

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины

**Тепломассообмен во вращающихся печах**

Направление подготовки:

18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,  
нефтехимии и биотехнологии

Направленность программы:

Рациональное использование материальных и энергетических ресурсов в  
химической технологии вяжущих материалов

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

заочная

Институт: Химико-технологический институт

Кафедра: Технологии цемента и композиционных материалов

Рабочая программа составлена на основании требований:


- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07.08.2020 г. № 923.
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

Составитель: канд. техн. наук, доцент  (А.А. Гребенюк)

канд. техн. наук, доцент  (Л.С. Щелокова)

Рабочая программа обсуждена на заседании выпускающей кафедры  
Технологии цемента и композиционных материалов  
(наименование кафедры)

« 14 » мая 2021 г., протокол № 19

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, профессор  (И.Н. Борисов)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 15 » мая 2021 г., протокол № 9

Председатель канд. техн. наук, доцент  (Л.А. Порожнюк)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

| Код и наименование компетенции   | Код и наименование индикатора достижения компетенции   | Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине   |
|--|--|--|
| ПК-2 Способен обеспечивать технологическое сопровождение процесса производства вяжущих материалов с позиции повышения его эффективности. | ПК-2.5. Применяет основные законы термодинамики и теории тепломассообмена для обеспечения рационального режима работы вращающихся печей и оптимизации, протекающих при обжиге, химико-технологических процессов, способствует повышению эффективности работы теплотехнического оборудования. | <p><b>Знание:</b> основные тепломассообменные процессы и физические явления, происходящие во вращающихся печах. представлять связь тепломассообменных процессов при обжиге клинкера во вращающихся печах с получением качественного готового продукта;</p> <p><b>Умение:</b> осуществлять выбор способа реализации приемов энерго- и ресурсосбережения с учетом особенностей производства, сырьевой базы, климатических условий и возможностей использования вторичных и техногенных ресурсов;</p> <p><b>Навыки:</b> основными понятиями и закономерностями тепломассообменных процессов, методами, приемами и направлениями энерго- и ресурсосбережения в производстве вяжущих и композиционных материалов;</p> |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Компетенция ПК-2 Способен обеспечивать технологическое сопровождение процесса производства вяжущих материалов с позиции повышения его эффективности.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

| Стадия | Наименования дисциплины   |
|--------|---|
| 1      | Механическое оборудование (общий курс)  |
| 2      | Оборудование цементных предприятий  |
| 3      | Производственная эксплуатационная практика  |
| 4      | Физическая химия силикатов  |
| 5      | Процессы и аппараты защиты окружающей среды   |
| 6      | Технология производства цемента   |
| 7      | Проектное обучение  |
| 8      | Основы компьютерного проектирования технологического оборудования                     |
| 9      | Теория горения топлива и тепловые установки в производстве вяжущих материалов         |
| 10     | Химия вяжущих материалов  |
| 11     | Производственная технологическая (проектно-технологическая) практика                  |
| 12     | Технология вяжущих и композиционных материалов с использованием техногенных продуктов |
| 13     | Оптимизация технологических процессов производства цемента с применением ЭВМ          |
| 14     | Термодинамика силикатных систем   |
| 15     | Тепломассообмен во вращающихся печах  |
| 16     | Управление технологическим процессом производства цемента                             |
| 17     | Энергосбережение в производстве цемента   |
| 18     | Производственная преддипломная практика   |

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач. единиц, 180 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки:

Форма промежуточной аттестации ЭКЗАМЕН  
(экзамен, дифференцированный зачет, зачет)

| Вид учебной работы  | Всего часов | Семестр № 7<br>(установочная сессия) | Семестр № 8 |
|---|-------------|--------------------------------------|-------------|
| Общая трудоемкость дисциплины, час  | 180         | 2                                    | 178         |
| <b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>  | 14          | 2                                    | 12          |
| лекции  | 6           | 2                                    | 4           |
| лабораторные  | —           | —                                    | —           |
| практические  | 6           | —                                    | 6           |
| групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации                              | 2           | —                                    | 2           |
| <b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>          | 166         | —                                    | 166         |
| Курсовой проект   | —           | —                                    | —           |
| Курсовая работа   | —           | —                                    | —           |
| Расчетно-графическое задание  | 18          | —                                    | 18          |
| Индивидуальное домашнее задание   | —           | —                                    | —           |
| Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия) | 112         | —                                    | 112         |
| Экзамен   | 36          | —                                    | 36          |

