергетика и транспорт* – 1992. Т 38. №6 – с. 105-110 .
- [12]Jamialahmadi M., et al., *Experimental and Theoretical Studies on Subcooled Flow Boiling of Pure Liquids and Multicomponent Mixtures*, Intern. J Heat Mass Transfer. 51 (2008), 9-10, pp. 2482-2493.
- [13]Ose Y., Kunugi T., *Numerical Study on Subcooled Pool Boiling*, Progr. In Nucl. Sci. and Technology 2, (2011), pp. 125-129.
- [14]Krepper E., et al., *CFD Modeling Subcooled Boiling-Concept, Validation and Application to Fuel Assembly Design*, Nucl. Eng. and Design, 237 (2007), 7, pp. 716-731.
- [15]Ovsyanik A.V., *Modelling of Processes of Heat Exchange at Boiling Liquids* (in Russian), Gomel State Technical University named after P.O., Sukhoy, Gomel, Belarus, 2012.
- [16]Alekseik, O.S., Kravets V.Yu., *Physical Model of Boiling on Porous Structure in the Limited Space*, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 64 (2013), 4/8, pp. 26-31.
- [17]Поляев В.М., Генбач А.А., Анализ законов трения и теплообмена в пористой структуре // Вестник МГТУ, серия Машиностроение. – 1991.- с. 86 – 96.
- [18]Поляев В.М., Генбач А.А., Бочарова И.Н. Влияние давления на интенсивность теплообмена в пористой системе. // Известия вузов. Машиностроение. – 1992. - № 4 – 6. – С. 68 -72.
- [19]Поляев В.М., Генбач А.А. Области применения пористой системы // Известия вузов. Энергетика. – 1991. № 12. – с. 97 – 101.
- [20]Genbach A.A., Jamankyllova N.O., Bakic Vukman V. *The processes of Vaporization in the Porous Structures Working With The Excess of Liquid*, Thermal Science: Year 2017, Vol. 21, №1A, pp. 363-373. DOI:10.2298/TSCI160326313G.
- [21]Genbach A.A., Olzhabayeva K.S., Iliev I.K., *Boiling Process in oil Coolers on Porous Elements*, Thermal Science: Year 2016, Vol.20. № 5, pp. 1777-1789. DOI:10.2298/TSCI150602166G.

А.А. Генбач¹, Д.Ю. Бондарцев²

¹Генбач А.А., техникалық ғылым докторы, профессор АЭжБУ;

²Бондарцев Д.Ю., докторант АЭжБУ, бас инженер,

АО «Трест Средазэнергомонтаж»

ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕСІ ҚУАТТЫЛЫҚ-БІР ЖАБДЫҚ ЖҮЙЕСІ ЭНЕРГИЯ ҚҰРЫЛЫСЫНЫҢ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ҚҰРЫЛЫСЫНЫҢ ЭЛЕМЕНТИ

Аннотация. Ғылыми-зерттеу әдістерін жасау үшін гравитациялық және капиллярлық силдермен жұмыс істейтін металл және платформациялық поршенді құрылымдардағы жылу құбытын жылу көздерін зерттеу және жылу қондырғыларының түрлі салындардағы құрылымдардың зерттеу жұмыстары жүргізілді. Негізінен минералдық ортадан (гранит) шығарылған металды парогенерирующих сырғықтардан шығарылатын механизмдер мен оптикалық деректерді табу механизмі қажет. Осындағы ұқсастықтар негізінде жылу алмастырулардың өздігінен өтетін температуралық және жылжымалы жылу алмастырулардың шығу тәсілдерін анықтайды. Бұл жүйе жоғары қарқындылықпен, үлкен жылумен, сенімділікпен ерекшеленеді.

Түйін сөздер: жылу тасымалдау дағдарысы; капиллярлық-кеуекті құрылым.

