

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

ISSN 1991-3494

Volume 5, Number 369 (2017), 45 – 53

**A. A. Genbatch<sup>1</sup>, D. Yu. Bondartsev<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Doctor of technical sciences, professor AUPET,

<sup>2</sup>doctoral student AUPET, leading engineer JS «Trest Sredazenergomontazh».

E-mail: d.bondartsev@saem.kz

**DEVELOPMENT OF TURBINE TECHNOLOGY OF POWER PLANTS  
AND THE SCIENTIFIC METHODOLOGY FOR THEIR CREATION**

**Abstract.** The development of methods and devices for capillary-porous systems for the turbine engineering of power plants has been carried out. A scientific method for their investigation has been developed. The limiting heat fluxes in metallic and poorly heat-conducting porous structures in the form of granite coatings operating under the combined action of gravitational and capillary forces are studied. The mathematical model is based on the thermoelastic problem. A mechanism for the destruction of processes for the analogy of the heat transfer of poorly heat-conducting coatings of small porosity and a metal substrate is described. The revealed values of the specific energy of destruction allow to expand the crisis phenomena in the porous cooling system and to ensure the optimal selection of porous coatings of low porosity and thermal conductivity.

**Key words:** heat exchange, porous structure, thermal power plants.

УДК 536.248.2

**А. А. Генбач<sup>1</sup>, Д. Ю. Бондарцев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Доктор технических наук, профессор АУЭС,

<sup>2</sup>докторант АУЭС, ведущий инженер АО «Трест Средазэнергомонтаж».

**РАЗРАБОТКА ТУРБИННОЙ ТЕХНИКИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ  
И НАУЧНАЯ МЕТОДИКА ИХ СОЗДАНИЯ**

**Аннотация.** Проведена разработка способов и устройств капиллярно-пористых систем для турбинной техники электростанций. Создана научная методика их исследования изучены предельные тепловые потоки в металлических и плохотеплопроводных пористых структурах в виде гранитных покрытий, работающих при совместном действии гравитационных и капиллярных сил. Математическая модель построена на основе термоупругостной задачи. Описан механизм разрушения процессов для аналогии теплообмена плохотеплопроводных покрытий малой пористости и металлической подложки. Выявленные величины удельной энергии разрушения позволяют расширить кризисные явления в пористой системе охлаждения и обеспечить оптимальный подбор пористых покрытий малой пористости и теплопроводности.

**Ключевые слова:** теплообмен, пористая структура, тепловые электрические станции.

Применение пористых материалов в турбинной технике привлекали многих исследователей создавать 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 [2, 4]. Этому способствовала возможность управлять процессами парообразования за счет избытка жидкости в порах и капиллярных структурах, создаваемого совместными действиями капиллярных и массовых сил [5-7].

В тепловых энергетических установках (ТЭУ) капиллярно-пористые материалы используются для охлаждения высокофорсированных детонационных горелочных устройств [8], 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 [12].

Основные области практического применения капиллярно-пористых систем нами защищены патентами и авторскими свидетельствами на изобретение [2, 4, 6-12].

Внедрение оборудования и технологических процессов в энергетике должно производиться, прежде всего, с эколого-экономических позиций. Предлагаемые разработки капиллярно-пористых систем будут способствовать проведению процессов, существенно улучшая и сохраняя природную среду.

