

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ
УНИВЕРСИТЕТІ» КеАҚ



КӨЛІК – ЭНЕРГЕТИКА
ФАКУЛЬТЕТІ



**«КӨЛІК ЖӘНЕ ЭНЕРГЕТИКАНЫҢ ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ:
ИННОВАЦИЯЛЫҚ ШЕШУ ТӘСІЛДЕРІ» XII ХАЛЫҚАРАЛЫҚ
ҒЫЛЫМИ-ТӘЖІРИБЕЛІК КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ БАЯНДАМАЛАР
ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XII МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО – ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ: «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТА И
ЭНЕРГЕТИКИ: ПУТИ ИХ ИННОВАЦИОННОГО РЕШЕНИЯ»**

**PROCEEDINGS OF THE XII INTERNATIONAL SCIENTIFIC-
PRACTICE CONFERENCE «ACTUAL PROBLEMS OF TRANSPORT AND
ENERGY: THE WAYS OF ITS INNOVATIVE SOLUTIONS»**

Астана, 2024

УДК 629+621.3
ББК 39+31
А43

Редакционная коллегия:

Председатель – Курмангалиева Ж.Д., Член Правления – Проректор по науке, коммерциализации и интернационализации; Заместитель председателя – Кокаев У.Ш. декан транспортно-энергетического факультета, к.т.н., доцент; Тлепиева Г.М. – заместитель декана по научной работе, к.т.н., доцент; Султанов Т.Т. – заведующий кафедрой «Организация перевозок, движения и эксплуатация транспорта», к.т.н., доцент; Тогизбаева Б.Б. – заведующая кафедрой «Транспорт, транспортная техника и технологии», д.т.н., профессор; Байхожаева Б.У. – заведующая кафедрой «Стандартизация, сертификация и метрология», д.т.н., профессор; Жакишев Б.А.– заведующий кафедрой «Электроэнергетика», к.т.н., доцент; Садыкова С.Б. – заведующая кафедрой «Теплоэнергетика», PhD.

А43 Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения: XII Международная научно – практическая конференция, 14 марта 2024 г./Подгот. Ж.Д. Курмангалиева, У.Ш. Кокаев, Г.М. Тлепиева – Республика Казахстан, г.Астана, НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева», 2024. – 585с.

ISBN 978-601-337-973-9

В сборник включены материалы XII Международной научно – практической конференции на тему: «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения», проходившей в г. Астана 14 марта 2024 года.

Тематика статей и докладов участников конференции посвящена актуальным вопросам логистики, организации перевозок, движения и эксплуатации транспорта, стандартизации, метрологии и сертификации, транспорту, транспортной техники и технологии, теплоэнергетики и электроэнергетики.

Материалы конференции дают отражение научной деятельности ведущих ученых дальнего и ближнего зарубежья, Республики Казахстан и могут быть полезными для докторантов, магистрантов и студентов.