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем Курс 4 Семестр 8

| № п/п  | Наименование раздела<br>(краткое содержание)   | Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час |                      |                      |  |
|--|--|---|----------------------|----------------------|--|
|  |  | Лекции  | Практические занятия | Лабораторные занятия | Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям |
| <b>1. Вводная лекция</b>   |  |   |                      |                      |  |
|  | Тепломассообменные процессы в технологии производства вяжущих материалов. Основное технологическое оборудование в производстве извести, гипса и цемента.         | 0,4   | —                    | —                    | 7  |
| <b>2. Основные положения теории теплообмена</b>  |  |   |                      |                      |  |
|  | Виды теплообмена, их физическая сущность. Понятия температурного поля, градиента температур, плотности теплового потока. Закон Фурье.                            | 0,4   | —                    | —                    | 7  |
| <b>3. Теплопроводность в плоской и многослойной стенках</b>  |  |   |                      |                      |  |
|  | Коэффициент теплопроводности, термическое сопротивление. Эквивалентный коэффициент теплопроводности.   | 0,4   | 0,75                 | —                    | 8  |
| <b>4. Теплопередачи через плоскую и цилиндрическую стенки</b>  |  |   |                      |                      |  |
|  | Закон Ньютона. Коэффициент теплопередачи. Методы расчета теплопроводности через плоскую и цилиндрическую стенки.   | 0,4   | 0,75                 | —                    | 8  |
| <b>5. Конвективный теплообмен</b>  |  |   |                      |                      |  |
|  | Конвективный теплообмен. Закон Ньютона-Рихмана. Основные положения теории подобия. Профили скоростей и температур. Критерии теплового и гидравлического подобия. | 0,4   | 0,75                 | —                    | 8  |
| <b>6. Понятие о гидродинамическом и тепловом пограничном слое</b>  |  |   |                      |                      |  |
|  | Основные понятия. Сущность явлений в конвективном теплообмене. Критерии подобия Рейнольдса и Нуссельта.  | 0,4   | —                    | —                    | 7  |
| <b>7. Теплообмен излучением. Основные понятия и законы. Излучение газов.</b>                               |  |   |                      |                      |  |
|  | Закон Планка, Стафана-Больцмана и Кирхгофа. Лучистый теплообмен между двумя параллельными плоскостями. Тепловые экраны. Излучение газов. Закон Бугера.           | 0,4   | 0,75                 | —                    | 8  |
| <b>8. Основы расчета теплообменных аппаратов</b>   |  |   |                      |                      |  |
|  | Основные понятия. Расчет теплообменников. Определение конечных температур теплоносителей. Интенсификация процесса теплообмена в устройствах.                     | 0,4   | 0,75                 | —                    | 8  |
| <b>9. Теплообмен в свободном пространстве печи и аппаратов при обогреве открытой поверхности материала</b> |  |   |                      |                      |  |
|  | Позонный тепловой баланс печи. Тепловые потоки.  | 0,4   | 0,75                 | —                    | 8  |

|   |   |     |      |   |     |
|---|---|-----|------|---|-----|
|   | Методы расчета теплопередачи излучением. Конвективный теплообмен в подготовительной зоне печи мокрого способа. Эффективность способов навески цепных теплообменников. Методы расчета конвективного теплообмена во вращающихся печах, клинкерных барабанных холодильниках. |     |      |   |     |
| <i>10. Теплопотери тепловых агрегатов</i>   |   |     |      |   |     |
|   | Определение потерь в окружающую среду поверхностью тепловых аппаратов. Работа колосникового холодильника переталкивающего типа.   | 0,4 | —    | — | 7   |
| <i>11. Влияние когезионных свойств шламов и отдельных компонентов на тепло- и массообмен в теплообменнике, оптимизация высокотемпературных процессов обжига клинкера.</i> |   |     |      |   |     |
|   | Изменение свойств шламов при высушивании в теплообменнике. Влияние отдельных компонентов на когезионные свойства шламов. Спекаемость шихт в зависимости от модульных характеристик. Величина диаметра получаемых гранул - критерий оптимизации спекания клинкера.         | 0,4 | 0,75 | — | 8   |
| <i>12. Пути повышения стойкости футеровки во вращающейся печи</i>   |   |     |      |   |     |
|   | 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.                         | 0,4 | —    | — | 7   |
| <i>13. Особенности управления вращающейся печью при клинкерном пылении.</i>   |   |     |      |   |     |
|   | Причины образования клинкерной пыли и клинкерного пыления. Способы недопущения клинкерного пыления.   | 0,4 | 0,75 | — | 7   |
| <i>14. Управление вращающейся печью при использовании техногенных компонентов в качестве дополнительного питания</i>  |   |     |      |   |     |
|   | Влияние дополнительного питания печи техногенными продуктами (шлаки, золы) на тепло- и массообмен по зонам печи, гранулометрию клинкера. Изменение удельного расхода топлива.   | 0,4 | —    | — | 7   |
| <i>15. Особенности управления печью при вводе выгорающих добавок совместно с сырьевыми компонентами</i>   |   |     |      |   |     |
|   | Применение топливосодержащих техногенных отходов на протекание теплотехнических и физико-химических процессов при обжиге цементного клинкера. Изменение удельного расхода топлива.  | 0,4 | —    | — | 7   |
|   | ВСЕГО   | 6   | 6    | — | 112 |

## 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

| № п/п       | Наименование раздела дисциплины   | Тема практического (семинарского) занятия   | К-во часов | Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям |
|-------------|---|---|------------|--|
| семестр № 7 |   |   |            |  |
| 1           | Теплопроводность в плоской и многослойной стенках   | Теплообмен теплопроводностью  | 0,75       | 8  |
| 2           | Теплопередачи через плоскую и цилиндрическую стенки   | Теплопередача через корпус теплообменного аппарата.   | 0,75       | 8  |
| 3           | Конвективный теплообмен   | Конвективный теплообмен в клинкерных холодильниках и обжиговых аппаратах.   | 0,75       | 8  |
| 4           | Теплообмен излучением. Основные понятия и законы. Излучение газов.  | Теплообмен в свободном печном пространстве.   | 0,75       | 8  |
| 5           | Основы расчета теплообменных аппаратов  | Определение размера печи мокрого способа заданной производительности. Перевод печи мокрого способа на комбинированный с установкой внутripечного или запечного суспензионного теплообменник | 0,75       | 8  |
| 6           | Теплообмен в свободном пространстве печи и аппаратов при обогреве открытой поверхности материала  | Анализ работы вращающейся печи по составу отходящих газов.  | 0,75       | 8  |
| 7           | Особенности управления вращающейся печью при клинкерном пылении   | Тепломассообмен в зоне спекания вращающейся печи при клинкерном пылении.  | 0,75       | 8  |
| 8           | Влияние когезионных свойств шламов и отдельных компонентов на тепло- и массообмен в теплообменнике, оптимизация высокотемпературных процессов обжига клинкера | Расчет цепной завесы при заданных свойствах шлама.  | 0,75       | 8  |
| ИТОГО:      |   |   | 6          | 64   |

### **4.3. Содержание лабораторных занятий**

Не предусмотрено учебным планом.