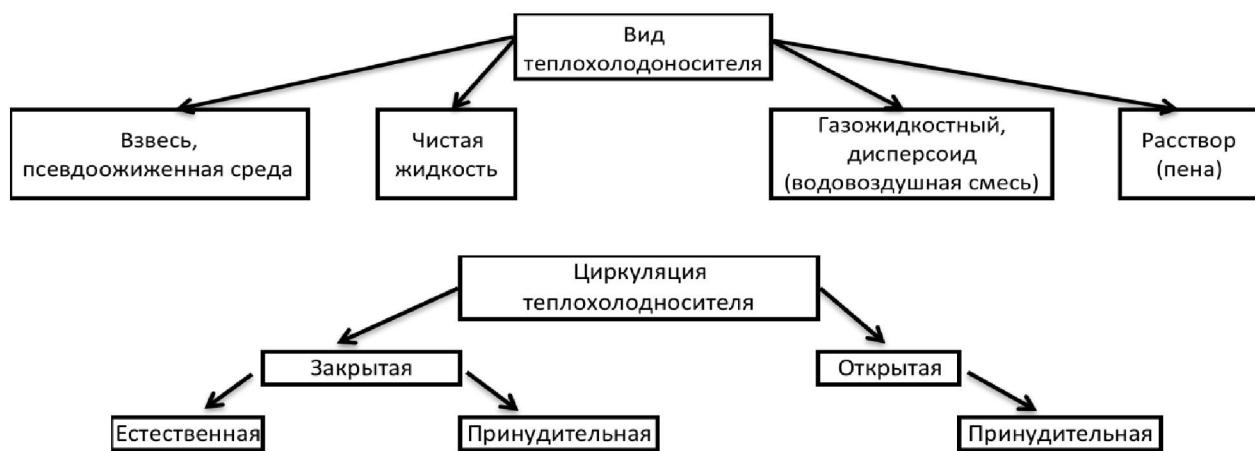
Для повышения надежности, экономичности и маневренности турбинных установок с учетом экологии эффективны мероприятия [4, 6-8, 10-12]:

1. Сепарирование влаги в ступени капиллярно-пористой структуры;
2. Проведение гидрогазодинамики, массообмена двухфазных потоков в ступени при наличии пористых вставок (естественных и искусственных);
3. Организация движения частиц влаги и жидкости пленок в пористых каналах ступени;
4. Интенсификация процессов в пористых сепараторах проточной части турбины;
5. Проведение пористого охлаждения лопаток и камер сгорания ГТУ;
6. Подавление образования оксидов азота в камерах сгорания ГТУ тепловыми трубами;
7. Детонационного горения в пористых образованиях в камерах ГТУ;
8. Утилизации тепла в ГТУ тепловыми трубами;
9. Голографирования деформаций и тепловых расширений в узлах статора ротора турбины с целью диагностики;
10. Пористого охлаждения элементов ротора турбины при ее пуске и останове;
11. Пористого охлаждения статора турбины при ее пуске и останове;
12. Повышения маневренности турбины за счет применения пористых систем;
13. Защиты валопровода турбины от землетрясений пористыми энергоразделителями;
14. Резки фундаментов турбоустановки термогенеративными горелками при производстве строительно-монтажных работ;
15. Защита от кавитации лопаток турбины с помощью пористых структур;
16. Борьба с тепловыми ударами в паропроводах и клапанах пористыми системами;
17. Голографического диагностирования валопровода турбины;
18. Голографического диагностирования двухфазных потоков в турбинной ступени;
19. Установки пористых экранов диaphragm первых ступеней ЦВД и ЦСД;
20. Фотоупрограммированного диагностирования валопровода, дисков, лабиринтных уплотнений.
21. Применения волновой теории двухфазных потоков в сопловых и рабочих лопатках на основе разделения, концентрации и стока энергии влаги и легкой фазы;
22. Разработка волновой теории теплообмена в элементах ротора и статора при взрывообразном рождении паровых пузырей;
23. Крепежа шпилек фланцевых соединений турбин тепловыми трубами;
24. Управления масляной пленкой в подшипниках турбин капиллярно-пористыми структурами;
25. Ускорение пуска и останова турбин за счет применения пористых систем;
26. Борьба с шумом и вибрацией пористыми системами;
27. Управления малоцикловой усталостью в зонах концентратов напряжений элементов ротора и статора с помощью пористых систем;
28. Повышения виброустойчивости лабиринтных уплотнений с помощью пористых систем;
29. Борьбы со стеснением тепловых расширений турбины на фундаменте с помощью пористых систем;
30. Реализации изотермического цикла расширения пара в турбине с помощью пористых систем;
31. Повышения надежности работы лопаточного аппарата при вибрационных режимах путем установки пористых вставок;
32. Управления поведением многопролетных валопроводов, вращающихся на масляной пленке, путем применения пористых систем;