УДК 629+621.3
ББК 39+31

ISBN 978-601-337-973-9

© НАО «ЕНУ имени Л.Н. Гумилева», 2024

Кабдуова А.С., Жумагулов М.Г., Романенко С.В. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ.....	486
Карджаубаев Н.А., Әнуарбеков Т.Б., Белан А.Ю. ПРИМЕНЕНИЕ IOT В СФЕРЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: АНАЛИЗ ТЕКУЩИХ ПРОБЛЕМ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ.....	493
Конников В.А., Любомудров Б.Э. РЕГИСТРАЦИЯ МЕТЕОДАНЫХ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОУСТАНОВКОЙ НА БАЗЕ ВИЭ.....	495
Қасқырбайұлы А. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ.....	499
Қуанышбаев О.Ж. ПЛАСТИНАЛЫҚ ЖЫЛУ АЛМАСТЫРҒЫШТАРДАҒЫ ЖЫЛУ АЛМАСУДЫ ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ОНЫ ЖЕТІЛДІРУ.....	504
Макзумова А.К., Жумагулов М.Г. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОГО ДВУХЪЯРУСНОГО МИКРОФАКЕЛЬНОГО ГОРЕЛОЧНОГО УСТРОЙСТВА.....	507
Медетхан А.С. ҚАЛДЫҚТАРДАН ЭНЕРГИЯ АЛУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ – ТҰРАҚТЫ БОЛАШАҚ ҮШІН ЖАҢА МҮМКІНДІКТЕР.....	512
Мерғалимова А.К., Умирзаков Р.А., Жолдыбаева А.Н. ЖАНҒЫШ ҰШПА ЗАТТАРДЫ АЛУ ҮШІН КӨМІРДІ ТЕРМИЯЛЫҚ ӨНДЕУ АРАМЕТРЛЕРІ.....	515
Musa A. THE USE OF ASH AND SLAG WASTE FROM THERMAL POWER PLANTS.....	520
Нуржанов Д.Ж. АКТУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИЛЫХ ДОМОВ.....	524
Нурмаханова А.Б. ТАЗА СУ ҮШІН КҮН ЭНЕРГИЯСЫ: МАҢҒЫСТАУ ОБЛЫСЫНДА КҮН-ТҮЗСЫЗДАНДЫРУ ҚОНДЫРҒЫЛАРЫН ЕНГІЗУ АРҚЫЛЫ СУ ТАПШЫЛЫҒЫН ШЕШУ.....	527
Потапова А.А., Танашева Н.К. АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И КПД СОЛНЕЧНОЙ ПАНЕЛИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ.....	530
Приходько Е.В., Никифоров А.С., Арипова Н.М., Кинжибекова А.К., Карманов А.Е. РАЗРАБОТКА СПОСОБА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ МАТЕРИАЛОВ НА РАСТЯЖЕНИЕ.....	536
Сакенова К.М., Сакипов К.Е. МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ И УТИЛИЗАЦИИ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ МУСОРОСЖИГАТЕЛЬНОГО ФИЛЬТРА ПОЛИГОНОВ ТБО.....	541
Сапарғалиева А.Н. НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ, ПРИНЦИПЫ И СХЕМЫ НОВОГО ФРОНТОВОГО УСТРОЙСТВА ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА.....	545
Сейсенбай А.Қ., Карманов А. Е. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И НЕФТЯНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ КАЗАХСТАНА: ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ.....	548
Сйқымбай Е.С., Сакипов К.Е. СУДЫ САЛҚЫНДАУДЫҢ ЖЫЛЫҚ ТИІМДІЛІГІНЕ ТҮРЛІ ФАКТОРЛАРДЫҢ ӨСЕРІН ТАЛДАУ.....	553

5. Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.К. Солнечная энергетика: Учебное пособие для вузов / Под ред. В.И.Виссарионова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. - 320 с.

6. Головки С. В., Задоркин Д. А. Анализ влияния климатических факторов на выбор типа солнечной панели // Вестник Астраханского государственного технического университета. - 2020. - № 2 (70) . - С. 21–26.

УДК 539.424

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ МАТЕРИАЛОВ НА РАСТЯЖЕНИЕ

¹Приходько Евгений Валентинович, ²Никифоров Александр Степанович, ³Арипова Назгуль Михайловна, ⁴Кинжибекова Акмарал Кабиденовна, ⁵Карманов Амангельды Ерболович

john1380@mail.ru, aleke4599@mail.ru, nazgul_2010@mail.ru, akmaral70@mail.ru, aman270685@mail.ru

¹к.т.н., профессор кафедры «Теплоэнергетика»

²д.т.н., профессор кафедры «Теплоэнергетика»

³докторант кафедры «Теплоэнергетика»

⁴к.т.н., ассоциированный профессор кафедры «Теплоэнергетика»

⁵PhD, заведующий кафедрой «Теплоэнергетика» Торайгыров университет, г. Павлодар, Казахстан

На современном этапе вопросы, связанные с энергосберегающими технологиями в металлургической отрасли, заключаются в целевом повышении энергоэффективности и эксплуатационных характеристик высокотемпературных агрегатов, и в частности, их футеровочных материалов.

