

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

СОГЛАСОВАНО
Директор института ИМ

И.В. Ярмоленко
« 17 » мая 2022 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор института ХТИ

Р.Н. Ястребинский
« 17 » мая 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)

Тепловые и аэродинамические процессы в промышленных агрегатах

Направление подготовки (специальность):
18.04.01 Химическая технология

Направленность программы (профиль, специализация):
Химическая технология силикатных материалов

Квалификация
магистр

Форма обучения
очная

Институт Химико-технологический институт

Кафедра Технология цемента и композиционных материалов

Белгород 2022

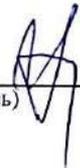
Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 7 августа 2020 г. № 910
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2022 году.

Составитель: к.т.н., доцент  (В.М. Коновалов)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

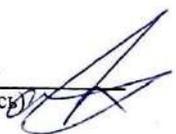
Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 14 » мая 2022 г., протокол № 19

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, доцент  (И.Н. Борисов)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 15 » мая 2022 г., протокол № 9

Председатель: канд. техн. наук, доцент  (Л.А. Порожнюк)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Технологические процессы и промышленные системы получения веществ, материалов и изделий; средства автоматизации и управления технологическими процессами	ПК-3. Способен свайвать и контролировать новые способы производства, осуществлять выбор новых материалов, производить оптимизацию расхода основных, вспомогательных и расходных материалов.	ПК-3.1. Изучает опыт развития цементной индустрии в направлении повышения эффективности технологических процессов и внедрения новой техники и информационных технологий	Знает основные направления повышения эффективности технологических процессов и внедрения новой техники и информационных технологий. Умеет ориентироваться в тенденциях развития цементной индустрии и эффективности технологических процессов. Владеет навыками внедрения новой техники и информационных технологий.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Компетенция ПК -3. Способен свайвать и контролировать новые способы производства, осуществлять выбор новых материалов, производить оптимизацию расхода основных, вспомогательных и расходных материалов.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами .

№	Наименование дисциплины
1	Цементы специального назначения
2	Использование цементов в строительстве
3	Производственная научно-исследовательская работа
4	Тепловые и аэродинамические процессы в промышл. агрегатах
5	Современные методы управления технологическим процессом производства цемента
6	Аудит технологического процесса производства цемента и других вяжущих материалов
7	Гидратация вяжущих и свойства гидратных фаз

8	Управление технологическим процессом производства цемента
9	Производственная преддипломная практика

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. единиц 144 часов. Форма промежуточной аттестации – зачет

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 2
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	144
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	71	71
лекции	34	34
лабораторные		
практические	34	34
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	3	3
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	73	73
Курсовой проект		
Курсовая работа		
Расчетно-графическое задание		
Индивидуальное домашнее задание		
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	73	73
Экзамен		

4.СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4.1 Наименование тем, их содержание и объем
Курс 1 Семестр 1

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час		
		Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
1. Техническая термодинамика				
	Термодинамическая система, параметры, процесс. Энергия, работа и теплота, их эквивалентность. Функции состояния. Внутренняя энергия системы энтальпия. Математическое выражение начал термодинамики.	4	10	14
	Термодинамические процессы идеальных газов. Политропный процесс.			
	Истечение газов и жидкости. Уравнение Бернулли.			
2.				
	Тепловые балансы. Сущность высокотемпературного синтеза. Оборудование заводов по производству вяжущих материалов.	6	10	15
	Функции работоспособности. Эксергия. Эксергетический анализ химико-технологических систем. Эффективность сжигания топлива, влияние рекуперативных систем на эффективность теплопередачи в факельном пространстве.			
	Основные виды тепломассообмена в тепловых агрегатах. Закон Фурье и Ньютона-Рихмана. Конвективный теплообмен и теплообмен излучением.			
3.				
	Элементы газо- и гидродинамики. Уравнение Навье – Стокса. Движение жидкости и газов.	4	8	13
	Гидродинамическое подобие. Предельная скорость движения газа. Число Маха.			
	Аэродинамические сопротивления каналов, взвешенный слой, пневмотранспортирование			
4.				
	Элементы химической термодинамики. Термохимия клинкера. Методы расчета Теплового эффекта клинкерообразования.	3	6	11
	Теплоемкость неорганических соединений. Энтальпия процесса. Уравнение Кирхгофа. Методы расчета энергии Гипса.			
	ВСЕГО	17	34	53

