

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)**

**Институт архитектуры, строительства и энергетики**

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института  
«*AS*» \_\_\_\_\_ С.Н. Авдеев  
«*Авдеев*» \_\_\_\_\_ 2022 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«СПЕЦИАЛЬНЫЙ КУРС ПО ОСНОВАМ ТЕОРИИ ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА»**

**Направление подготовки:**  
08.03.01 «Строительство»

**Направленность (профиль) подготовки:**  
«Теплогазоснабжение и вентиляция»

г. Владимир

2022

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

*Целью освоения дисциплины* «Специальный курс по основам теории горения и взрыва» является: системное изложение положений, составляющих физическую основу процессов горения, управления горением, эффективностью горения.

### *Задачи:*

- сформировать общее представление о постановке и методах решения задач горения топлива, управления им, обеспечение эффективности;
- научить студента умению использовать теоретические положения и методы расчета в процессе проектирования систем генерации тепла.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.09.02 «Специальный курс по основам теории горения и взрыва» относится к вариативной части, формируемой участниками образовательных отношений.

Пререквизиты дисциплины: «Математика», «Физика», «Химия», «Механика жидкости и газа», «Инженерные сети».

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП:

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ПК-1. Способность выполнять работы по разработке технических решений элементов и узлов котельных, тепловых пунктов и тепловых сетей	<p>ПК-1.1. <b>Знает</b> правила выполнения и оформления проектной документации в соответствии с требованиями нормативных документов на проектную документацию, правила и стандарты системы контроля (менеджмента) качества проектной организации, специальные компьютерные программы, необходимые для разработки проектной и рабочей документации по технологическим решениям.</p> <p>ПК-1.2. <b>Умеет</b> оформлять проектную документацию в соответствии с требованиями нормативных документов на проектную документацию, работать с персональным компьютером, множительной техникой, сканерами и факсами, работать с текстовыми редакторами, графическими программами, выполнять чертежи без использования компьютера.</p> <p>ПК-1.3. <b>Владеет</b> компоновкой и разбивкой чертежей для выполнения отдельных узлов и элементов технологического оборудования, выбором масштаба для выполнения отдельных узлов и элементов технологического оборудования, вычерчиванием элементов, узлов и деталей, привязкой типовых решений отдельных элементов, узлов и деталей. сверкой копий проектных документов с их оригиналами, составлением экспликаций и спецификаций по разработанным чертежам, внесении изменений в разработанную документацию, сдачей проектной документации в архив.</p>	<p><b>Знает</b> основные понятия, законы и процессы строительной теплофизики в части задач теплоснабжения.</p> <p><b>Умеет</b> пользоваться методами решения теплофизических задач по расчету тепловых сетей.</p> <p><b>Владеет</b> навыками моделирования прикладных задач строительной теплофизики в части задач теплоснабжения.</p>	Рейтинг-контроли Тесты Зачет с оценкой

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часа.

##### Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Газообразное топливо	5	1-2	4		2		6	
2	Реакции горения	5	3-4	4		2	2	6	
3	Материальный баланс реакций горения	5	5-6	4		2		6	Рейтинг-контроль
4	Характеристики горения	5	7-8	4		2	2	6	
5	Процессы горения	5	9-10	4		2		6	
6	Устойчивость горения	5	11-12	4		2	2	6	Рейтинг-контроль
7	Газовые горелки	5	13-14	4		2	2	6	
8	Охрана атмосферы при сжигании топлива	5	15-16	4		2	2	6	
9	Расчеты по эффективности использования топлива	5	17-18	4		2	2	6	Рейтинг-контроль.
<b>Всего за 5 семестр</b>		<b>108</b>		<b>36</b>		<b>18</b>	<b>12</b>	<b>54</b>	<b>Зачет с оценкой</b>
Наличие в дисциплине КП/КР									
<b>Итого по дисциплине</b>		<b>108</b>		<b>36</b>		<b>18</b>	<b>12</b>	<b>54</b>	<b>Зачет с оценкой</b>

##### Тематический план форма обучения – очно-заочная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Газообразное топливо	3	1-2	2	2			8	
2	Реакции горения	3	3-4	2	2		2	8	
3	Материальный баланс реакций горения	3	5-6	2	2			8	Рейтинг-контроль
4	Характеристики горения	3	7-8	2	2		2	8	
5	Процессы горения	3	9-10	2	2			8	
6	Устойчивость горения	3	11-12	1	1		2	8	Рейтинг-контроль
7	Газовые горелки	3	13-14	1	1		2	8	
8	Охрана атмосферы при сжигании топлива	3	15-16	1	1		2	8	