В процессе нагрева и охлаждения в рабочем слое футеровки возникает градиент температур. Вследствие этого появляется термомеханическое напряжение огнеупорного материала, обусловленное его объемным и линейным расширением. Эти напряжения могут различаться в радиальном направлении кладки в зависимости от глубины прогрева огнеупора от его рабочей стороны («горячая» сторона) к тыльной («холодная» сторона), находящейся в кладке футеровки. Если напряжения, возникающие в футеровке, становятся значительно больше предела прочности при сжатии огнеупора и не распределяются в радиальном направлении, то на «горячей» стороне огнеупоров в зонах сопряжения возможно образование скола. Такие напряжения не являются критическими и, как правило, не приводят к значительным сколам, однако при опережающем обезуглероживании поверхности огнеупора, контактной с агрессивной средой, они превышают предел прочности при растяжении, обеспечиваемый связкой огнеупора в переходном слое, что приводит к образованию отслоений и сколов.

Предел прочности огнеупорных материалов на растяжение является важным их рабочим свойством для оценки механических свойств. Однако, в паспортных характеристиках огнеупорных материалов обычно указываются только данные о пределе прочности на сжатие. Это объясняется тем, что в технической литературе основное внимание уделено процессам разогрева футеровок, при котором они испытывают большие нагрузки на сжатие, предел прочности на растяжение характеризует процессы охлаждения, которому не уделяется значительного внимания.

Предел прочности огнеупорного материала на растяжение не только не отображается в паспортных данных, но и не приведен в справочной литературе.

Определение предела прочности огнеупорного материала на растяжение позволяет разработать рациональные режимы охлаждения огнеупорной футеровки.

Зная точную зависимость предела прочности используемых материалов от температуры, можно определить рациональную скорость изменения температуры футеровки агрегата. В работах [1-3] приводятся данные по определению предела прочности огнеупорных материалов на растяжение.

Значение предела прочности на растяжение огнеупорных материалов при расчёте режимов разогрева и охлаждения футеровки необходимо определять для рабочего диапазона температур. Как показывают исследования по измерению предела прочности на сжатие [4-5] с увеличением температуры его значения для огнеупорных материалов могут изменяться на величину до 20 %.

Следует учитывать также, что на теплофизические свойства огнеупоров оказывают влияние пропитка огнеупоров расплавом металла. В работе [6] авторы делают вывод, что состав и физико-химические свойства новых огнеупоров и огнеупоров после эксплуатации существенно различаются. Поэтому применение справочных значений характеристик огнеупорных материалов (предел прочности, коэффициент теплопроводности) некорректно для качественных расчётов. Для расчётов, связанных с напряжениями растяжения – это особенно актуально, так как значительные напряжения растяжения возникают при охлаждении футеровки именно после контакта с расплавом металла.

Таким образом, непосредственное измерение термочувствительных свойств огнеупорных материалов после эксплуатации в течении 3 плавов – наиболее подходящий способ для оценки предела прочности огнеупоров на сжатие и растяжение.

Для получения уточненных данных о пределе прочности огнеупоров на растяжение была поставлена задача рассмотрения способов измерения этого параметра на исследовательском оборудовании.

Классическим способом определения предела прочности на растяжение является одноосное растяжение образца до его разрыва при приложении сил к его концевым участкам. Значение величины прочности огнеупора при одноосном его растяжении определяется на основе результатов, полученных при проведении экспериментальных исследований и инструментальных измерений.

При испытаниях на одноосное растяжение величина предела прочности может быть определена непосредственно на основе экспериментальных результатов путем непосредственного измерения. Но использование данного метода имеет ряд недостатков. Во-первых, эти измерения продолжительны по времени (включая подготовку образцов) [7]. Во-вторых, испытания на растяжение очень чувствительны к эксцентриситету приложенных нагрузок и неоднородности исследуемого материала [8].

