

# ТЕПЛОМАССОБМЕН ВО ВРАЩАЮЩИХСЯ ПЕЧАХ

## Аннотация

**1. Цель освоения дисциплины:** сформировать у студентов современных представлений и знаний об основных теплообменных процессах в технологических аппаратах, применяемых в производстве строительных материалов; путях и способах снижения энерго- и ресурсоемкости производства строительных материалов; повышения качества продукции; выполнять расчеты для оценки эффективности теплообмена. Привить студентам знания по основам управления цементной вращающейся печью и приемами оптимизации теплообмена

**2. Общая трудоемкость дисциплины** составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

**3. Содержание дисциплины.** Теплообменные процессы в технологии производства вяжущих. Основное технологическое оборудование в производстве извести, гипса и цемента.

Основные положения теории теплообмена Виды теплообмена, их физическая сущность. Понятия температурного поля, градиента температур, плотности теплового потока. Закон Фурье.

Теплопроводность в плоской и многослойной стенках Коэффициент теплопроводности, термическое сопротивление. Эквивалентный коэффициент теплопроводности.

Теплопередачи через плоскую и цилиндрическую стенки Закон Ньютона. Коэффициент теплопередачи. Метод расчета теплопроводности через плоскую и цилиндрическую стенки.

Конвективный теплообмен Закон Ньютона-Рихмана. Основные положения. Профили скоростей и температур. Критерии теплового и гидравлического подобия.

Понятие о гидродинамическом и тепловом пограничном слое. Основные понятия. Критическое число  $Re$ . Сущность явлений в конвективном теплообмене.

Теплообмен излучением. Основные понятия и законы. Излучение газов Закон Планка, Стафана-Больцмана и Кирхгофа. Лучистый теплообмен между двумя параллельными плоскостями. Тепловые экраны. Излучение газов. Закон Бугера.

Теплообмен в свободном пространстве вращающейся печи и аппаратах при производстве цемента. Основы расчета теплообменных аппаратов. Основные понятия. Расчет теплообменников. Определение конечных температур теплоносителей. Интенсификация теплообмена. Теплообмен в свободном пространстве печи и аппаратов при обогреве открытой поверхности материала. Позонный тепловой баланс печи. Тепловые потоки. Методы расчета теплопередачи излучением. Конвективный теплообмен в подготовительной зоне печи мокрого способа. Эффективность способов навески цепных теплообменников.

Теплообмен в клинкерных холодильниках. Методы расчета конвективного теплообмена во вращающихся печах, клинкерных барабанных холодильниках.

Теплопотери тепловых агрегатов Определение потерь в окружающую среду поверхностью тепловых аппаратов. Работа колосникового холодильника переталкивающего типа.

Влияние когезионных свойств шламов и отдельных компонентов на тепло- и массообмен в теплообменнике. Изменение свойств шламов при высушивании в теплообменнике. Влияние отдельных компонентов на когезионные свойства шламов.

Оптимизация высокотемпературных процессов обжига клинкера. Спекаемость шихт в зависимости от модульных характеристик. Величина диаметра получаемых гранул – критерий оптимизации спекания клинкера

Пути повышения стойкости футеровки во вращающейся печи Вид огнеупора, применяемого для футеровки отдельных зон. Формирование защитной обмазки и ее

влияние на длительность службы огнеупорной футеровки. Влияние состава сырья, режима сжигания топлива и гранулометрии клинкера на стойкость футеровки.

Особенности управления вращающейся печью при клинкерном пылении. Причины образования клинкерной пыли и клинкерного пыления. Способы недопущения клинкерного пыления. Управление вращающейся печью при использовании техногенных компонентов в качестве дополнительного питания. Влияние дополнительного питания печи техногенными продуктами (шлаки, золы) на тепло- и массообмен по зонам печи, грануло-метрии клинкера. Изменение удельного расхода топлива. Особенности управления печью при вводе выгорающих добавок совместно с сырьевыми компонентами. Влияние дополнительного питания печи техногенными продуктами (шлаки, золы) на тепло- и массообмен по зонам печи. Изменение удельного расхода топлива.