33. Повышения прочности деталей турбины при нестационарных тепловых режимах (переменные и переходные режимы) за счет их охлаждения пористыми структурами;
34. Управления осевым усилием путем применения пористой системы;
35. Повышения надежности работы регулирующей и последней ступени за счет применения пористой структуры;
36. Управления температурным полем выхлопного патрубка турбины при ее разгрузке с помощью пористой структуры;
37. Управления предельной деформацией ротора относительно статора при переходных режимах работы за счет пористой системы;
38. Управления тепловым изгибом ротора с помощью пористой системы;
39. Управления деформацией корпуса турбины вследствие несимметричного прогрева с помощью пористой системы;
40. Снижения пусковых потерь топлива за счет управления тепловым состоянием турбины пористой системы;
41. Управления масляной пленкой подшипников для борьбы с низкочастотной вибрацией (самоподдерживающейся процессией вала) с помощью пористой системы;
42. Борьбы с хрупким внезапным разрушением ротора путем управления пуском турбины посредством пористой системы.

На рисунке 1 представлена методика исследования капиллярно-пористых систем применительно к различным элементам ТЭУ. 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 условия работы системы (под давлением или разрежением), подводом и видом энергии и ориентацией системы. Обобщение экспериментальных результатов и методика расчета тепло- и массообмена в капиллярно-пористых системах в соответствии с рисунком 1 представлены в [2, 3, 5-8].

Исследование различных факторов, влияющих на теплообмен в капиллярно-пористых структурах, показывает, что особый интерес вызывают предельные состояния поверхности нагрева, когда система способна переносить минимальные потоки энергии и вещества. Однако в этом случае требуется знать величины тепловых потоков и термических напряжений с целью обеспечить надежную и долговечную работу установки. Так, следуя рисунку 1, можно получить максимальный перепад 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 обеспечивают вынужденные течения теплохолодоносителя с недогревом. Энергия подводится к вертикально расположенной поверхности по периметру сверхзвуковым высокотемпературным пульсирующим вращающимся факелом.