Все эти факторы могут внести существенную погрешность в измерения и сделать полученные результаты непригодными для использования [9].

В ряде случаев для определения этой характеристики предлагается использовать зависимость предела прочности на растяжение от предела прочности на сжатие. Так в работе [10] приводится зависимость прочности огнеупоров на растяжении $\sigma_{\text{рас}}$ от предела прочности на сжатие: $\sigma_{\text{рас}} \approx (0,16 \div 0,12) \cdot \sigma_{\text{сж}}$.

Применение указанной зависимости для определения предела прочности на растяжения по значению предела прочности на сжатие – некорректно, что подтверждают авторы работы [11], которые экспериментальным путём определили предел прочности на сжатие и растяжение для периклазоуглеродистых материалов с различным связующим материалом.

В настоящее время достаточно широко используется способ определения предела прочности на растяжение раскалыванием, а также раскалыванием с использованием клина [12-13]. Испытание на раскалывание клина проводят на призматических образцах с надрезом, которые обеспечивают устойчивое образование трещин на относительно крупных образцах. Линейная опора, а также клин и ролики изготовлены из материала, способного

выдерживать испытательные температуры, например, корунда. По результатам можно рассчитать удельную энергию разрушения и номинальную прочность на разрыв [14].

На основе экспериментальных результатов испытаний на расщепление или на изгиб клиньев можно непосредственно определить только энергию разрушения. Прочность на растяжение и форма кривой размягчения получаются путем обратного анализа [13]. Отмечается, что полученные результаты не всегда удовлетворяют заданной точности исследований. Например, в работе [15] указывается, что значения, получаемые для зон экстремумов кривых нагрузки, имеют достаточно большую погрешность, что не позволяет говорить об универсальности данного способа.

Аналогично авторы [16], проводившие работы по определению предела прочности на растяжение, говорят о получении некорректных результатов, что обосновывается отклонениями разрушения огнеупоров (особенно при повышенных температурах) от чисто линейной механики упругого разрушения, наличием разноразмерных структурных элементов – зёрен и др.

Использование трёхточечного испытания на изгиб огнеупорных материалов [17], предполагают использование только стандартного испытательного оборудования (прессов). Данный способ достаточно прост, а также менее чувствителен к эксцентриситету, чем осевое растяжение. К недостаткам способа относят влияние веса образца исследуемого материала, а также вклад сил трения в измеряемую внешнюю работу. При этом отмечается, что указанные недостатки возможно минимизировать [15].

Данные, полученные авторами [11, 18-19] позволяют говорить о возможности определения механической прочности огнеупорных материалов с использованием трёхточечного испытания их на изгиб с достаточной точностью.

Стандартная методика определения предела прочности на растяжение при изгибе [20] предполагает установку образца в виде призмы в испытательную машину и нагружению до разрушения при постоянной скорости нарастания нагрузки ($0,05 \pm 0,01$) МПа/с. Образец устанавливается на опоры, одна из которых, является шарнирно-неподвижной, обеспечивающей только поворот образца, а вторая – шарнирно-подвижной, обеспечивающей поворот образца и его смещение в плоскости изгиба.

Для повышения точности определения температуры испытания при определении предела прочности огнеупорных материалов нами был разработан и запатентован способ определения предела прочности огнеупоров на растяжение. Разработанный способ предполагает определение предела прочности на растяжение при изгибе огнеупорных материалов через отношение наибольшей нагрузки, при которой произошло разрушение образца, к площади сечения исследуемого образца в месте разрушения.

Определение предела прочности на растяжение проводилось следующим образом. Исследуемый образец огнеупорного материала размерами $150 \times 25 \times 25$ мм равномерно нагревался в печи до заданной температуры [20]. После достижения этой температуры, образец извлекался из печи, размещался на шарнирные опоры, расположенные на расстоянии 125 мм и подвергался нагружению посредством воздействия на нажимной стержень. Максимальное давление нагружения, при котором разрушался образец, принимается как предел прочности огнеупора.