### **4.4. Содержание курсового проекта/работы**

Не предусмотрено учебным планом.

### **4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий**

*Цель:* закрепление практических навыков курса.

*Структура РГР:*

- титульный лист;
- индивидуальное задание;
- содержание;
- теоретические сведения;
- практическая часть: расчетные формулы; результаты расчета; графическое представление зависимостей и схем;
- заключение и рекомендации;
- список использованной литературы;
- приложения.

**Темы расчетно-графических заданий:**

1. Проектирование комплекса внутripечных теплообменных устройств.
2. Определение тепловых потерь участком корпуса вращающейся печи
3. Расчет эффективности применения различных видов огнеупоров футеровки.
4. Тепловой эффект образования обмазки
5. Расчет и оптимизация работы клинкерных холодильников.

В процессе выполнения расчетно-графического задания осуществляется контактная работа обучающегося с преподавателем. Консультации проводятся в аудитория и/или посредством электронной информационно-образовательной среды университета.



## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 5.1. Реализация компетенций

**Компетенция** ПК-2 Способен обеспечивать технологическое сопровождение процесса производства вяжущих материалов с позиции повышения его эффективности.

*(код и формулировка компетенции)*

| Наименование индикатора достижения компетенции   | Используемые средства оценивания           |
|--|--|
| ПК-2.5. Применяет основные законы термодинамики и теории тепломассообмена для обеспечения рационального режима работы вращающихся печей и оптимизации, протекающих при обжиге, химико-технологических процессов, способствует повышению эффективности работы теплотехнического оборудования. | экзамен<br>защита РГЗ<br>тестовый контроль |

### 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

#### 5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена

| № п/п | Наименование раздела дисциплины                         | Компетенция | Содержание вопросов (типовых заданий)   |
|-------|---|-------------|---|
| 1     | Вводная лекция  | ПК-2        | 1. Тепломассообменные процессы в технологии производства вяжущих материалов.<br>2. Основное технологическое оборудование в производстве извести, гипса и цемента                          |
| 2     | Основные положения теории тепломассообмена              |             | 3. Виды теплообмена, их физическая сущность.<br>4. Понятия температурного поля, градиента температур, плотности теплового потока.<br>5. Закон Фурье.                                      |
| 3     | Теплопроводность в плоской и многослойной стенках       |             | 6. Коэффициент теплопроводности, термическое сопротивление.<br>7. Эквивалентный коэффициент теплопроводности.   |
| 4     | Теплопередачи через плоскую и цилиндрическую стенки     |             | 8. Закон Ньютона.<br>9. Коэффициент теплопередачи.<br>10. Методы расчета теплопроводности через плоскую и цилиндрическую стенки.  |
| 5     | Конвективный теплообмен                                 |             | 11. Конвективный теплообмен.<br>12. Закон Ньютона-Рихмана.<br>13. Основные положения теории подобия. Профили скоростей и температур.<br>14. Критерии теплового и гидравлического подобия. |
| 6     | Понятие о гидродинамическом и тепловом пограничном слое |             | 15. Сущность явлений в конвективном теплообмене, основные понятия.<br>16. Критерии подобия Рейнольдса и Нуссельта.  |

|    |   |   |
|----|---|---|
| 7  | Теплообмен излучением. Основные понятия и законы. Излучение газов.  | 17. Закон Планка, Стафана-Больцмана и Кирхгофа.<br>18. Лучистый теплообмен между двумя параллельными плоскостями. Тепловые экраны.<br>19. Излучение газов. Закон Бугера.  |
| 8  | Основы расчета теплообменных аппаратов  | 20. Расчет теплообменников.<br>21. Определение конечных температур теплоносителей.<br>22. Интенсификация процесса теплообмена в устройствах.  |
| 9  | Теплообмен в свободном пространстве печи и аппаратов при обогреве открытой поверхности материала  | 23. Позонный тепловой баланс печи. Тепловые потоки.<br>24. Методы расчета теплопередачи излучением.<br>25. Конвективный теплообмен в подготовительной зоне печи мокрого способа.<br>26. Эффективность способов навески цепных теплообменников.<br>27. Методы расчета конвективного теплообмена во вращающихся печах, клинкерных барабанных холодильниках. |
| 10 | Теплопотери тепловых агрегатов  | 28. Определение потерь в окружающую среду поверхностью тепловых аппаратов.<br>29. Работа колосникового холодильника переталкивающего типа.  |
| 11 | Влияние когезионных свойств шламов и отдельных компонентов на тепло- и массообмен в теплообменнике, оптимизация высокотемпературных процессов обжига клинкера | 30. Изменение свойств шламов при высушивании в теплообменнике. Влияние отдельных компонентов на когезионные свойства шламов.<br>31. Спекаемость шихт в зависимости от модульных характеристик.<br>32. Величина диаметра получаемых гранул - критерий оптимизации спекания клинкера.   |
| 12 | Пути повышения стойкости футеровки во вращающейся печи  | 33. Вид огнеупора, применяемого для футеровки отдельных зон.<br>34. Формирование защитной обмазки и ее влияние на длительность службы огнеупорной футеровки.<br>35. Влияние состава сырья, режима сжигания топлива и гранулометрии клинкера на стойкость футеровки.   |
| 13 | Особенности управления вращающейся печью при клинкерном пылении   | 36. Причины образования клинкерной пыли и клинкерного пыления. Способы недопущения клинкерного пыления.   |
| 14 | Управление вращающейся печью при использовании техногенных компонентов в качестве дополнительного питания   | 37. Влияние дополнительного питания печи техногенными продуктами (шлаки, золы) на тепло- и массообмен по зонам печи, гранулометрию клинкера. Изменение удельного расхода топлива.   |
| 15 | Особенности управления печью при вводе выгорающих добавок совместно с сырьевыми компонентами  | 38. Применение топливосодержащих техногенных отходов на протекание теплотехнических и физико-химических процессов при обжиге цементного клинкера. Изменение удельного расхода топлива.  |

## 5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы

Не предусмотрено учебным планом.