9	Расчеты по эффективности использования топлива	3	17-18	1	1		2	16	Рейтинг-контроль.
<b>Всего за 3 семестр</b>		<b>144</b>		<b>14</b>	<b>14</b>		<b>12</b>	<b>116</b>	<b>Зачет с оценкой</b>
Наличие в дисциплине КП/КР									
<b>Итого по дисциплине</b>		<b>144</b>		<b>14</b>	<b>14</b>		<b>12</b>	<b>116</b>	<b>Зачет с оценкой</b>

### Содержание лекционных занятий по дисциплине

**Тема 1.** Газообразное топливо.

Состав горючих газов. Классификация горючих газов.

**Тема 2.** Реакции горения.

Стехиометрические уравнения. Кинетика реакции горения. Цепной механизм процесса горения  
Тепловой эффект реакций горения.

**Тема 3.** Материальный баланс реакций горения.

Теоретический объем воздуха для горения. Коэффициент избытка воздуха. Объем продуктов сгорания

**Тема 4.** Характеристики горения.

Температура горения. Жаропроизводительность. Калориметрическая температура. Теоретическая температура. Действительная температура горения. Температуры воспламенения и самовоспламенения. Пределы воспламенения. Расчеты пределов воспламенения газообразных топлив

**Тема 5.** Процессы горения.

Горение в неподвижной среде. Основные понятия. Нормальная скорость распространения пламени. Детонационное горение. Горение в ламинарном потоке. Горение в турбулентном потоке

**Тема 6.** Устойчивость горения.

Основные понятия. Явление отрыва пламени. Явление проскока пламени. Результаты экспериментальных исследований. Принципы стабилизации пламени.

**Тема 7.** Газовые горелки.

Принципы эффективного и безопасного сжигания газов. Конструкции горелок. Основные требования к газогорелочным устройствам и их технические характеристики. Классификация газовых горелок. Горелки бытовых газовых плит. Горелки отопительных и промышленных устройств.

**Тема 8.** Охрана атмосферы при сжигании топлива.

Продукты неполного сгорания. Канцерогенные вещества. Оксиды азота. Термические оксиды азота. Топливные оксиды азота. Фронтальные оксиды азота. Подавление образования вредных веществ. Снижение выбросов вредных веществ при сжигании газа в бытовых газовых плитах. Образование и подавление вредных выбросов при сжигании газа в котлах и промышленных печах.

**Тема 9.** Расчеты по эффективности использования топлива.

Максимальное содержание трехатомных газов. Продукты полного сгорания. Продукты неполного сгорания. Коэффициент избытка воздуха. Продукты полного сгорания. Продукты неполного сгорания. Коэффициент разбавления сухих продуктов сгорания. Связь между коэффициентом избытка воздуха и коэффициентом разбавления продуктов сгорания. Влажные продукты сгорания. Эффективность использования топлива. Методы составления теплового баланса. Обратный тепловой баланс при сжигании топлива. Коэффициент эффективности сжигания топлива.

### Содержание практических занятий по дисциплине

№ п/п	№ раздела	Наименование раздела, темы	Кол-во часов
1	1	Размерности, переводные коэффициенты, задачи	2
2	2	Теплота сгорания смеси газа	2
3	3	Необходимое количества воздуха для горения	2
4	4	Продукты сгорания	2

5	5	Нижний и верхний пределы воспламенения. Коэффициент избытка воздуха	2
6	6	Давление взрыва	2
7	7	Скорость распространения пламени	2
8	8	КИВ и КРСПС	2
9	9	Потеря теплоты с отходящими газами. Потери с отходящими газами. Учёт химического недожога	2

## **5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### **5.1. Текущий контроль успеваемости**

Оценивающими средствами для текущего контроля успеваемости являются рейтинг-контроли.