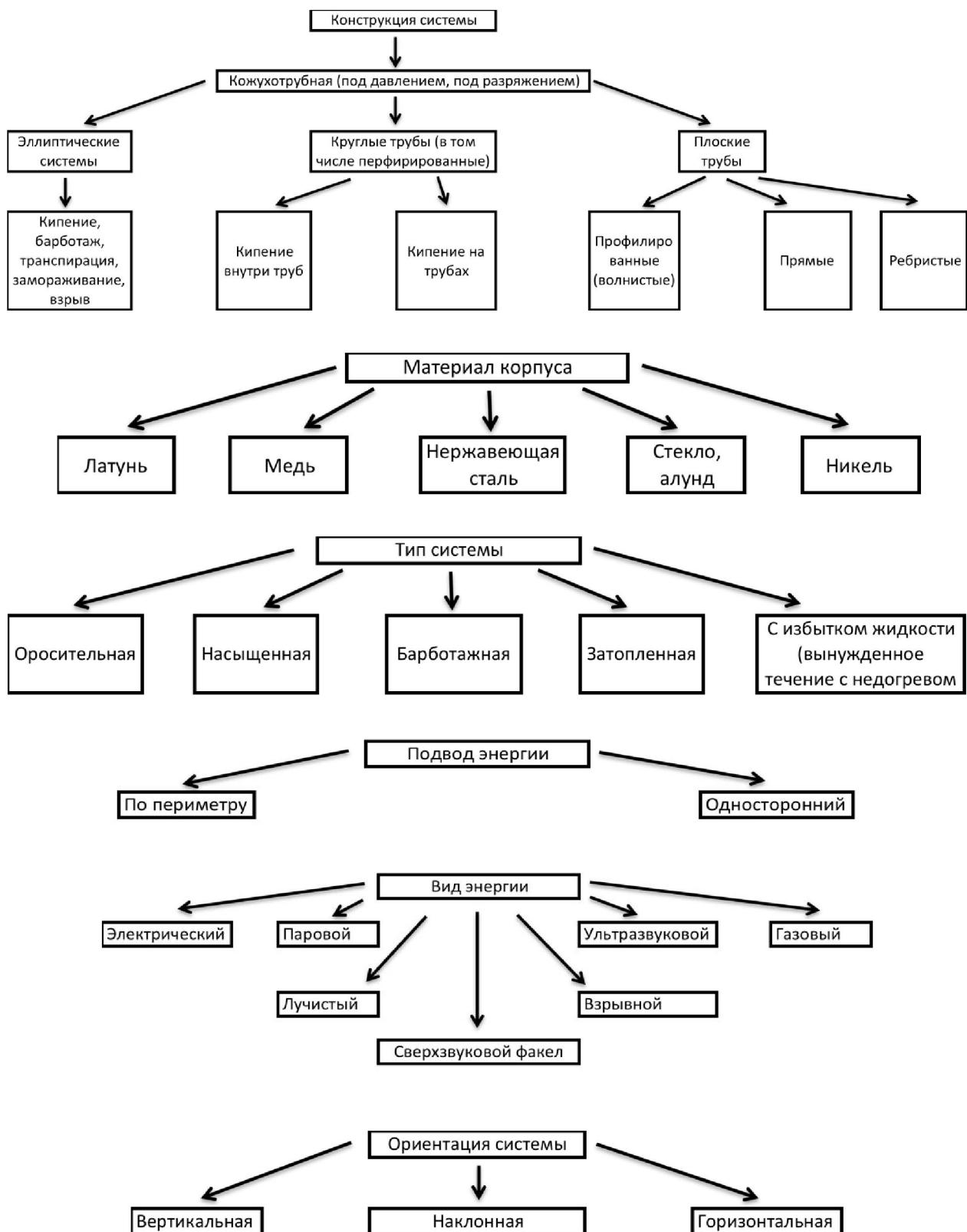


Рисунок 1 – Методика исследования различных факторов влияния на тепломассообмен капиллярно-пористых системах ТЭУ

Для определения предельных тепловых потоков и напряжений решается задача термоупругости [2, 7, 11] при граничных условиях второго рода для одномерного уравнения нестационарной теплопроводности.

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

Уравнения теплопроводности с граничными и начальными условиями запишется в виде:

$$d \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = \frac{\partial T}{\partial t}$$

$$T = 0 \quad t < 0$$

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial z} = q, z = +h$$

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

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

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

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

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

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

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

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 [2, 7]:

плавление поверхности

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

создание предельных напряжений сжатия

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

создания предельных напряжений растяжения

$$q_3 = \frac{\frac{(1-\nu)\sigma_{np,раст.}}{aE}}{\frac{M}{2c\lambda g_{cm}}\tau}$$

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

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

В формулах приняты следующие обозначения:  $q$  – удельный тепловой поток, Вт/м<sup>2</sup>;  $g$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>;  $z$  – координата, м;  $T, t$  – температура, К;  $\tau$  – время, с;  $\delta$  – толщина, м;  $C$  – теплоемкость, кДж/кг·К;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Вт/м·К;  $G$  – напряжение (Н/м<sup>2</sup>);  $\alpha$  – коэффициент линейного растяжения, К<sup>-1</sup>;  $E$  – модуль Юнга, Н/м<sup>2</sup>;  $\nu$  – коэффициент Пуассона;  $a$  – коэффициент температуропроводности, м<sup>2</sup>/с; кр – критический (предельный); пр. сж. – предельное состояние от сил сжатия; пр. раст. – предельное состояние от сил растяжения.

Результат расчетов представлены на рисунках 2, 3. Максимальная толщина частиц, отрывающихся под действием сил сжатия для покрытий из гранита, составляет  $(0,25-0,3) \cdot 10^{-2}$  м, что согласуется с результатами, полученными скоростной киносъемкой (рисунок 4). Участки кривых сжатия, определяющие отрыв частиц с размером  $\delta > 0,3 \cdot 10^{-2}$  м для больших тепловых потоков и малых  $t$ , экранируются кривой плавления, а в случае малых тепловых потоков и значительных интервалов времени – кривой растяжения.