В качестве температуры испытания принята температура в печи, при которой производится нагрев образцов. Снижение температуры образца после извлечения его из печи и во время самого процесса испытания вносит погрешность в измерение. Поэтому, для повышения точности измерения температуры были установлены термодпары в шарнирные опоры и нажимной стержень. При этом горячие спаи термодпар располагались на одном уровне с боковой поверхностью шарнирных опор и нажимного стержня (рисунок 1).

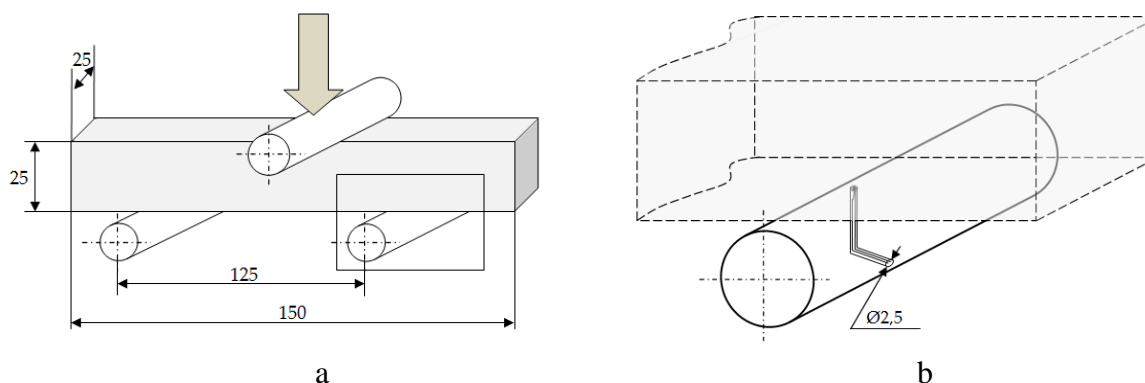


Рис. 1 – Схема способа определения предела прочности на растяжение (а) и способ установки термопар в шарнирных опорах (б)

Термопары в шарнирных опорах и нажимном стержне устанавливались в просверленные отверстия, диаметром 2,5 мм. Просверленные отверстия не влияют на процесс воздействия, на исследуемый образец и на общую прочность шарнирных опор и нажимного стержня, диаметр которого 10 мм.

Разработанный способ позволяет получать значение предела прочности на растяжение с большей точностью за счет следующих моментов:

- непосредственное измерение температуры испытуемого образца контактным способом в процессе определения предела прочности на растяжение;
- контроль за процессом разрушения образца осуществляется не только по показаниям манометра (прибора, фиксирующего давление, действующее на образец), но и визуально;
- простота способа и возможность его исполнения в лабораторных условиях.

Таким образом, использование данного способа позволяет выявить запас прочности используемых огнеупорных материалов для увеличения скоростей разогрева или охлаждения футеровок, а также это способствует повышению энергетической эффективности тепловой работы разливочных ковшей и безопасности производственных процессов и улучшению качества выпускаемой продукции за счет более контролируемых температурных условий.

Исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №AP19675777)

Список использованных источников

1. Ramanenka D., Gustafsson G., Jonsén P. Influence of heating and cooling rate on the stress state of the brick lining in a rotary kiln using finite element simulations. *Engineering Failure Analysis*, Volume 105, 2019, Pages 98-109, <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.06.031>.
2. Sharma P., Dabra V., Sharma S., Khanduja D., Sharma N., Sharma R. & Saini K. Microstructure and Properties of AA6082/(SiC + Graphite) Hybrid Composites. *January 2019. Refractories and Industrial Ceramics* 59(5):471-477. DOI:10.1007/s11148-019-00256-7.
3. Bakunov V. S., Lukin E. S. & Sysoev É. P. Stress-Rupture Strength of Polycrystalline Oxide Ceramic up to 1600 °C. *December 2015. Refractories and Industrial Ceramics* 56(4). DOI:10.1007/s11148-015-9850-0.
4. Shengli Jin, Dietmar Gruber, Harald Harmuth. Determination of Young's modulus, fracture energy and tensile strength of refractories by inverse estimation of a wedge splitting procedure. <https://doi.org/10.1016/j.engfracmech.2013.11.010>.
5. Bojun Zhao, Guoqing Chen, Shasha Lv, Xuesong Fu, Wenlong Zhou. A refractory multi-principal element alloy with superior elevated-temperature strength. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2021.163129>.