МАЗМҰНЫ

Техникалық ғылымдар

(ағылшын тілінде)

Әліпбеки О.Ә., Дюсенбеков З.Д., Алипбекова Ч.А., Sterenharz A. Қазақстан республикасында кіңістіктік деректерді сандандыру проблемары мен шешу жолдары.....	5
Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю. Зерттеу нәтижесі қуаттылық-бір жабдық жүйесі энергия құрылышының энергетикалық құрылышының элементі.....	11
Ракишев Б.Р., Кузьменко С.В., Съедина С. А., Тулебаев К.К. Сарбай карьері мысалында кен орындарының тұрақтылығын кен-геологиялық факторлардың әсерін талдау.....	19

Аграрлық ғылымдар

(ағылшын тілінде)

Семенов В.Г., Баймұқанов Да.А., Тюрин В.Г., Косяев Н.И., Мударисов Р.М., Никитин Да.А., Исхан К.Ж., Қалмагамбетов М.Б., Тлепов А.А. Өнімділік сапасы және үдайы өсіруді жүзеге асырганда аналық сиыр мен бұзау организімінде өзгеше корғаныс.....	26
Исанова Г.Т., Абдувалий Да., Куанышбекова А.Г. Оңтүстік Балқаш құмды шөлдерінің шаңды дауылдар түріндегі дефляциялық процесстері.....	39
Абралиев О., Тажисуголова Ж., Кудайбергенова А. Қазақстан республикасындағы бидай нарығының әлеуетін зерттеуі	46

Қоғамдық ғылымдар

(ағылшын тілінде)

Дошан А.С., Рей И.Ю., Саябаев К.М. Ауылдық жасыл туризм дамуының келешегі.....	55
Кусанинова А. А., Козловски В. Еуропадағы әлеуметтік сақтандырудың кейір ерекшеліктері (Ұлыбритания, Германия және Швеция мысалында).....	61
Каирденов С. С., Бартоломью Дея Тортелла. Экономикалық талықында жағдайындағы Ресей федерациясында және Татарстандағы ислам даму банкі қаржы кызметінің дамуы мен бейімделуінің болашағы.....	67
Ауезова К.Т., Тажибекова К.Б., Набиева М.Т. Бизнестің әлеуметтік жауапкершілігі: мәселелері және даму Келешегі.....	73
Аюпова З.К., Құсайынов Да.Ф. Қазақстан республикасындағы ана мен бала құқығын қоргаудың жаңа қырлары.....	77
Джрауова Қ.С., Бекешева Да.А., Кусаева Н.С. Инновациялық дамудың кластерлік бағыты және Қызылорда облысында дамытудың басымдылықтары.....	83
Ескалиева А. Ж., Молдашева А.К., Ахметова Г.Т. Қасібишілдіктің факторы ретінде адам капиталының сапасы.....	91
Калыкова Б.Б., Бельгібаева Ж.Ж., Бельгібаев А.К. Қазақстанның азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз етуінде халық шаруашылықтардың рөлі.....	95
Омарханова Ж.М., Мухамбетова З.С., Матаева Б.Т. Шетелдік елдердегі агрегаттардың ерекшелектері.....	99
Сабирова Р.К., Джумаева А.К., Сайынова Л.К. Өнеркәсіптік кәсіпорындардағы баға белгілеу әдістері.....	103
Тұрманханбетова Г.А., Джарикбаева Да.Т. Қазақстан республикасынан қаржылық жүйесін занды және ұйымдастыру негізідері.....	107
Шаукерова З.М., Булашева А.А., Нурпеисова Да.М. 16 ҚЕХС (IFRS) бойынша лизингтік операциялар бойынша есепке алушы жетілдіру.....	111
Джанмұлдаева Л.Н., Шариповой Да.Б., Абжаптаровой А.О. Қазақстанның солтүстік өнірінде кәсіпкерлікте қалыптастырудың ерекшеліктері.....	115

Техникалық ғылымдар

(орыс тілінде)

Әліпбеки О.Ә., Дюсенбеков З.Д., Алипбекова Ч.А., Sterenharz A. Қазақстан республикасында кіңістіктік деректерді сандандыру проблемары мен шешу жолдары.....	119
Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю. Зерттеу нәтижесі қуаттылық-бір жабдық жүйесі энергия құрылышының энергетикалық құрылышының элементі.....	125
Ракишев Б.Р., Кузьменко С.В., Съедина С. А., Тулебаев К.К. Сарбай карьері мысалында кен орындарының тұрақтылығын кен-геологиялық факторлардың әсерін талдау.....	133

Аграрлық ғылымдар

(орыс тілінде)

Семенов В.Г., Баймұқанов Да.А., Тюрин В.Г., Косяев Н.И., Мударисов Р.М., Никитин Да.А., Исхан К.Ж., Қалмагамбетов М.Б., Тлепов А.А. Өнімділік сапасы және үдайы өсіруді жүзеге асырганда аналық сиыр мен бұзау организімінде өзгеше корғаныс.....	141
---	-----

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки (на английском языке)