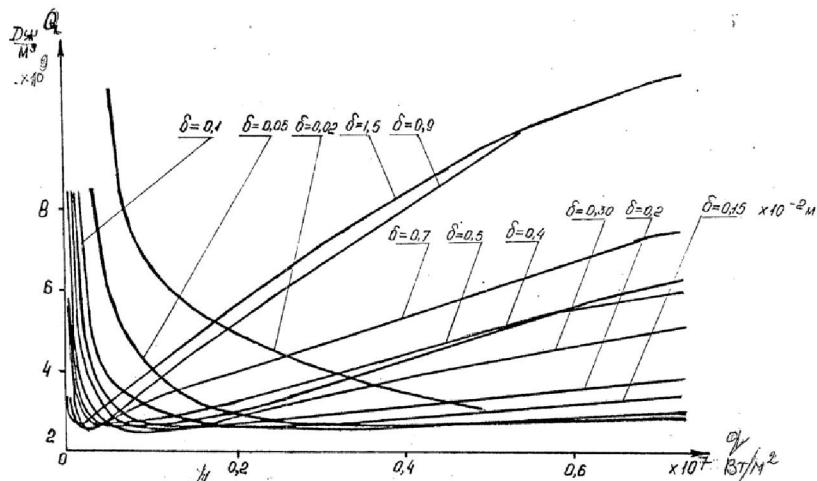


Рисунок 2 –  
Изменение удельной энергии  
разрушения гранитного покрытия  
в зависимости от  $q$  для различных  $\delta$ .  
 $Q = q^* \tau / \delta$

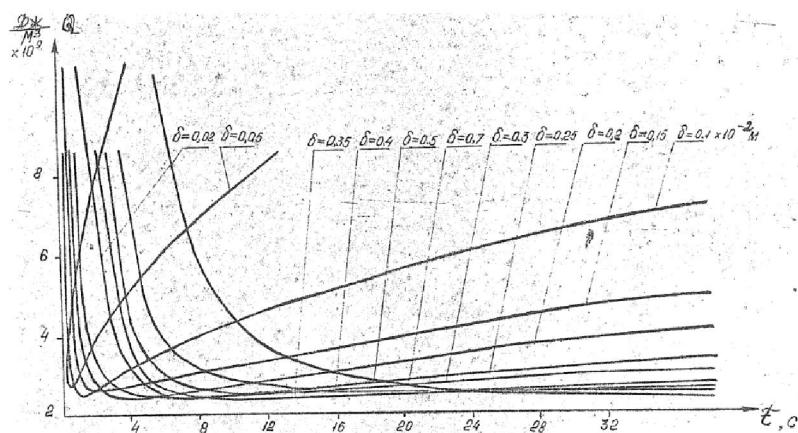


Рисунок 3 –  
Изменение удельной энергии  
разрушения гранитного покрытия  
в зависимости от  $\tau$  для различных  $\delta$

