

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**  
**ЕВРАЗИЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Л.Н. ГУМИЛЕВА**  
**ТРАНСПОРТНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**



**V Международная научно – практическая конференция  
на тему: «Актуальные проблемы транспорта и энергетики:  
пути их инновационного решения»  
(17 марта 2017 г.)**

УДК 656  
ББК 391  
А 43

**Редакционная коллегия:**

Председатель – Молдажанова А.А., проректор по учебной работе ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, д.п.н., профессор; заместитель председателя – Султанов Т.Т., заместитель декана по научной работе, к.т.н., доцент; Сулейменов Т.Б. – декан транспортно-энергетического факультета ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, д.т.н., профессор; Арпабеков М.И. – заведующий кафедрой «Организация перевозок, движения и эксплуатация транспорта», д.т.н. профессор; Тогизбаева Б.Б. – заведующий кафедрой «Транспорт, транспортная техника и технологии», д.т.н. профессор; Байхожаева Б.У. – заведующий кафедрой «Стандартизации и сертификации», д.т.н. профессор; Сакипов К.Е. – заведующий кафедрой «Теплоэнергетика», к.т.н., доцент.

**А 43** V Международная научно – практическая конференция на тему: «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения» / А.А. Молдажанова, Т.Б.Сулейменов, Т.Т.Султанов – Астана, 2017. – 476 с.

ISBN 978-9965-31-842-9

В сборник включены материалы V Международной научно – практической конференции на тему: «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения», проходившей в г. Астана 17 марта 2017 года, часть 2.

Тематика статей и докладов участников конференции посвящена актуальным вопросам 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, ближнего зарубежья, Республики Казахстан и могут быть полезными для докторантов, магистрантов и студентов.

ISBN 978-9965-31-840-5  
ISBN 978-9965-31-842-9

УДК 656

<b>ДӘРІБАИ Е.С., АИТБЕК Ш.А., ЕРНАЗАР Ж.Т., МЕХТИЕВ А.Д.</b> СТИРЛИНГ ҚОЗҒАЛТҚЫШЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН МИНИ ЖЭС.....	272
<b>ӘМІРБЕК А.Е., ЖАКСЫБЕКОВ С.Ж.</b> РАЗРАБОТКА БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ ПАК «ШАРИК В ТРУБЕ».....	275
<b>БРЕЙДО И.В., ЕЛЬШИН А.Б., САРЖАНОВ Д.К.</b> ҮЗДІКСІЗ ЭНЕРГИЯНЫ ЖАБДЫҚТАУ ЖҮЙЕСІ.....	277
<b>ЖАКУПОВ Р.А.</b> О ПЕРСПЕКТИВАХ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОАСОСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ СБРОСНОЙ ТЕПЛОТЫ СИСТЕМЫ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ТОО «AES УСТЬ-КАМЕНОГОРСКАЯ ТЭЦ».....	280
<b>ISSENOV S.S.</b> MATHEMATICAL MODEL OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR ASYNCHRONOUS MULTIMOTOR DRIVE.....	284
<b>ТЛЕУОВ А.Х., ИСРАИЛ А.Е.</b> СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК В ЭКОНОМИКЕ КАЗАХСТАНА.....	289
<b>КАЛИАСКАРОВ Н.Б., ЮГАЙ В.В., ЕСЕНЖОЛОВ У.С., МАЙМУРЫНОВА А.А., ЖАКАТАЕВ Т.А.</b> ОРТАҚ ЭМИТТЕРЛІ ЖЕЛЛІК ТЕЛЕВИЗИОНДЫҚ КҮШЕЙТКІШТІ МОДЕЛЬДЕУ НЕГІЗІНДЕ ТЕЛЕВИЗИЯЛЫҚ СИГНАЛДЫ ЖІБЕРУ КЕЗІНДЕГІ ЭНЕРГИЯ ҮНЕМДЕУ МӘСЕЛЕЛЕРІН ШЕШУ.....	292
<b>КАРМАНОВ А.Е., ВАТАЩУК В.С., ПРИХОДЬКО Е.В.</b> РАСЧЁТ ВРЕМЕНИ СУШКИ ФУТЕРОВКИ ПРИ ЕЁ РАЗОГРЕВЕ.....	297
<b>КВАСОВ П.А., БЕРМАГАМБЕТОВА С.А.</b> НОВАЯ ИННОВАЦИОННАЯ КОНСТРУКЦИЯ ПОВЫШЕННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЛЯ ВИЭ – ГЕНЕРАТОРЫ НА МАГНИТАХ.....	299
<b>КИНЖИБЕКОВА А.К., ЖУМАГАЛИЕВА А.Д.</b> БРИКЕТЫ ИЗ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КАК ИСТОЧНИК ЭФФЕКТИВНОГО ТОПЛИВА.....	307
<b>КИНЖИБЕКОВА А.К., ШИРБАЕВ А.Т.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БРИКЕТОВ ИЗ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА.....	311
<b>КОЖАХМЕТОВА Г.С., ГЛАЗЫРИН С.А., ЖУМАГУЛОВ М.Г.</b> О ВОЗМОЖНОСТЯХ СЖИГАНИЯ ФЕРРОСПЛАВНОГО ГАЗА В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОТЛАХ.....	314
<b>ZSOLT CONKA, MICHAL KOLCUN, AZAMAT SULEIMENOV</b> IMPROVEMENT OF TRANSFER CAPACITY BY TCSC AND WAMS IN CENTRAL EAST EUROPE POWER.....	318