Алипбеки О.А., Дюсенбеков З.Д., Алипбекова Ч.А., Sterenharz A. Проблемы и пути решения цифровизации пространственных данных республики Казахстан.....	5
Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю. Научная методика создания капиллярно-пористых систем охлаждения для элементов энергооборудования электростанций.....	11
Ракишев Б.Р., Кузьменко С.В., Съединина С. А., Тулебаев К.К. Анализ влияния горно-геологических факторов на устойчивость бортов на примере Сарбайского карьера.....	19

Аграрные науки (на английском языке)

Семенов В.Г., Баймukanов Д.А., Тюрин В.Г., Косяев Н.И., Мударисов Р.М., Никитин Д.А., Исхан К.Ж., Калмагамбетов М.Б., Тлепов А.А. Неспецифическая защита организма коров - матерей и телят в реализации воспроизводительных и продуктивных качеств.....	26
Исанова Г.Т., Абдувалий Д., Куанышбекова А.Г. Дефляционные процессы в виде пыльных бурь в песчаных пустынях Южного Прибалкаша.....	39
Абралиев О., Тажикулова Ж., Кудайбергенова А. Исследование потенциала рынка пшеницы в Республике Казахстан.....	46

Общественные науки (на английском языке)

Дошан А.С., Рей И.Ю., Саябаев К.М. Перспективы развития сельского зеленого туризма.....	55
Кусанинова А.А., Козловски В. Некоторые особенности социального страхования в Европе (на примере Великобритании, Германии и Швеции).....	61
Каирденов С.С., Bartolomé Deyá Tortella. Перспективы адаптации и развития финансовой деятельности исламского банка развития в Российской Федерации и Татарстане в условиях экономических шоков.....	67
Ауезова К.Т., Тажибекова К.Б., Набиева М.Т. Социальная ответственность бизнеса: проблемы и перспективы развития.....	73
Аюпова З.К., Кусанинов Д.У Новые подходы защиты прав женщин и детей в Республике Казахстан.....	77
Джерайрова К.С., Бекешева Да.А., Кусаева Н.С. Кластерное направление инновационного развития и приоритеты развития в Кызылординской области.....	83
Ескалиева А. Ж., Молдасиева А.К., Ахметова Г.Т. Качество человеческого капитала как фактор профессионализации.....	91
Калькова Б.Б., Бельгебаева Ж.Ж., Бельгебаева А.К. Роль хозяйств населения в обеспечении продовольственной безопасности Казахстана.....	95
Омарханова Ж.М., Мухамбетова З.С., Матаева Б.Т. Особенности агротуризма в зарубежных странах.....	99
Сабирова Р.К., Джумаева А.К., Сайынова Л.К. Методы ценообразования на промышленных предприятиях.....	103
Турманбетова Г.А., Джарикбаева Да.Т. Правовые и организационные основы финансовой системы Республики Казахстан.....	107
Шаукерова З.М., Булашева А.А., Нурпесисова Да.М. Совершенствование учета лизинговых операций в соответствии с МСФО (IFRS) 16.....	111
Джсанмулдаева Л.Н., Шарипова Да.Б., Абжаптарова А.О. Особенности формирования предпринимательства в северном регионе Республики Казахстана.....	115

Технические науки (на русском языке)

Алипбеки О.А., Дюсенбеков З.Д., Алипбекова Ч.А., Sterenharz A. Проблемы и пути решения цифровизации пространственных данных республики Казахстан.....	119
Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю. Научная методика создания капиллярно-пористых систем охлаждения для элементов энергооборудования электростанций.....	125
Ракишев Б.Р., Кузьменко С.В., Съединина С. А., Тулебаев К.К. Анализ влияния горно-геологических факторов на устойчивость бортов на примере Сарбайского карьера.....	133

Аграрные науки (на русском языке)

Семенов В.Г., Баймukanов Д.А., Тюрин В.Г., Косяев Н.И., Мударисов Р.М., Никитин Д.А., Исхан К.Ж., Калмагамбетов М.Б., Тлепов А.А. Неспецифическая защита организма коров - матерей и телят в реализации воспроизводительных и продуктивных качеств.....	141
---	-----

CONTENTS
Technical sciences

(in English)