#### **4. Перечень рекомендуемой литературы**

##### Основная литература

1. Тепломассообмен : метод. указания к выполнению лаб. работ для студентов специальности 250802 / сост.: И. Н. Борисов, Л. С. Дурнева. - Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова, 2003. - 29 с.
2. Теплотехника и теплотехническое оборудование технологии строительных изделий [Электронный ресурс] / В. В. Губарева. - Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова. Ч. II : Сушка твердых дисперсных материалов. - 2006. - 1 (дискета) эл. гиб. диск.
3. Теплотехника : учеб. / ред. В. Н. Луканин. - 2 - изд., перераб. - М. : Высш. шк., 2000. - 671 с.
4. Теплоэнергетика и теплотехника : справ. : в 4-х кн. / общ. ред.: А. В. Клименко, В. М. Зорин. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : МЭИ, 2000. - . - (Справочная серия). Кн.1: Общие вопросы: Справочник. - 2000. - 528 с.
5. Брюханов, О. Н. Основы гидравлики и теплотехники: учеб. / О. Н. Брюханов, А. Т. Мелик-Аракелян, В. И. Коробко. - М.: Академия, 2004. - 240 с.
6. Брюханов, О. Н. Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики : учеб. / О. Н. Брюханов, В. И. Коробко, А. Т. Мелик-Аракелян. - М.: Инфра-М, 2005. - 253 с.
7. Быстрицкий, Г. Ф. Общая энергетика : учеб. пособие / Г. Ф. Быстрицкий. - М.: Академия, 2005. - 204 с.
8. Ерофеев, В. Л. Теплотехника: учеб. / В. Л. Ерофеев, П. Д. Семенов, А. С. Пряжин. - М.: Академкнига, 2006. - 488 с.
9. Марков, Б. Л. Учебно-справочное пособие по теплопередаче: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Металлургия" / Б. Л. Марков, И. В. Ткачук. - М. : Теплотехник, 2008. - 80 с.
10. Назмеев, Ю. Г. Теплообменные аппараты ТЭС : учеб. пособие / Ю. Г. Назмеев, В. М. Лавыгин. - 2-е изд., перераб. - М.: МЭИ, 2002. - 259 с.
11. Нащокин, В. В. Техническая термодинамика и теплопередача: учебное пособие для неэнергетических специальностей вузов / В. В. Нащокин, А. В. Вавилов. - 4-е изд., стереотип. - М. : Аз-book, 2009. - 469 с.э-
12. Прибытков, И. А. Теоретические основы теплотехники : учеб. / И. А. Прибытков, И. А. Левицкий. - М. : АСАДЕМА, 2004. - 463 с.
13. Шарапов, Р. Р. Специальное оборудование заводов по производству цемента: учеб. пособие / Р. Р. Шарапов. - Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2006. - 143 с.

##### Дополнительная литература

1. Классен В.К. Технология и оптимизация производство цемента (учебное пособие). – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. – 308 с

2. Лугинина И.Г. Химия и химическая технология неорганических вяжущих материалов (учебное пособие). – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2004. Ч. 1 – 240 с.; Ч. 2 – 198 с.
3. Классен В.К., Борисов И.Н., Мануйлов В.Е. Техногенные материалы в производстве цемента.– Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2008. – 126 с.
4. Вращающиеся печи: теплотехника, управление и экология : справ. в 2 кн. / В. Г. Лисиенко, Я. М. Щелоков, М. Г. Ладыгичев. - М. : Теплотехник. - 2004. - 687 с.
5. Современные горелочные устройства (конструкции и технические характеристики) : справ. / А. А. Винтовкин. - М. : Машиностроение-1, 2001. - 487 с.
6. Патанкар, С. В. Численное решение задач теплопроводности и конвективного теплообмена при течении в каналах : пер. с англ. / С. В. Патанкар. - М.: МЭИ, 2003. - 310 с.
7. Назмеев, Ю. Г. Теплообменные аппараты ТЭС : учеб. пособие / Ю. Г. Назмеев, В. М. Лавыгин. - 3-е изд., стер. - М. : МЭИ, 2005. - 259 с.
8. Теплопередача / ред. В. С. Чередниченко. - Новосибирск : НГТУ, 2004. - 198

## **5. Интернет-ресурсы**

1. <http://WWW.knigafund.ru/>
2. <http://ntb.bstu.ru/resources/el.php>
3. <http://lib.muctr.ru/libsearch64.php?catalog=BOOK&action=search&A=&T=&K=&logic=all&R=&G=&NM=&mess=10>
4. <http://elibrary.ru/defaultx.asp>