## РАСЧЁТ ВРЕМЕНИ СУШКИ ФУТЕРОВКИ ПРИ ЕЁ РАЗОГРЕВЕ

**Карманов А.Е.**

*Atan270685@mail.ru*

*Докторант кафедры «Промышленная теплоэнергетика» АУЭС, Алматы, Казахстан*

**Ватащук В.С.**

*Магистрант кафедры «Теплоэнергетика» ПГУ им.С.Торайгырова, Павлодар, Казахстан*

**Приходько Е.В.**

*к.т.н., профессор кафедры «Теплоэнергетика» ПГУ им.С.Торайгырова,*

*Павлодар, Казахстан*

Тепловой процесс освобождения материалов от содержащейся в них влаги путём испарения называется сушкой. После строительной–футеровочных работ перед эксплуатацией высокотемпературного агрегата его футеровку подвергают сушке и нагреву с целью удаления влаги, содержащейся в кирпичном корпусе, а также для достижения эксплуатационной температуры путём медленного нагрева при сохранении целесообразной скорости подъёма температуры в соответствии с тепловым расширением огнеупоров, составляющих кладку печи.

При нагреве кладки появляется водяной пар. При нагреве агрегата изнутри, влага, содержащаяся в огнеупорных изделиях, испаряется. Резкий нагрев приводит к быстрому парообразованию. Пар проходит через зазоры в огнеупорах и размягчает швы между кирпичами. При использовании огнеупорных бетонов и набивных масс возникают взрывные трещины. В связи с этим следует снижать скорость повышения температуры, то есть проводить плавный разогрев огнеупорных конструкций.

При быстром разогреве футеровки возможна ситуация при которой пар от нагретых участков, проходя через недогретые места кладки, будет охлаждаться и конденсироваться на поверхности.

Стандарты, определяющие скорость сушки и повышение температуры, ещё не разработаны. Сложность в данном случае заключается в многообразии используемых огнеупорных материалов, различных толщинах и количествах слоёв футеровок, во множестве способов разогрева и др. Таким образом, при разогреве футеровок пользуются правилами, полученными на основании практики.

Так, в [1] предлагают сушку обмуровок, выполненных со значительными массивами с применением жароупорного бетона, торкрета и огнеупорных пластичных масс, производят с соблюдением следующего режима:

- а) медленное повышение температуры в топочном пространстве до 100 °С в течение 4 - 8 ч;
- б) выдерживание бетона при температуре 100 °С в течение суток;
- в) повышение температуры в топочном пространстве до 500 °С со скоростью 30 - 40 °С/ч;
- г) выдерживание при 500 °С - 8 - 10 ч;

- 
- б) выдерживание бетона при температуре 100 °С в течение суток;
  - в) повышение температуры в топочном пространстве до 500 °С со скоростью 30 - 40 °С/ч;
  - г) выдерживание при 500 °С - 8 - 10 ч;
  - д) дальнейшее повышение температуры со скоростью 60 - 80 °С/ч.