## 5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

С целью текущего контроля и подготовки студентов к изучению новой темы вначале каждого практического занятия преподавателем проводится опрос по выполнению заданий предыдущей темы, а также выполнение практических заданий по темам дисциплины.

| № п/п | Наименование раздела дисциплины                     | Компетенция | Содержание вопросов (типовых контрольных заданий)  |
|-------|---|-------------|--|
| 1     | Теплопроводность в плоской и многослойной стенках   |             | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. От чего зависит коэффициент теплопроводности?</li> <li>2. Опишите механизм передачи тепла у газов, жидкости и твердых тел.</li> <li>3. Приведите уравнение для вычисления общего количества тепла, переданного через плоскую однослойную и многослойную стенки.</li> <li>4. Теплота передается теплопроводностью через 2-слойную цилиндрическую стенку длиной <math>L = 0,8</math> м. Определить переданную теплоту <math>Q</math> в Вт, если внутренний диаметр 0,5 м; толщина первого слоя 0,05 м, второго – 0,025, <math>\lambda_1=1\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})</math>; <math>t_{c1}=150^\circ\text{C}</math>; <math>\lambda_2=0,05\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})</math>; <math>t_{c2}=100^\circ\text{C}</math></li> </ol>                                     |
| 2     | Теплопередачи через плоскую и цилиндрическую стенки |             | <ol style="list-style-type: none"> <li>5. Опишите характер изменения температуры в цилиндрической стенке.</li> <li>6. Назовите условие, при котором влиянием кривизны стенки можно пренебречь.</li> <li>7. Приведите уравнение для вычисления общего количества тепла, переданного через цилиндрическую однослойную и многослойную стенки.</li> <li>8. Теплота передается от горячего теплоносителя к холодному через цилиндрическую стенку длиной <math>L = 0,5</math> м. Определить удельный линейный тепловой поток <math>q</math> в Вт/м, если: <math>\alpha_1 = 500\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})</math>; <math>\alpha_2 = 50\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})</math>; <math>d_1/d_2= 0,2/0,21</math> м; <math>\lambda = 10\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})</math>; <math>\Delta t = 8\text{К}</math>.</li> </ol> |
| 3     | Конвективный теплообмен                             |             | <ol style="list-style-type: none"> <li>9. Чем обусловлена интенсивность конвективного переноса тепла?</li> <li>10. Назовите режимы движения жидкости.</li> <li>11. Приведите закон Ньютона-Рихмана для вычисления величины конвективного теплообмена стационарных процессов.</li> <li>12. В чем заключается суть теории подобия?</li> <li>13. Назовите критерии подобия.</li> <li>14. Зачем составляются критериальные уравнения?</li> </ol>   |

|   |  |  |
|---|--|--|
|   |  | <p>15. Определите температуру на внешней поверхности вращающейся печи, диаметр «в свету» которой составляет 4,5 м, если температура на внутренней поверхности составляет 1250 °С, температура окружающего воздуха 20 °С. Толщина стальной обечайки 30 мм, печь футерована шамотом толщиной 250 мм. Скорость ветра равна 3 м/с. Скорость вращения печи не учитывать. Коэффициент теплопроводности стали и шамота равны 45,4 Вт/м·К и 0,39 Вт/м·К соответственно.</p>  |
| 4 | Теплообмен излучением. Основные понятия и законы. Излучение газов                                | <p>16. Дайте определение тепловому излучению.</p> <p>17. Какие тела называют серыми, абсолютно зеркальными, абсолютно прозрачными, абсолютно черными?</p> <p>18. В чем заключается закон Планка?</p> <p>19. Приведите формулу закона Стефана-Больцмана и дайте ему определение.</p> <p>20. О чем свидетельствует степень черноты тела?</p> <p>21. В чем заключается закон Бугера?</p> <p>22. Приведите формулу Стефана-Больцмана с дополнениями Блоха для вычисления лучистой энергии в факельном пространстве вращающейся печи.</p> <p>23. Вычислить плотность теплового потока на участке вращающейся печи, обусловленного лучеиспусканием от дымовых газов к поверхности вращающейся печи диаметром <math>d = 4</math> м, толщина футеровки 200 мм. Газы содержат 9,5% <math>\text{CO}_2</math> и 28,5% <math>\text{H}_2\text{O}</math>. Общее давление газов 10 кПа. Температура газов на входе в участок <math>t = 1000</math> °С и на выходе <math>t = 700</math> °С; средняя температура внутренней поверхности вращающейся печи <math>t = 500</math> °С и степень черноты поверхности <math>\varepsilon = 0,85</math>.</p> |
| 5 | Основы расчета теплообменных аппаратов   | <p>24. Дайте определение теплообменному аппарату.</p> <p>25. Приведите уравнение теплового баланса для установившегося теплового режима.</p> <p>26. Какие основные показатели работы и требования к конструкции тепловых установок.</p> <p>27. За счет каких мероприятий возможно интенсифицировать процесс теплообмена в оборудовании?</p> <p>28. Чему равна величина удельных потерь тепла от корпуса вращающейся печи, если температура на поверхности составляет 170 °С, а температура окружающего воздуха – 10 °С. Скорость ветра равна 5 м/с. Скорость вращения печи не учитывать.</p>   |
| 6 | Теплообмен в свободном пространстве печи и аппаратов при обогреве открытой поверхности материала | <p>29. На какие три основные зоны делится вращающаяся печь по ходу обжигового процесса?</p> <p>30. Приведите отличие характера передачи тепла в каждой из зон.</p> <p>31. Перечислите между какими поверхностями происходит теплообмен.</p> <p>32. Определить ориентировочные размеры</p>  |