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Кол-во часов с.р.с
1	Техническая термодинамика	Газовые смеси	2	4
		Основные газовые процессы. Теплоемкость, теплота, работа процесса.	4	6
		Циклические процессы. Энтропия.	2	4
2	Теплотехника	Эксергетический анализ тепловых агрегатов	4	4
		Теплообменные процессы в тепловых агрегатах.	4	5
		Основные виды тепломассообмена, теплопроводность, конвективный теплообмен, излучение.	6	10
3	Газодинамика	Истечение газов и жидкостей из сопел.	2	4
		Гидродинамическое подобие	2	2
		Основы расчета газовых потоков.	2	4
4	Физическая химия вяжущих материалов	Теплоемкость, ее зависимость от температуры	2	2
		Тепловой эффект реакции, энтальпия и энтропия процесса	2	4
		Термохимия клинкера, энтропийный и эксергетический анализ химико-технологических процессов.	2	4
ИТОГО:			34	53

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1 Компетенция ПК-3. Способен разрабатывать, управлять качеством производимой продукции с использованием новых достижений в цементной промышленности с применением цифровых инструментов

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-3.1. Изучает зарубежный опыт развития цементной индустрии в направлении повышения эффективности технологических процессов и внедрения новой техники и информационных технологий	Экзамен, защита практических работ, тестовый контроль

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов для экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Термодинамика.	<p>Понятие о термодинамических процессах. Энергия, работа и теплота.</p> <p>Параметры состояния системы (объём, давление, температура и т.д.)</p> <p>Уравнение состояния газов (Менделеева-Клайперона)</p> <p>Законы Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Шарля</p> <p>Газовая постоянная (физический смысл)</p> <p>Закон состояния идеальных и реальных газов</p> <p>Теплоёмкость: истинная, средняя. Расчет истинной теплоёмкости</p> <p>Теплоёмкость: массовая, объёмная, мольная при постоянных объёме, давлении, линейная и нелинейная теплоемкость</p> <p>Парциальное давление и объём смеси газов, закон Дальтона</p> <p>Кажущаяся молекулярная масса</p> <p>Первый закон термодинамики</p> <p>Нулевой закон термодинамики</p> <p>Аналитическое выражение I закона термодинамики</p> <p>Энтальпия и внутренняя энергия системы</p> <p>Политропный процесс, в P-V и T-S диаграммах</p> <p>Прямой цикл Карно в координатах P-V и T-S</p> <p>II закон термодинамики (определение, аналитическое выражение)</p> <p>Энтропия (общие понятия, физический смысл) и Вероятность</p>
2	Теплотехника	<p>Критерий оптимизации тепло-технологических процессов</p> <p>Тепловые процессы в печных агрегатах</p> <p>Виды теплообмена, теплообмен теплопроводностью, закон Фурье.</p> <p>Теплопроводность в плоской и цилиндрической стенки</p> <p>Конвективный теплообмен. Закон Ньютона - Рихмана, понятие о тепловом и гидродинамическом слое. Теплопередача от плоской и цилиндрической стенки.</p> <p>Теплообмен излучением. Закон Планка. Связь длины волны и температуры. Закон Вина и Стефана-Больцмана.</p> <p>Излучение абсолютно черного тела, закон Кирхгофа, Изменение интенсивности излучения в поглощающей среде, закон Бугера-Ламберта-Бера.</p> <p>Тепловой эффект образования клинкера (ТЭК), расчет</p>