<i>Alipbeki O., Dyusenbekov Z., Alipbekova Ch., Sterenharz A.</i> Problems and ways to solve digitizing of spatial data in the republic of Kazakhstan.....	5
<i>Genbach A.A., Bondartsev D.Yu.</i> Scientific method of creation capillary-porous cooling systems for elements of energy building of power stations.....	11
<i>Rakishev B.R., Kuzmenko S.V., Sedina S.A., Tulebayev K.K.</i> The analysis of influence of mining-geological factors on edges stability on the example of the Sarbai pit.....	19

Agrarian science

(in English)

<i>Semenov V.G., Baimukanov D.A., Tyurin V.G., Kosyaev N.I., Mudarisorov R.M., Nikitin D.A., Iskhan Zh. K., Kalmagambetov M.B., Tlepov A.A.</i> Nonspecific protection of the organism of cows-mothers and calves in realization of reproductive and productive qualities.....	26
<i>Issanova G.T., Abuduwaili J., Kuanyshbekova A. G.</i> Deflation processes as dust storms in the sandy deserts of the southern Balkash region.....	39
<i>Abrailev O., Tazhygulova Zh., Kudaibergenova A.</i> Research on the wheat market potential in the republic of Kazakhstan....	46

Social Sciences

(in English)

<i>Doshan A.S., Rey I.Yu., Sayabayev K.M.</i> Prospects for the development of agricultural green tourism.....	55
<i>Kussainova A.A., Kozlowski W.</i> Some peculiarities of social insurance in Europe (on the example of great Britain, Germany and Sweden).....	61
<i>Kairdenov S.S., Bartolomé Deyá Tortella.</i> The prospects of adaptation and development of financial activity of islam bank of development in the Russian federation and Tatarstan in the conditions of economic shocks.....	67
<i>Auezova K.T., Tazhibekova K.B., Nabieva M.T.</i> Social responsibility of business: problems and prospects of development... 73	73
<i>Ayupova Z.K., Kussainov D.U.</i> New approaches of the protection of the women's and children'srights in the republic of Kazakhstan.....	77
<i>Jrauova K., Bekesheva D., Kusaeva N.</i> Clustering directions of innovative development and its priority development in Kyzylorda oblast.....	83
<i>Eskalieva A.Zh., Молдашева А.К., Ахметова Г.Т.</i> Quality of human capital as a factor of professionalization.....	91
<i>Kalykova B.B., Belgibayeva Zh.Zh., Belgibayev A.K.</i> A role of economies of population in providing of food safety of Kazakhstan.....	95
<i>Omarhanova Zh.M., Mukhambetova Z.S., Mataeva B.T.</i> Peculiarities of agreturism in foreign countries.....	99
<i>Sabirova R.K., Dzhumaeva A.K., Sayynova L.K.</i> Methods of pricing on industrial enterprises.....	103
<i>Turmakhanbetova G.A., Jarikbayeva D.T.</i> Legal and organizational basis of the financial system of the republic of Kazakhstan.....	107
<i>Shaukerova Z.M., Bulasheva A.A., Nurpeisova D.M.</i> Improvement of accounting for leasing operations under (IFRS) 16.....	111
<i>Janmoldayeva L.N. Sharipova D.B., Abzhapparov A.O.</i> Peculiarities of enterprise formation in the northern region of Kazakhstan.....	115

Technical sciences

(in Russian)

<i>Alipbeki O., Dyusenbekov Z., Alipbekova Ch., Sterenharz A.</i> Problems and ways to solve digitizing of spatial data in the republic of Kazakhstan.....	119
<i>Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю.</i> Зерттеу нәтижесінде күттегілік-бір жабдық жүйесі энергия күрьылсының энергетикалық күрьылсының элементі.....	125
<i>Rakishev B.R., Kuzmenko S.V., Sedina S.A., Tulebayev K.K.</i> The analysis of influence of mining-geological factors on edges stability on the example of the Sarbai pit.....	133

Agrarian science

(in Russian)

<i>Semenov V.G., Baimukanov D.A., Tyurin V.G., Kosyaev N.I., Mudarisorov R.M., Nikitin D.A., Iskhan Zh. K., Kalmagambetov M.B., Tlepov A.A.</i> Nonspecific protection of the organism of cows-mothers and calves in realization of reproductive and productive qualities.....	141
--	-----

**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 work described 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 originality detection service Cross Check <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

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

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

Редакторы М. С. Ахметова, Т.А. Апендиев, Аленов Д.С.
Верстка на компьютере А.М. Кульгинбаевой

Подписано в печать 13.06.2018.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
9,8 п.л. Тираж 500. Заказ 3.