|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
|   |   |  | вращающейся печи мокрого способа производства производительностью по клинкеру 50 т/ч и расходом условного топлива 215 кут.  |
| 7 | Особенности управления вращающейся печью при клинкерном пылении   |  | <p>33. Схема управления вращающейся печью мокрого способа.</p> <p>34. Схема управления печью сухого способа с декарбонизатором.</p> <p>35. Рычаги для управления печью мокрого способа.</p> <p>36. Причины образования клинкерной пыли.</p> <p>37. Влияние КПД клинкерного холодильника на образование клинкерной пыли.</p> <p>38. Влияние фазового состава на развитие клинкерного пыления.</p> <p>39. Определить поверхность нагрева <math>F</math> в <math>m^2</math> рекуперативного теплообменника при противотоке теплоносителей, если <math>Q = 52422</math> кВт; <math>k = 60</math> Вт/м<sup>2</sup>; <math>t_1 = 825</math> °С; <math>t_{11} = 625</math> °С; <math>t_2 = 15</math> °С; <math>t_{22} = 475</math> °С</p>                                |
| 8 | Влияние когезионных свойств шламов и отдельных компонентов на тепло- и массообмен в теплообменнике, оптимизация высокотемпературных процессов обжига клинкера |  | <p>1. Изменение адгезионно-когезионных свойств шламов при их высушивании.</p> <p>2. Изменение свойств шламов при вводе различного вида добавок.</p> <p>3. Назначение и функции теплообменных устройств.</p> <p>4. Какие существуют способы навески цепей?</p> <p>5. От каких факторов зависит размер формируемых гранул в низко- и высокотемпературных участках вращающейся печи.</p> <p>6. Взаимосвязь процессов образования гранул и обмазки.</p> <p>7. Как состав обжигаемого материала влияет на процесс образования обмазки?</p> <p>8. Рассчитать зависимость поверхностного коэффициента плотности от шага навески цепей и построить график. Шаг навески цепей изменяется от 100 до 200 мм с шагом 20 мм, число заходов винтовой линии – 6, ЦОН 25x100.</p> |

**Тестовый контроль** осуществляется после прохождения каждого из разделов дисциплины. На тестирование отводится 30 минут.

**1. Что не может быть отнесено к процессам теплообмена:**

- а) тепловое излучение;
- б) конвекция;
- в) теплопроводность;
- г) агломерация.

**2. Какой теоретически возможной температуры может достигнуть вторичный воздух при условии полной передачи тепла от клинкера охлаждающему воздуху (при мокром способе производства) :**

- а) 800-900°С;
- б) 600-700°С;

- в) 500-600°C;
- г) 400-300°C.

**3. Укажите основные причины возникновения клинкерного пыления:**

- а) неправильный режим горения факела, быстрое охлаждение, высокая скорость вторичного воздуха в шахте холодильника;
- б) химический состав обжигаемого сырья, высокая скорость вторичного воздуха в шахте холодильника;
- в) быстрое охлаждение клинкера в холодильнике;
- г) недостаточная подготовка материала в зоне цепных завес.

**4. Каким уравнением Ньютона определяется конвективный теплообмен:**

а)  $Pe = \frac{\omega d}{a}$  ;

б)  $E_0 = \int_0^{\infty} I_{0\lambda} d\lambda = C_0 \left( \frac{T}{100} \right)^4$  ;

в)  $Q_k = \alpha_c (t_c - t_g) F$  ;

г)  $q = -\lambda \frac{t_{cm2} - t_{cm1}}{\delta}$  .

**5. При нормальной работе печи  $CO_{2\text{расч}}$  составляет 24-24,5 %, что будет произойдет в печи с увеличением этого параметра:**

- а) увеличится температура в зоне спекания;
- б) снижается скорость газового потока;
- в) снижается количество жидкой фазы;
- г) снижается температура материала.

**6. Чем руководствуются при подборе огнеупоров:**

- а) температурой плавления огнеупора, температурой материала на границах зоны;
- б) температурой плавления огнеупора, температурой начала деформации под нагрузкой;
- в) температурой плавления огнеупора, температурой начала деформации под нагрузкой, возможностью протекания химических реакций между огнеупором и материалом;
- г) температурой газового потока, температурой материала на границах зон.

**7. Что называют критической влажностью:**

- а) влажность, при которой шлам начинает налипать на цепи;
- б) влажность, при которой на цепи находится минимальное количество шлама;
- в) влажность, при которой на цепях собирается максимальное количество шлама;
- г) влажность, при которой шлам окатывается в гранулы.

**8. Для чего используют огнеупоры во вращающихся печах:**

- а) для уменьшения рабочего объема агрегата (печи);
- б) для снижения потерь тепла через корпус;
- в) для интенсификации тепло- и массообменных процессов в печи;
- г) для снижения температуры отходящих газов.

**9. Дайте определение  $CO_2$  расч. :**

- а) содержание углекислого газа в отходящих газах печи по газовому анализу;
- б) содержание углекислого газа от сгорания топлива в отходящих газах;
- в) содержание углекислого газа и кислорода в отходящих газах печи по газовому анализу;
- г) содержание углекислого газа в отходящих газах пересчитанное на  $\alpha=1$ .

**10. Чем нельзя интенсифицировать теплообмен в горячей части теплообменных устройств где температура достигает 900-1100°C:**

- а) использованием цепных теплообменников;
- б) использованием рожковых теплообменников;
- в) использованием ковриковых теплообменников;
- г) использованием циклоидных теплообменников.