		различными методами. Эксергия (определение, физический смысл) Виды эксергии Эксергетический баланс, эксергетический КПД Влияние работы клинкерных холодильников на условия теплообмена в печи. Сущность коэффициента теплотеря. Значение экономии тепла в горячей части печи
3	Аэродинамика	Термодинамика потоков, 1 закон термодинамики для потока. Истечение газов из сопла (сужающегося, расширяющегося) Определение критических значений истечения газов. Уравнение Бернули. Уравнение Дарси-Вейсбаха. Аэродинамическое сопротивление каналов, прямолинейных, местны сопротивления. Взвешенный слой и условия пнеамонтранспортирования. критерий Федорова. Методика определения расходов газа.
4	Физическая химия вяжущих материалов	Термодинамические законы для конденсированных систем Энтропийный анализ химико технологических процессов Энтальпия процесса, самопроизвольность протекания реакции, тепловой эффект реакции. Теплоемкость нелинейная, функция температуры. Термохимия образования клинкера (ТЭК) Способы расчета ТЭК, закон Гесса Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Закон Кирхгофа.

Типовой вариант экзаменационного билета

БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. В.Г. ШУХОВА

Кафедра: ТЦ и КМ

Дисциплина: Аэродинамические и тепловые процессы в промышленных агрегатах

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Вязкость жидкости и газов, понятие единицы измерения. Динамическая и кинематическая вязкость

2. Идеальные и реальные газы. уравнение состояния газа, газовая постоянная.
3. Закон Фурье, плотность теплового потока, его зависимость от температурного напора.

Одобрено на заседании кафедры «___»_____2022__г. протокол №_____.
 Зав. кафедрой _____/И.Н.Борисов

5.22 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
Знания	Знание терминов, определений, понятий в области Теплотехники и аэродинамики
	Знание основ технологии производства различных вязущих материалов и оборудования для их получения.
	Знание рациональных областей использования основных закономерностей Аэродинамики и тепловых процессов
	Знание основных законов аэродинамики и теплообменных процессов.
Умения	Уметь обосновывать выбор методов расчета для конкретных условий теплообменных процессов
	Уметь устанавливать требования к работе выбранного агрегата
	Уметь правильно выбирать алгоритм решения поставленной задачи
	Уметь анализировать результаты исследований, проводить оценку эффективности работы ХТСС
Навыки	Владеть навыками использования математического аппарата для расчетов основных параметров работы агрегата
	Владеть навыками оценки эффективности тепломассобменных процессов
	Владеть навыками самостоятельной обработки информации и экспериментальных данных исследований

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

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5

Знание терминов, определений, понятий в области тепловых и аэродинамических процессов	Не знает терминов и определений области .	Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок. Не полностью владеет теоретическим материалом	Знает термины и определения. Ответил на теоретические вопросы с небольшими неточностями	Знает термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно. Правильно отвечает на дополнительные вопросы.
Знание основных закономерностей тепломассобменных процессов в тепловых агрегатах.	Не знает основы производства вяжущих материалов, тенденции современного развития отрасли.	Знает технологию производства различных видов строительных материалов, при этом он может не знать деталей, допускает недостаточно правильные формулировки и существенные погрешности	Знает технологию производства различных видов строительных материалов, представляет основное Технологическое оборудование и этапы технологии. При ответе на вопрос обучающийся допускает несущественные неточности.	Знает технологию производства различных видов строительных материалов. Хорошо представляет основное технологическое оборудование, знает и умеет объяснить процессы, происходящие при производстве материалов. Использует в ответе дополнительный материал, без труда отвечает на дополнительные вопросы.
Знание рациональных областей использования строительных материалов. назначением. Основные закономерности определения эффективности работы оборудования. Современные методы расчетов с применением цифровых инструментов.	Не знает значительной части материала дисциплины.	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Знание основных законов аэродинамики и теплообменных процессов.	Не Знает основных законов аэродинамики и теплообменных процессов.	Знает основные законы аэродинамики и теплообменных процессов. При ответе на вопрос	Знает основные законы аэродинамики и теплообменных процессов, но допускает	Знает основные законы аэродинамики и теплообменных процессов. Использует в

		обучающийся допускает ошибки, неточные формулировки	несущественные погрешности в ответе на вопрос	ответе дополнительный материал, без труда отвечает на дополнительные вопросы.
--	--	---	---	---