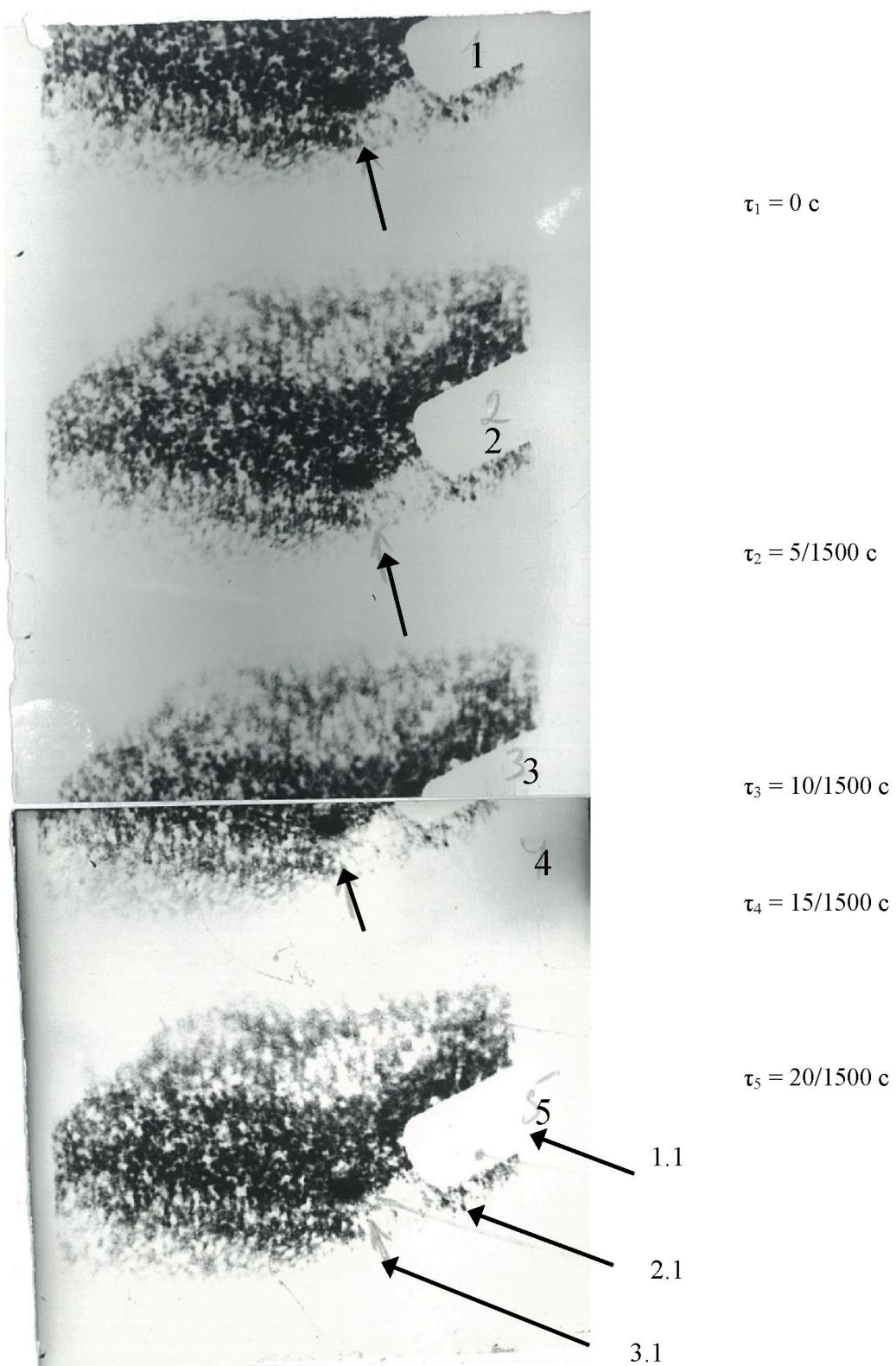


Рисунок 4 – Кинограмма полета (шлухи) размером  $\delta = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$  при разрушении частицы гранитного покрытия горелкой ракетного типа ( $q = 1,2 \cdot 10^6 \text{ Вт}/\text{м}^2$ ):

1.1 – капиллярно-пористое покрытие; 2.1 – ствол горелки, из которого истекает сверхзвуковой высокотемпературный, пульсирующий детонационный поток газов; 3.1 – частица, оторванная от покрытия

Взаимосвязь напряжений сжатия и растяжения представляют собой эпюры напряжений внутри пластины для различных интервалов времени от начала рассматриваемого процесса. При малых  $\tau$ , порядка  $10^{-1}$  с, возникают только напряжения сжатия. Начиная с  $\tau \approx 1$  с, в некоторой области  $\Delta(h-z_i)$  до  $0,3 \cdot 10^{-2}$  м, напряжения сжатия переходит в напряжения растяжения за весьма короткий промежуток времени, причем для различных интервалов времени они находятся на различной глубине от поверхности пластины. Верхним пределом устойчивого разрушения покрытия из кварца является  $-10^7 \text{ Вт}/\text{м}^2$ , а из гранита – до  $0,5 \cdot 10^7 \text{ Вт}/\text{м}^2$ , а нижним пределом, когда еще наблюдается отрыв частиц под действием термонапряжений сжатия –  $0,25 \cdot 10^7$  и  $0,05 \cdot 10^7 \text{ Вт}/\text{м}^2$  соответственно. Разрушение анизотропной среды под действием направленного нагрева основано на неравномерном расширении ее составляющих (кристаллов). Нагреваемый слой породы покрытия увеличиваясь в объеме, начинает оказывать давление на соседние менее нагретые слои. Так как расширению во всех других направлениях препятствует реакция непрогретых слоев, то порода начинает свободно расширяться с открытой стороны и в силу своей перенапряженности отделяется и откалывается.