**11. Что не входит в расходные статьи баланса:**

- а) тепло с клинкером;
- б) тепло со вторичным воздухом;
- в) тепло от сгорания топлива;
- г) потери тепла через корпус.

**12. При каком значении критерия Re наступает турбулентный режим течения газа в трубе:**

- а)  $> 2300$ ;
- б)  $2300 - 10000$ ;
- в)  $> 10000$ ;
- г)  $< 2300$ .

**13. Какое выражение характеризует физический закон, определяющий ослабление параллельного монохроматического пучка света при распространении его в поглощающей среде (закон Бугера - Ламберта - Бера):**

- а)  $E = dQ / dF$ ;
- б)  $I(l) = I_0 e^{-k_\lambda l}$ ;
- в)  $I_{sl} = c_1 l^{-5} / (e^{c/(lT)} - 1)$ ;
- г)  $dE_s = I_{sl} * dl$ .

**14. На сколько зон можно разделить вращающаяся печь мокрого способа производства:**

- а) 3;
- б) 4;
- в) 5;

г) б.

**15. От каких параметров работы вращающейся печи зависит диаметр гранул клинкера:**

- а) от температуры отходящих газов и температуры клинкера выходящего из печи;
- б) от режима сжигания топлива, температуры вторичного воздуха;
- в) от влажности шлама, гранулометрического состава материала, выходящего из цепной завесы;
- г) от влажности шлама, гранулометрического состава материала выходящего из цепной завесы, температуры отходящих газов.

**16. Что не оказывает влияние на агломерацию клинкера.**

- а) способ укладки огнеупоров;
- б) диаметр вращающейся печи;
- в) вид сжигаемого топлива;
- г) свойства материала.

**17. Последствия колебания слоя материала в печи:**

- а) повышается сопротивление газовому потоку и увеличение расхода топлива;
- б) увеличивается проходное сечение и производительность печи;
- в) снижаются расход топлива и потери тепла через корпус;
- г) интенсифицируются процессы теплообмена.

**18. Какое свойство материала нельзя отнести к сырьевому шламу:**

- а) растекаемость;
- б) дисперсность;
- в) гидравлическая активность;
- г) эксергия.

**19. Что нельзя отнести к технологическим параметрам работы печи:**

- а) температура отходящих газов;
- б) остатки на ситах;
- в) расход топлива;
- г) температура клинкера.

**20. От каких факторов зависит скорость горения топлива:**

- а) от скорости разложения  $\text{CaCO}_3$ ;
- б) от скорости химического взаимодействия и смешения с топливом  $\text{O}_2$ ;
- в) от оперативности работы машиниста;
- г) от скорости газового потока.

**21. Укажите преимущества сухого способа производства цемента перед мокрым:**

- а) низкий расход топлива;
- б) простота схемы;
- в) более низкие выбросы в атмосферу;



г) высокое качество цемента, экономия электроэнергии.

#### 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена, используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

| Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине  | Критерий оценивания  |
|---|--|
| <b>Компетенция ПК-2.</b> Способен обеспечивать технологическое сопровождение процесса производства вяжущих материалов с позиции повышения его эффективности.<br><b>(ПК-2.5)</b> |  |
| Знания  | Знание терминов, определений, понятий теории тепломассообмена  |
|   | Знание основных закономерностей тепломассообменных процессов и физических явлений, происходящих во вращающихся печах   |
|   | Объем освоенного материала   |
|   | Полнота ответов на вопросы   |
|   | Четкость изложения и интерпретация знаний  |
| Умения  | Умение пользоваться приборами и оборудованием для обеспечения технологического процесса обжига клинкера  |
|   | Умение проводить вычисление параметров работы вращающихся печей  |
|   | Умение применять положения теории тепломассообмена для обеспечения рационального режима работы вращающихся печей и оптимизации протекающих при обжиге химико-технологических процессов |
| Навыки  | Владеть навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой  |
|   | Владение навыками приобретенных знаний при решении задач по оптимизации технологического процесса обжига клинкера  |
|   | Владение навыками обработки полученных результатов вычислений  |
|   | Владение навыками применения закономерностей протекания тепломассообменных процессов при обжиге клинкера для обеспечения рационального режима работы вращающихся печей                 |

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

**Компетенция ПК-2.** Способен обеспечивать технологическое сопровождение процесса производства вяжущих материалов с позиции повышения его эффективности.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

| Критерий  | Уровень освоения и оценка   |  |   |   |
|---|---|--|---|---|
|   | <u>2</u>  | <u>3</u>   | <u>4</u>  | <u>5</u>  |
| Знание терминов, определений, понятий               | Не знает термины, определения и понятия   | Имеет представление о природе основных физических явлений, причинах их возникновения и их взаимосвязи с внешними факторами воздействия при протекании технологического процесса обжига во вращающихся печах. | Хорошо представляет природу основных физических явлений, причины их возникновения и их взаимосвязь с внешними факторами воздействия при протекании технологического процесса обжига во вращающихся печах. | Разбирается в современных представлениях о природе основных физических явлений, причинах их возникновения и их взаимосвязи с внешними факторами воздействия при протекании технологического процесса обжига во вращающихся печах.                   |
| Знание основных закономерностей процессов и явлений | Не знает основные закономерности тепломассообменных процессов и физических явлений, происходящих во вращающихся печах | Имеет представление об основных тепломассообменных процессах и физических явлениях, происходящих во вращающихся печах  | Знает основные тепломассообменные процессы и физические явления, происходящие во вращающихся печах  | Знает все основные тепломассообменные процессы и физические явления, происходящие во вращающихся печах. Представляет связь рационального протекания тепломассообменных процессов во вращающихся печах с получением качественного готового продукта. |