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Уметь обосновывать выбор методов расчета для конкретных условий теплообменных процессов	Не умеет обосновывать выбор методов расчета для конкретных условий теплообменных процессов	Умеет обосновывать выбор методов расчета для конкретных условий теплообменных процессов. Не полностью владеет теоретическим материалом	Уметь обосновывать выбор методов расчета для конкретных условий теплообменных процессов, но допускает несущественные неточности в ответе на вопрос.	Умеет обосновывать выбор методов расчета для конкретных условий теплообменных процессов. Правильно отвечает на дополнительные вопросы.
Уметь устанавливать требования к работе выбранного агрегата	Не умеет устанавливать требования к работе выбранного агрегата	Уметь устанавливать требования к работе выбранного агрегата	Знает технологию производства различных видов вяжущих материалов, представляет основное технологическое оборудование и этапы технологии. При ответе на вопрос обучающийся допускает несущественные неточности.	Знает технологию производства различных видов вяжущих материалов. Хорошо представляет основное технологическое оборудование, знает и умеет объяснить процессы, происходящие при производстве материалов. Использует в ответе дополнительный материал, без труда отвечает на дополнительные вопросы.
Уметь правильно выбирать алгоритм решения поставленной задачи	Не умеет правильно выбирать алгоритм решения поставленной задачи	Умеет правильно выбирать алгоритм решения поставленной задачи. При ответе на вопрос обучающийся	Умеет правильно выбирать алгоритм решения поставленной задачи, но допускает несуществен-	Умеет правильно выбирать алгоритм решения поставленной задачи. Последовательно, исчерпывающе и четко обосновывает

		допускает ошибки, неточные формулировки	ные погрешности в ответе на вопро	принятые решения, свободно увязывает теорию с практикой, не затрудняется с ответом при видоизменении задани
--	--	---	-----------------------------------	---

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владеет навыками использования математического аппарата для расчетов основных параметров работы агрегата	Не умеет владеть навыками использования математического аппарата для расчетов основных параметров работы агрегата	Владеет навыками использования математического аппарата для расчетов основных параметров работы агрегата, но без деталей, допуская неточности	Владеет навыками использования математического аппарата для расчетов основных параметров работы агрегата, но допускает несущественные неточности в ответе на вопрос.	Владеет навыками использования математического аппарата для расчетов основных параметров работы агрегата. Правильно отвечает на дополнительные вопросы.
Владеет навыками оценки эффективности тепломассобменных процессов	Не Владеет навыками оценки эффективности тепломассобменных процессов	Владеет навыками оценки эффективности тепломассобменных процессов агрегата	Владеет навыками оценки эффективности тепломассобменных процессов оборудование и этапы технологии. При ответе на вопрос обучающийся допускает несущественные неточности.	Владеет навыками оценки эффективности тепломассобменных процессов, знает и умеет объяснить процессы, происходящие при производстве материалов. Использует в ответе дополнительный материал, без труда отвечает на дополнительные вопросы.
Владеет навыками самостоятельной обработки информации и экспериментальных данных исследований	Не Владеет навыками самостоятельной обработки информации и экспериментальных данных исследований	Владеет навыками самостоятельной обработки информации и экспериментальных данных исследований. При	Владеет навыками самостоятельной обработки информации и экспериментальных данных исследований, но	Владеет навыками самостоятельной обработки информации и экспериментальных данных исследований. Последовательно, исчерпывающе и

		ответе на вопрос обучающийся допускает ошибки, неточные формулировки	допускает несущественные погрешности в ответе на вопро	четко обосновывает принятые решения, свободно увязывает теорию с практикой, не затрудняется с ответом при видоизменении задани
--	--	--	--	--