Если полости вакансий могут превращаться в дислокации, то обучаемое покрытие приобретает пластические свойства и не разрушается под действием факела. Таковые все металлы. Этим свойством обладают также и некоторые породы. Проведено тестирование с парогенерирующими металлическими поверхностями нагрева в момент кризиса кипения [2]. Для металлов кристаллы разрушаются при направлениях до  $10^{-5}$  В. Процесс разрушения состоит из стадий зарождения трещин и их развития. В результате термического воздействия зарождаются микротрещины в области концентраторов напряжений (включения, неоднородности, трещины). Высокие внутренние напряжения так же могут возникать вследствие неоднородного протекания пластической деформации, после чего возникает хрупкое разрушение. Пластическая деформация при этом рассматривается как первопричина разрушения, хотя она может задерживать рост трещин. В основе разрушения, с одной стороны, лежат разрывы связей, обусловленные тепловыми флуктуациями, а с другой – разрушение есть кинетический термоактивационный процесс, в основе которого лежит перемещение вакансий к трещинам, рост которых определяет кинетику разрушения.

На основе проведенных исследований в случае облучения факелом керосино-кислородной горелки пористого покрытия на рабочем участке имеем до  $4 \cdot 10^7 \text{ Вт}/\text{м}^2$ , что соответствует  $q$  покрытий  $0,4 \cdot 10^7 \text{ Вт}/\text{м}^2$ . Механизм разрушения металлов принципиально отличается от механизма разрушения покрытий из горных пород. Несмотря на это, на основе аналогии выявлены зависимости тепловых потоков от времени их действия и глубины проникновения температурных возмущений, что позволяет избежать кризиса кипения в системе охлаждения и обеспечить оптимальный подбор пористых покрытий малой пористости и теплопроводности. В перспективе требуется исследования других пористых природных материалов.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Поляев В.М., Генбач А.А. Скорость роста паровых пузырей в пористых структурах // Известия вузов. Машиностроение. – 1990. №10 – С. 56-61.
- [2] 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.
- [3] Polyaev V., Genbach A. Control of Heat Transfer in a porous cooling System // Second world conference of experimental heat transfer, fluid mechanics and thermodynamics. – 1991. – Dubrovnik, Yugoslavia, 23 – 28, June. – p. 639 – 644.
- [4] Поляев В.М., Генбач А.А. Области применения пористой системы // Известия вузов. Энергетика. – 1991. № 12. – С. 97 – 101.
- [5] 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
- [6] Генбач А.Н., Генбач А.А. Капиллярно-пористые системы в промышленности // Деп. рук. ВИНИТИ. 1988. №8 (202). С. 181. – (КазНИИНТИ. 1987. №2105).
- [7] Генбач А.А. Двухфазные кипящие потоки в пористых структурах // Деп. рук. ВИНИТИ. – 1989. №12 (218). С.178. (КазНИИНТИ). 1989.№2812.
- [8] Генбач А.А., Гнатченко Ю.А. Система охлаждения теплонагруженного элемента детонационного горелочного устройства – камеры сгорания, диффузора и конфузора // Вестник КазНТУ. – Алматы, 2007. №4, (61), июль. –С. 87-91.
- [9] Генбач А.А., Данильченко И. Пористый пароохладитель паровых котлов // Промышленность Казахстана, № 1(70), 2012. – с. 72 – 75.

- [10] 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.
- [11] Генбач А.А., Исламов Ф.А. Моделирование процесса задевания ротора турбины // Вестник КазНТУ, № 6 (100), 2013. – с. 235 – 240.
- [12] Генбач А.А., Генбач Н.А. Исследование капиллярно-пористых систем в тепловых энергетических установках электростанций // Вестник АУЭС. – 2011. №2 (13). – С. 57-62.