6. Nikiforov A.S., Prikhod'ko E.V., Kinzhibekova A.K. et al. Investigation of the Dependence of Refractory Thermal Conductivity on Impregnation with a Corrosive Medium. *RefractIndCeram* 60, 463–467 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11148-020-00386-3>.
7. Effect of different boundary conditions in direct tensile tests: experimental results. S. Cattaneo and G. Rosati. *Magazine of Concrete Research* 1999 51:5, 365-374.
8. J.G.M van Mier, M.R.A van Vliet. Uniaxial tension test for the determination of fracture parameters of concrete: state of the art,. *Engineering Fracture Mechanics*, Volume 69, Issue 2, 2002, Pages 235-247, [https://doi.org/10.1016/S0013-7944\(01\)00087-X](https://doi.org/10.1016/S0013-7944(01)00087-X).
9. Ostergaard L. Early-age fracture mechanics and cracking of concrete. Experiments and modelling. PhD thesis, Department.
10. Кащеев И.Д. Свойства и применение огнеупоров / И.Д. Кащеев. – М.: Теплотехник. - 2004. – 352 с.
11. N Schmitt, Y Berthaud, J Poirier. Tensile behaviour of magnesia carbon refractories. *Journal of the European Ceramic Society*, Volume 20, Issue 12, 2000, Pages 2239-2248, [https://doi.org/10.1016/S0955-2219\(00\)00088-1](https://doi.org/10.1016/S0955-2219(00)00088-1).
12. Hillerborg A. The theoretical basis of a method to determine the fracture energy G_F of concrete. *Materials and Structures* 18, 291–296 (1985). <https://doi.org/10.1007/BF02472919>.
13. Roelfstra P.E.; Wittmann F.H., 1986, Numerical Method to link Strain Softening with Failure of Concrete, in: *Fracture Toughness and Fracture Energy of Concrete: Proceedings of the International Conference on Fracture Mechanics of Concrete*, F. H. Wittmann, ed., Elsevier, Amsterdam, pp. 163–175.
14. Stückelschweiger M, Gruber D, Jin S, Harmuth H. Wedge-Splitting Teston Carbon-Containing Refractories at High Temperatures. *Applied Sciences*. 2019; 9(16):3249. <https://doi.org/10.3390/app9163249>.
15. Aksel'rod L.M., Garten V. Modern concepts of refractory materials application in production of steel and cast iron // *Ferrous Metallurgy. Bulletin of Scientific, Technical and Economic Information*. 2021. V. 77, iss. 7, P. 820-828.
16. Jin Sh., Gruber D., Harmuth H., Rössler R. Thermomechanical failure modeling and investigation into lining optimization for a Ruhrstahl Heraeus snorkel // *Engineering Failure Analysis*. 2016. V. 62. P. 254-262.
17. Weber, J. A new method of strength calculation and lifetime prediction of pipe bends operating in the creep range. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*. – 2005. – Vol. 82, Issue 2. – P. 77–84.
18. ГОСТ 12170–2021 Огнеупоры. Стационарный метод определения коэффициента теплопроводности.
19. Ененко Г.М., Степанов Е.М., Филимонов Ю.П.; *Промышленные печи*. 1964; Москва; Издание Учебное пособие для техникумов.; Издательство Машиностроение.
20. ГОСТ 10180– 2012 «Методы определения прочности по контрольным образцам».