|   |   |  |  |   |
|---|---|--|--|---|
| Объем освоенного материала                | Материал освоен не полностью              | Представляет связь протекающих во вращающихся печах теплообменных процессов с технологическими аспектами получения кондиционного продукта обжига. Знает основные физические величины и некоторые физические константы, знает определение, смысл и единицы измерения физических величин | Представляет связь протекающих во вращающихся печах теплообменных процессов с технологическими аспектами получения кондиционного продукта, способен повлиять на ход протекания технологического процесса посредством изменения параметров работы вращающихся печей. Хорошо знает основные физические величины и физические константы, знает их определение, смысл и единицы измерения. | Представляет связь протекающих во вращающихся печах теплообменных процессов с технологическими аспектами получения кондиционного продукта, знает факторы обеспечения оптимального протекания теплообменных процессов. Знает все основные физические величины и физические константы, уверенно дает их определение, поясняет смысл и называет единицы измерения. |
| Полнота ответов на вопросы                | Ответы на вопросы полные                  | Ответы на вопросы даны в достаточном объеме, но не раскрыта их сущность  | Ответы на вопросы даны в полном объеме, при дополнительных вопросах допущены неточности.   | Полно и развернуто отвечает на все основные и дополнительные вопросы.   |
| Четкость изложения и интерпретация знаний | Четкость изложения материала отсутствует. | Отсутствует структуризация изложенной информации, интерпретация основных положений теории теплообмена дается поверхностно.   | Изложенная информация имеет структуризацию, интерпретация основных положений теории теплообмена дается в полном объеме.  | Изложенная информация имеет четкую структуризацию, подчеркнуты основные направления оптимизации протекающих во вращающихся печах физико-химических процессов согласно положениям  |

|  |  |  |  |                                 |
|--|--|--|--|---------------------------------|
|  |  |  |  | теории<br>тепломассообмен<br>а. |
|--|--|--|--|---------------------------------|

### Оценка сформированности компетенций по показателю Умения

| Критерий  | Уровень освоения и оценка  |  |   |   |
|---|--|--|---|---|
|   | 2  | 3  | 4   | 5   |
| Умение пользоваться приборами и оборудованием для обеспечения технологического процесса обжига клинкера   | Не умеет пользоваться приборами и оборудованием для обеспечения технологического процесса обжига клинкера. | Работает на приборах и оборудовании для обеспечения технологического процесса обжига клинкера при значительной сторонней помощи.   | Самостоятельно работает на приборах и оборудовании для обеспечения технологического процесса обжига клинкера при незначительной сторонней помощи.   | Самостоятельно работает на приборах и оборудовании для обеспечения технологического процесса обжига клинкера.   |
| Умение проводить вычисление параметров работы вращающихся печей   | Не умеет проводить вычисление параметров работы вращающихся печей  | С трудом применяет общие методы вычислений технологических параметров работы вращающихся печей.  | Успешно применяет общие методы вычислений технологических параметров работы вращающихся печей.  | Уверенно применяет общие методы вычислений технологических параметров работы вращающихся печей. Дает рекомендации по оптимизации режима работы тепловых установок.  |
| Умение применять положения теории теплообмена для обеспечения рационального режима работы вращающихся печей и оптимизации протекающих при обжиге химико-технологических процессов | Не умеет применять законы для решения задач профессиональной деятельности                                  | Допускает неточности и ошибки при выборе способа реализации приемов энергосбережения с учетом особенностей производства, сырьевой базы, климатических условий и возможностей использования вторичных и техногенных ресурсов. | Может осуществить выбор способа реализации приемов энергосбережения с учетом особенностей производства, сырьевой базы, климатических условий и возможностей использования вторичных и техногенных ресурсов. | Грамотно осуществляет выбор способа реализации приемов энергосбережения с учетом особенностей производства, сырьевой базы, климатических условий и возможностей использования вторичных и техногенных ресурсов. |

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

| Критерий   | Уровень освоения и оценка   |  |  |  |
|--|---|--|--|--|
|  | 2   | 3  | 4  | 5  |
| Владеть навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой  | Не использует учебную и научную литературу для подготовки к занятиям.                       | Не достаточно владеет навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой.   | Достаточно владеет навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой.  | Владеет навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой;   |
| Владение методами решения задач по оптимизации технологического процесса обжига клинкера   | Не владеет методами решения задач по оптимизации технологического процесса обжига клинкера. | В основном полное вычисление параметров протекания тепломассообменных процессов при наличии ошибок, которые не оказывают существенного влияния на окончательный результат. | Вычисление параметров протекания тепломассообменных процессов при наличии несущественных ошибок при вычислениях и построении графиков, рисунков, не влияющих на общий результат решения. | Полное вычисление параметров протекания тепломассообменных процессов при отсутствии ошибок в вычислениях и построениях графиков и рисунков, грамотное и аккуратное выполнение всех заданий, наличия вывода.                                    |
| Владение навыками обработки полученных результатов вычислений  | Не владеет навыками обработки полученных результатов вычислений                             | С дополнительной помощью обрабатывает и интерпретирует результаты вычислений   | Сформированы навыки обработки и интерпретации результатов вычислений   | Сформированы устойчивые навыки обработки и интерпретации результатов вычислений  |
| Владение навыками применения закономерностей протекания тепломассообменных процессов при обжиге клинкера для обеспечения рационального режима работы вращающихся печей | Не владеет навыками применения закономерностей протекания тепломассообменных процессов.     | С дополнительной помощью может оценить взаимосвязь тепломассообменных процессов при обжиге клинкера с обеспечением рационального режима работы вращающихся печей           | Знает основные понятия и закономерности тепломассообменных процессов, методы, приемы и направления энерго- и ресурсосбережения в производстве вяжущих и композиционных материалов.       | Исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает основные понятия и закономерности тепломассообменных процессов, методы, приемы и направления энерго- и ресурсосбережения в производстве вяжущих и композиционных материалов. |