#### REFERENCES

- [1] Poljaev V.M., Genbach A.A. Skorost' rosta parovyh puzyrej v poristyh strukturah // Izvestija vuzov. Mashinostroenie. – 1990. №10 – S. 56-61.
- [2] Poljaev V.M., Genbach A.N., Genbach A.A. Predel'nye sostojanija poverhnosti pri termicheskem vozdejstvii // Teplofizika vysokih temperatur. – 1991. T.29, № 5. – S. 923-934.
- [3] Polyaev V., Genbach A. Control of Heat Transfer in a porous cooling System // Second world conference of experimental heat transfer, fluid mechanics and thermodynamics. – 1991. – Dubrovnik, Yugoslavia, 23 – 28, June. – p. 639 – 644.
- [4] Poljaev V.M., Genbach A.A. Oblasti primenjenija poristoj sistemy // Izvestija vuzov. Jenergetika. – 1991. № 12. – s. 97 – 101.
- [5] Poljaev V.M. Genbach A.A. Upravlenie teploobmenov v poristoj strukture// Izvestija Rossijskoj akademii nauk. Jenergetika i transport – 1992. T 38. №6 – s 105-110
- [6] Genbach A.N., Genbach A.A. Kapilljarno-poristye sistemy v promyshlennosti // Dep. ruk. VINITI. 1988. №8 (202). S. 181. – (KazNIINTI. 1987. №2105).
- [7] Genbach A.A. Dvuhfaznye kipjashchie potoki v poristyh strukturah // Dep. ruk. VINITI. – 1989. №12 (218). S.178. (KazNIINTI). 1989. №2812.
- [8] Genbach A.A., Gnatchenko Ju.A. Sistema ohlazdenija teplonagruzhevnogo jelementa detonacionnogo gorelochnogo ustrojstva – kamery sgoraniya, diffuzora i konfuzora // Vestnik KazNTU. – Almaty, 2007. №4, (61), iul'. –S. 87-91.
- [9] Genbach A.A., Daniil'chenko I. Poristyj paroohladitel' parovyh kotov // Promyshlennost' Kazahstana, № 1 (70), 2012. – S. 72 – 75.
- [10] Genbach A.A., Olzhabaeva K.S. Vizualizacija termicheskogo vozdejstvija na poristoj material v TJeU JeS // Vestnik Nacional'noj inzhenernoj akademii RK, № 3 (45), 2012. – s. 63 – 67.
- [11] Genbach A.A., Islamov F.A. Modelirovanie processa zadevanija rotora turbiny // Vestnik KazNTU, № 6 (100), 2013. – s. 235 – 240.
- [12] Genbach A.A., Genbach N.A. Issledovanie kapilljarno-poristyh sistem v teplovyh jenergeticheskikh ustanovkah jelektrostancij // Vestnik AUJeS. – 2011. №2 (13). – S. 57-62.

**А. А. Генбач<sup>1</sup>, Д. Ю. Бондарцев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Техникалық ғылым докторы, профессор АЭжБУ,

<sup>2</sup>докторант АЭжБУ, бас инженер АО «Трест Средазэнергомонтаж»

#### **ТУРБИНАЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯСЫ БИЛІК ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ЖАСАУ ҒЫЛЫМИ ӘДІСІН ДАМЫТУ**

**Аннотация.** Энергетикалық жабдықтарды үшін капиллярлы кеуекті турбина жүйелер үшін әдістер мен құрылғыларды әзірлеу мақсатында жүргізіледі. Бұл металл шегі жылу ағыны, оқыған және гравитациялық және капиллярлық құштердің іс-кимыл бойынша жұмыс істейтін, гранит беттерді түрінде кеуекті құрылымдарды плохотеплопроводных зерттеудің ғылыми әдісі құрды. математикалық моделі термоупругостной тапсырмаға негізделген. Төмен кеуектілігі жабындарды плохотеплопроводных жылу алмасу ұксас металл астарының үшін сынуы процестердің механизмі. анықталған құндылықтар накты сынуы энергетикалық дағдарыс кеуекті салқыннату жүйесінде кеуекті және кеуекті төмен жылу өткізгіштік жабу жақсы Сергектік және кеуектілігі қамтамасыз мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** жылуалмасу, кеуектік құрылым, жылу электростанция.