

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

НАУКА ТЕХНОЛОГИИ ИННОВАЦИИ

**Сборник
научных трудов**

**г. Новосибирск, 04-08 декабря 2017 г.
в 10-и частях**

Часть 4

НОВОСИБИРСК
2017

тепла с использованием турбин малой и средней мощности: монография. – М.: Изд-во МЭИ, 2003. – 102 с.

3. Трохин И.С., Дубинин В.С. Технологии когенерации и тригенерации на мини-теплоэлектроцентралях с паровыми моторами // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: труды междунар. науч.-техн. конф. – М.: Изд-во ВИЭСХ, 2012. – Т. 1. – С. 211–216.

4. Тригенерация [Электронный ресурс] // Rolt Power Systems. – URL: <http://www.roltpower.ru>. (дата обращения: 21.10.2017).

5. Тригенерация [Электронный ресурс]// Портал по энергоснабжению ЭнергоСовет. 2006–2017. – URL: <http://www.energosoвет.ru/entech.php?idd=98>. (дата обращения: 25.10.2017).

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Карманов А.Е.¹, Е.В. Приходько² (научный руководитель),
А.С. Никифоров² (научный руководитель)**

¹Алматинский университета энергетики и связи,

²Павлодарский государственный университет им.С.Торайгырова
г. Алматы, aman270685@mail.ru

*В данной статье рассмотрено термомеханических испытаний предела прочности теплоизоляционных материалов при повышенных температурах.
In this article thermomechanical tests of the ultimate strength of heat-insulating materials at elevated temperatures are considered.*

Высокотемпературные агрегаты (нагревательные, сушильные, обжиговые плавильные устройства и ковши для разливки стали и других металлов) для удержания в определенном объеме жидкости или газов с высокой температурой имеют в своем составе защитную оболочку – футеровку.

Футеровка имеет несколько слоев: огнеупорный – для удержания металла или газа в агрегате и теплоизоляционный – для снижение тепловых потерь.

В процессе разогрева в футеровке возникают термические напряжения. Причина их возникновения заключается в неравномерном распределении температуры в различных частях кладки или ограничении возможности теплового расширения тела. Как правило, к термическим

напряжениям, разрушающим материал, ведёт слишком высокая скорость разогрева агрегатов.

Срок службы высокотемпературных агрегатов, во многом, определяется сроком службы футеровки. При высоких температурах в агрегате термические напряжения, разрушающие материалы, имеют место не только в огнеупорном, но и в теплоизоляционном слое. Если также учесть, что предел прочности теплоизоляционных материалов, как правило, меньше, чем огнеупорных материалов, то необходимость исследования свойств теплоизоляционного слоя очевидна.

Механическая прочность теплоизоляционных изделий характеризуется пределом прочности в МПа, которую выдерживает образец при сжатии в обычных температурных условиях. В связи с тем, что механическая прочность теплоизоляций связана с их структурой, обуславливающей пористость, термическую устойчивость и другие качества, предел прочности на сжатие при нормальных условиях является важным показателем. Чем выше предел прочности при сжатии, тем лучше качество теплоизоляций. При обычной температуре предел прочности на сжатие находится в пределах от 8 до 40 МПа [1].

При этом стоит отметить, что такая характеристика, как предел прочности при сжатии приведена в литературе только при нормальных условиях (при температуре 20 °С).

Повышение точности расчёта термонапряжённого состояния кладки требует получения термомеханических характеристик материалов при их рабочих температурах. Например, можно использовать установку, приведенную в [2].

Для повышения точности и снижения сложности измерений был создан экспериментальный стенд по измерению предела прочности материалов при повышенных температурах. На Рисунке 1 изображено устройство для термомеханических испытаний материалов.

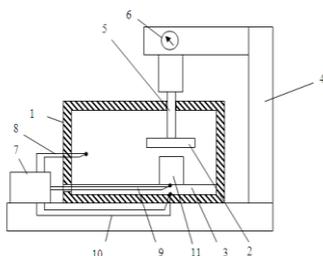


Рисунок 1 – Устройство для термомеханических испытаний материалов

Устройство содержит печь 1, в которой находятся верхняя 2 и нижняя 3 плиты. Для нагружения имеется пресс 4, который посредством

силовой тяги 5 воздействует на верхнюю плиту 2. Измерение создаваемой нагрузки определяется по силоизмерительному устройству 6. Для измерения температуры t используется вторичный прибор 7. К вторичному прибору 7 подключены термопары 8, 9 и 10. Термопара 8 расположена во внутреннем пространстве печи. Термопары 9 и 10 расположены на верхней и нижней поверхности нижней плиты 3 так, чтобы горячий спай термопары 9 располагался над горячим спаем термопары 10.

Испытуемый образец 11 из исследуемого материала, расположен на нижней плите 3 таким образом, чтобы он находился над горячими спаями термопар 9 и 10. Из исследуемого материала изготавливается испытуемый образец 11 в форме прямоугольного параллелепипеда. Термопару 8, для измерения внутренней температуры печи устанавливают в любой точке внутреннего пространства печи. Термопары 9 и 10 устанавливают на верхней и нижней поверхности нижней плиты 3 под силовой тягой 5. Испытуемый образец 11 помещают в печь 1 на нижнюю плиту 3. При этом образцы устанавливают на любую грань.