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

| №  | Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы   |
|----|---|---|
| 1. | Компьютерный класс кафедры ТЦКМ   | Программы для расчета состава сырьевых смесей, теплового баланса печных агрегатов, система автоматизированного проектирования NanoCAD   |
| 2. | Учебная аудитория   | Презентационная техника, комплект электронных презентаций: клинкерные холодильники, горелочные устройства, вращающиеся печи и др.<br>Макеты цепных завес, основного и вспомогательного оборудования |
| 3  | Зал электронных ресурсов  | Специализированная мебель, компьютерная техника подключенная к сети «Интернет» и имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду.  |
| 4. | Читальный зал учебной литературы  | Специализированная мебель, компьютерная техника подключенная к сети «Интернет» и имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду.  |

### 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

| №  | Перечень лицензионного программного обеспечения.          | Реквизиты подтверждающего документа   |
|----|---|---|
| 1. | Microsoft Windows 10 Корпоративная                        | Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017   |
| 2. | Microsoft Office Professional Plus 2016                   | Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023  |
| 3. | Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition» | Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020<br>Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г. |
| 4. | Google Chrome   | Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения   |
| 5. | Mozilla Firefox   | Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения   |

### 6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Классен В.К. Технология и оптимизация производство цемента (учебное пособие). – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. – 308 с.
2. 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.
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. Примеры и задачи по тепломассообмену : учеб. пособие для студентов вузов / В. С. Логинов [и др.]. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2011. - 256 с.
5. Дешко, Ю.И. Наладка и теплотехнические испытания вращающихся печей на цементных заводах / Ю.И. Дешко, М.Б. Креймер. М.: Стройиздат, 1966. - 242 с.
6. Мазуров Д.Я. Теплотехническое оборудование заводов вяжущих материалов: учебник для техникумов. – 2-е изд., перераб. и доп. / Д.Я. Мазуров. – М.: Стройиздат, 1982. – 288 с.
7. Исаев С.И., Кожинов И.А., Кофанов В.И и др. Теория тепломассообмена: учебник для технических университетов и вузов. – 2-е изд., испр. и доп. / С.И. Исаев, И.А. Кожинов, В.И. Кофанов и др.; Под ред. А.И. Леонтьева. – М.: Изд-во МГТУ им Н.Э. Баумана, 1997. – 683 с.
8. Вращающиеся печи: теплотехника, управление и экология : справ. в 2 кн. / В. Г. Лисиенко, Я. М. Щелоков, М. Г. Ладыгичев. - М. : Теплотехник. - 2004. - 687 с.
9. Современные горелочные устройства (конструкции и технические характеристики) : справ. / А. А. Винтовкин. - М. : Машиностроение-1, 2001. - 487 с.
10. 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.
11. Лисиенко, В. Г. Топливо. Рациональное сжигание, управление и технологическое использование : справочник : в 3 кн. / В. Г. Лисиенко, Я. М. Щелоков, М. Г. Ладыгичев ; ред. В. Г. Лисиенко. - М. : Теплотехник, 2003 – 604 с.
12. Теплотехника : учебник / ред. В. Н. Луканин. - 4-е изд., испр. - М. : Высш. шк., 2003. - 671 с.
13. Брюханов, О. Н. Тепломассообмен : учеб. пособие / О. Н. Брюханов, С. Н. Шевченко. - М. : Изд-во АСВ, 2005. - 460 с
14. Лисиенко, В.Г. Совершенствование и повышение эффективности энерготехнологий и производств (интегрированный энерго-экологический анализ: теория и практика): в 2-х т. : монография / В. Г. Лисиенко. - М. : Теплотехник, 2008 - ., Т. 1. - 2008. - 684 с.
15. Теплопередача / ред. В. С. Чередниченко. - Новосибирск : НГТУ, 2004. - 1981.
16. 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.

диск.

17. Ерофеев, В. Л. Теплотехника: учеб. / В. Л. Ерофеев, П. Д. Семенов, А. С. Пряхин. - М.: Академкнига, 2006. - 488 с.

18. 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.

19. Прибытков, И. А. Теоретические основы теплотехники : учеб. / И. А. Прибытков, И. А. Левицкий. - М. : АСАДЕМА, 2004. - 463 с.

20. Шарапов, Р. Р. Специальное оборудование заводов по производству цемента: учеб. пособие / Р. Р. Шарапов. - Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2006. - 143 с.

#### **6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем**

1 Сборник нормативных документов «СтройКонсультант» [www.snip.ru](http://www.snip.ru) - Доступ осуществляется в зале электронных ресурсов НТБ (к. 302).

2 Электронный читальный зал <https://elib.bstu.ru/>

Содержит полные тексты учебных и учебно-методических пособий, монографий, авторами которых являются преподаватели университета; учебных и учебно-методических изданий, приобретенных во внешних издательствах и книготорговых организациях; редких и ценных изданий из фонда научно-технической библиотеки. Доступ к электронному читальному залу осуществляется с компьютеров локальной сети университета и сети Интернет

3 Научная электронная библиотека eLIBRARY

Крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 19 млн научных статей и публикаций. На платформе eLIBRARY.RU доступны электронные версии более 3900 российских научно-технических журналов, в том числе более 2800 журналов в открытом доступе. В настоящее время открыт доступ к 79 российским научно-техническим журналам. Доступ к ресурсу осуществляется с компьютеров локальной сети университета и в зале электронных ресурсов (к. 302).