При этом, температуру футеровки контролируют термометрами, заложенными на глубину 40 - 50 мм от огневой поверхности.

Время сушки, как правило, взято «с запасом», что увеличивает общее время разогрева и приводит к дополнительным затратам энергии. Если же знать влажность футеровочного материала, то можно с достаточной точностью рассчитать время сушки.

Такие работы были проведены для использования периклазоуглеродистых огнеупорных материалов при футеровке высокотемпературных агрегатов. Первым этапом явилось определение влажности футеровочного материала. Это значение не является

постоянной величиной, так как при нахождении материала в воздушной среде с отличной от первоначальной влажностью, огнеупоры сорбируют (десорбируют) влагу из воздуха. Таким образом дополнительным условием является проведение замеров влажности огнеупоров, которые находились в воздушной среде с влажностью, равной среднему значению влажности в производственном цехе.

Регистрируя влажность материала при различных коэффициентах относительной влажности и данной температуре, можно построить ряд изотерм для различных значений температуры воздуха. Они называются изотермами сорбции, если влажность материала повышается, и изотермами десорбции, если влажность материала понижается.

В качестве опытных образцов использовали периклазоуглеродистые огнеупорные материалы. В соответствии с ГОСТом по определению гигроскопической влаги массу исследуемых навесок брали равной 2 грамма [2]. Измельчённую пробу тщательно перемешивали. Для измерения количества гигроскопической влаги, содержащейся в образцах, исследуемый материал помещали в муфельную печь, разогретую до  $(110 \pm 5)$  °С. В ходе опыта температуру печи поддерживали постоянной и производили периодическое взвешивание образца. Общее время нагрева составило 2 часа. Влажность воздуха в помещении составляла 48 %.

На основе полученных данных можно рассчитать массовую долю гигроскопической влаги.

$$Q_{\text{исп}} = W_{\text{вл}} \cdot \left[ r + (C_{\text{H}_2\text{O}})_{\theta}^{t_{\text{ух}}} \cdot t_{\text{ух}} - (C_{\text{H}_2\text{O}})_{\theta}^{100} + C_{\text{в}} \cdot (100 - t_{\text{н}}) \right] \cdot 10^{-3} \text{ МДж},$$

$$Q_{\text{исп}} = 106,51 \cdot [2260 + 2 \cdot 350 - 2,04 + 4,196 \cdot 80] \cdot 10^{-3} = 279,29 \text{ МДж},$$

где  $W_{\text{вл}}$  - масса испаряемой при сушке влаги, кг;

$r$  - удельный расход теплоты на испарение влаги, кДж/кг;

$t_{\text{ух}}$  - средняя за цикл термообработки температура уходящих газов, °С;

$(C_{\text{H}_2\text{O}})_{\theta}^{100}$ ,  $(C_{\text{H}_2\text{O}})_{\theta}^{t_{\text{ух}}}$  - средние теплоемкости водяного пара в соответствии с температурами  $t_{\text{ух}}$  и 100 °С, кДж/(кг·К);

$C_{\text{в}}$  - теплоемкость воды, кДж/(кг·К).

298

Теплота, получаемая при сжигании смеси газа для сушки:

$$Q = Q_{\text{н}}^{\text{Р}} \sum_{\text{см}} G \cdot \eta_{\text{уст}} = 47900 \cdot 10 \cdot 0,60 = 287 \text{ МДж/ч}$$

Время, затрачиваемое на испарение влаги при сушке ковшей:

$$t = \frac{Q}{Q_{\text{исп}}} = \frac{287}{279,29} = 1,02 \text{ ч}$$

Таким образом, при разогреве рассматриваемого оборудования, необходима временная выдержка («полочка») при достижении футеровкой температуры 100 °С. Продолжительность временной выдержки составит чуть более часа.

#### Список использованных источников

- 1 Временная инструкция по сушке обмуровок стационарных котлов ТЭС: Москва: 1980
- 2 ГОСТ 2642.1-86 Огнеупоры и огнеупорное сырье. Метод определения гигроскопической влаги