Термопары подключают к вторичному прибору 7 для измерения температуры, который показывает значения температур, измеряемых термопарами 8, 9 и 10. Затем включают печь и начинают нагрев испытуемого образца. После включения в работу печи 1 следят за величиной значения температуры t , которая определяет достижение заданной температуры испытания. Температура t считается температурой испытания.

В качестве температуры испытания испытуемого образца принимают значение температуры t , определяемой по формуле:

$$t = (t_2 + t_1 - \frac{q \cdot \delta_{\text{обр}}}{\lambda_{\text{обр}}}) / 2,$$

где t_2 – температура в центре испытуемого образца, °С; t_1 – температура на поверхности испытуемого образца, °С; $\delta_{\text{обр}}$ – расстояние между центром и поверхностью испытуемого образца, м; $\lambda_{\text{обр}}$ – коэффициент теплопроводности испытуемого образца, Вт/(м·К); q – плотность теплового потока, Вт/м²; при этом плотность теплового потока q определяют по формуле:

$$q = \frac{\lambda_{\text{пл}}}{\delta_{\text{пл}}} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}),$$

где t_v – температура на верхней поверхности нижней плиты, измеряемая термопарой 9, °С; t_n – температура на нижней поверхности нижней плиты, измеряемая термопарой 10, °С; $\delta_{пл}$ – высота нижней плиты, м; $\lambda_{пл}$ – коэффициент теплопроводности нижней плиты, Вт/(м·К).

Коэффициенты теплопроводности испытуемого образца и нижней плиты являются справочными данными, которые находят по таблицам и диаграммам в зависимости от свойств материала и условий нагрева.

После достижения температурой t требуемого значения (температуры испытания) испытуемый образец 11 подвергают выдержке и одноосному нагружению прессом 4 посредством воздействия силовой тяги 5 на верхнюю плиту 2 до разрушения испытуемого образца 11. Нагрузка на образец определяется по силоизмерительному устройству 6. При этом нагрузка должна возрастать непрерывно и равномерно со скоростью, обеспечивающей его разрушение через 20...60 с после начала испытания.

Предел прочности при сжатии $\sigma_{сж}$ (Н/м²) испытуемого образца вычисляют по формуле:

$$\sigma_{сж} = P/F$$

где $\sigma_{сж}$ — предел прочности при сжатии, Н/м²; P — наибольшая нагрузка, при которой произошло разрушение образца, Н; F — площадь поперечного сечения образца, м².

Предлагаемый способ позволяет получить значение предела прочности на сжатие различных материалов при повышенных температурах материала с меньшей погрешностью.

В качестве исследуемых образцов использовалось шамот марки ШБ-5. При этом заявляемый предел прочности на сжатие (при температуре 20 °С) примерно 40 МПа.

Определение предела прочности проводилось в диапазоне температур 20...500 °С. Результаты измерений приведены на Рисунке 2.

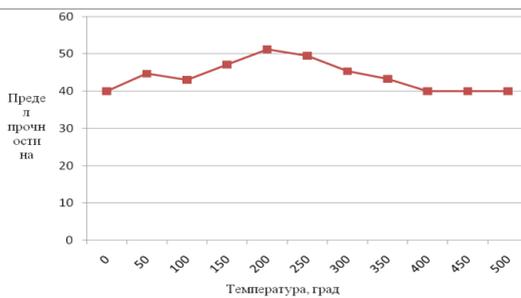


Рисунок 2 – Зависимость предела прочности от температуры

Таким образом, значение предела прочности на сжатие в интервале температур 150...300 °С увеличивается на 18...28 %, что даёт дополнительный резерв для повышения скорости разогрева и снижения времени и энергоресурсов на разогрев.

Литература:

1. *Кащеев И.Д.* Огнеупоры для промышленных агрегатов и топок. Справочник в 2 – х книгах. – М.: Интермет Инжиниринг, 2000. – 663с.
2. Инновационный патент Республика Казахстан. Способ термомеханических испытаний материалов и устройство для его осуществления / Е.В. Приходько, А.С. Никифоров, И.В. Шанов. – № 21807; опубл. 15.10.2009, Бюл. № 10. – 4с.: ил.

РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ ВАРИАНТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА ТУТАЕВСКОЙ ПГУ

**А.И. Кирьякова, О.В. Боруш (научный руководитель)
Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, sasha.kiryakova@yandex.ru**

Объектом анализа является проект ОАО «Ярославской генерирующей компании» – строительство ПГУ-ТЭС в городе Тутаев Ярославской области. Новая ПГУ, рассчитанная на 52 МВт - это шаг к решению проблемы дефицита энергии в данном регионе. Установка обеспечит потребителя как электрической, так и тепловой энергией. В ходе работы проанализирована актуальность и необходимость построения ПГУ, а также рассмотрен один из вариантов ее строительства.

The project of «Yaroslavl Generating Company» - the construction of PGU in the city of Yaroslavl Region Tutaev is the object of analysis. The new PGU, designed for 52 MW is a step towards solving the problem of energy deficit in this region. The installation will provide the consumer with both electric and thermal energy. In the course of the work, the urgency and necessity of constructing the was PGU analyzed, and one of the options for its construction was considered.

С развитием жизни на Земле общество все больше нуждается в энергии. Человек индустриального общества потребляет ее в сто раз больше чем во времена первобытности. Непрерывные экономические и социальные преобразования, общественный прогресс ведут к значительному росту мирового потребления электроэнергии, что видно по результатам исследования ИНЭИ РАН (Рисунок 1).

Такая тенденция требует от современной энергетики повышения эффективности процессов производства тепловой и электрической