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
	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду
	Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, самостоятельной работы (аудитории: УК2 103, 212)	Лекционные занятия – аудитории, оснащённые доской, специализированной мебелью, мультимедийным комплексом с предустановленным лицензионным программным обеспечением: Microsoft Office 2013 (№31401445414), Microsoft Windows 7 (№63-14к), Kaspersky Endpoint Security 10 (№17E0170707130320867250).
	Учебные аудитории для самостоятельной работы (аудитория УК2 – 119а, 212)	Самостоятельная работа студентов обеспечивается научной, учебной, учебно-методической литературой в библиотеке кафедры ТЦКМ УК2 -119а, научно-технической библиотеке БГТУ им. В.Г. Шухова, с предоставлением рабочих мест, оборудованных специализированной мебелью, персональными компьютерами, подключенными к сети Интернет и имеющих доступ к электронной информационно образовательной среде университета. В аудитории УК2 212, оснащённой персональными компьютерами с предустановленным лицензионным программным обеспечением: Microsoft Office 2013 (№31401445414), Microsoft Windows 7 (№63-14к), Kaspersky

	Endpoint Security 10 (№17E0170707130320867250) и специализированным программным обеспечением: Difwin – программа для обработки результатов рентгенофазового анализа; Seavch-Match – программа для расшифровки рентгенофазового анализа; ToniCal Trio – программа для обработки результатов калориметрическ
--	---

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Пакет офисных программ Microsoft Office 2013	Лицензия: 31401445414 от 25.09.2014
	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
	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Коновалов В.М., Мишин Д.А., Термодинамика в технологии цемента/ уч. Пособие, -Белгород 2020 г.
2. Баскаков А.П., Теплотехника - учеб. для студентов вузов / А. П. Баскаков [и др.] ; ред. А. П. Баскаков. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Издательский Дом "БАСТЕТ", 2010. -ISBN 978-5-903178-19-3
3. Мазуров Д.Я., Теплотехническое оборудование заводов вяжущих веществ/-М.: Стройиздат, 1982 г.
4. Нащекин В.В., Техническая **термодинамика** и теплопередача : учеб. пособие для неэнергет. специальностей вузов / В. В. Нащекин, А. В. Вавилов. - 4-е изд., стер. - М. : Аз-book, 2009. - ISBN 978-5-904034-01-6
5. Коновалов В. М., Поляков Г. П., Перескок С. А., Термодинамика

высокотемпературного обжига силикатных систем. Методические указания к выполнению лабораторных работ, Белгород 2009г.

6.Классен В.К., Технология и оптимизация производства цемента. – Белогород.- 2012.

7.Вердиян М.Э., БобровД.А. и др., Эксергетический анализ процессов химической технологии. – М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева.-2004.

8. Крутов В.И. Техническая термодинамика. - М.: Высшая школа. - 1991.

9. Костерев Ф.М., Кушнырев В.И. Теоретические основы теплотехники. -

10. Дуда В. Цемент. - М.: Стройиздат. - 1981.

11. Классен В.К. Обжиг цементного клинкера. - Красноярский отдел: Стройиздат. - 1994.

12. Теплотехника и тепловые установки предприятий строительных материалов. Лабораторный практикум /Н.П. Кудеярова,Л.Б.Афанасьева, Г.П.Поляков,С.А Перескок. А.В. Черкасов / - 2007г.

13. Подпоринов Б. Ф., Должикова Т. А., Попов Е. В. Техническая термодинамика. Методические указания для заочной формы обучения. БГТУ им. В. Г. Шухова 2003г.

14. Карякин Н.В., Основы химической термодинамики : учеб. пособие / Н. В. Карякин. - М. : Академия, 2003. - (Высшее профессиональное образование).

15. Чечеткин А.В., Занемонец Н.А. Теплотехника. - М.: Высшая школа. – 1986 г..

16. Кузнецова Т.В., Кудрявцев И.В., Тимашев В.В. Физическая химия вяжущих материалов. - М.: Высшая школа. - 1989.г.

17.Р ябин В.А., Остроумов М.А., Свит Т.Ф. Термодинамические свойства веществ/справочник. - Ленинградское отд.: Химия. - 1977.

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

1	Электронно-библиотечная система «Лань»	http://e.lanbook.com
2	Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
3	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	http://elibrary.ru/
4	Электронный читальный зал БГТУ	https://elib.bstu.ru
5	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека ONLAINE»	https://www.biblioclub.ru