#### *Рейтинг-контроль № 1*

1. Назовите основные горючие компоненты газообразного топлива.
2. Какие балластные и вредные примеси входят в состав природных газов?
3. По каким основным признакам классифицируются горючие газы, используемые в системах газораспределения и газопотребления населенных пунктов?
4. Назовите виды природных газов.
5. Как изменяется состав природного газа в зависимости от вида месторождения?
6. Какие искусственные газы используются в коммунально-бытовом секторе?
7. Что такое горение газа?
8. Какими признаками характеризуются реакции горения газа?
9. Приведите примеры стехиометрических реакций горения.
10. Как протекают цепные реакции горения?
11. От чего зависит скорость реакции горения газа?
12. Что такое высшая и низшая теплота сгорания газа?
13. Как изменяется значение теплоты сгорания газа в зависимости от физических условий?
14. По какому принципу составляется материальный баланс реакций горения?
15. Как определить теоретически необходимый и действительный объемы сухого воздуха для горения? Влажного воздуха?
16. Почему в зону горения окислитель подается с избытком?
17. От чего зависит коэффициент избытка воздуха?
18. Какие компоненты входят в состав продуктов сгорания газа? Как определить их количество?
19. В каком диапазоне изменяется значение коэффициента избытка воздуха при сжигании природного газа в промышленных тепловых установках?
20. Приведите определения жаропроизводительности, калориметрической температуры, теоретической температуры и действительной температуры горения.
21. Какой метод расчета применяется при вычислении жаропроизводительности?
22. Назовите средние значения температур горения природного газа.
23. От каких факторов зависит действительная температура горения?
24. С помощью какого коэффициента учитываются реальные условия сжигания газа в тепловых установках?
25. Дайте определение температуры самовоспламенения?
26. Чем отличается зажигание топлива в технических устройствах от лабораторного самовоспламенения газа?
27. Что такое концентрационные пределы воспламенения (взрываемости) горючих газов?
28. Опишите поведение гомогенной газозооной смеси с различным содержанием горючего газа при зажигании смеси высокотемпературным источником.
29. Как определить концентрационные пределы воспламенения многокомпонентных газовых смесей?

30. Назовите пределы воспламенения природного и сжиженного газа.
31. От каких параметров зависит давление, развиваемое при взрыве газозвушной смеси?
32. Что понимают под фронтом пламени?

### *Рейтинг-контроль № 2*

1. Какую скорость называют равномерной скоростью распространения пламени и от чего она зависит?
2. Какие размеры огневых отверстий называют критическими?
3. Что такое нормальная скорость распространения пламени?
4. Какими методами можно определить нормальную скорость распространения пламени?
5. Как вычисляется нормальная скорость распространения пламени для многокомпонентной смеси горючих газов и для забалластированных газов?
6. Какое горение называется детонационным?
7. Опишите метод определения нормальной скорости распространения пламени в ламинарном потоке газозвушной смеси с помощью горелки Бунзена.
8. Какими особенностями характеризуется вид пламени при сжигании газа в турбулентном потоке?
9. Как зависит относительная турбулентная скорость распространения пламени от степени турбулентности?
10. Какое уравнение связывает турбулентную и нормальную скорость распространения пламени?
11. Почему при турбулентном сжигании газов необходимы устройства, обеспечивающие стабилизацию процесса горения?
12. Какие условия необходимы для создания устойчивой зоны горения?
13. Какие явления называют отрывом и проскоком (обратным ударом) пламени?
14. От каких факторов зависит диаметр огневых отверстий газогорелочных устройств?
15. Как влияет диаметр огневых отверстий на скорость отрыва пламени?
16. Как изменяется скорость отрыва пламени при увеличении коэффициента избытка воздуха?
17. Назовите возможные последствия проскока пламени внутрь смесителя газовой горелки.
18. Как изменяется область устойчивого горения при увеличении содержания первичного воздуха в газозвушной смеси?
19. Какие способы стабилизации пламени применяются в современных газоиспользующих установках?
20. Назовите основные типы стабилизаторов горения.
21. Почему наличие кольцевого стабилизатора приводит к повышению устойчивости горения?
22. Назовите преимущества стабилизирующих туннелей из огнеупорных материалов.
23. Какой принцип стабилизации реализуется при использовании стабилизаторов плохо обтекаемой формы?
24. В чем отличие диффузионного и кинетического принципов сжигания газов?
25. Каково значение коэффициента избытка первичного воздуха при диффузионном, кинетическом и смешанном сжигании газов?
26. Каковы достоинства и недостатки диффузионного сжигания газов?
27. Назовите особенности кинетического способа сжигания газов.
28. В каких устройствах применяется пульсирующий метод сжигания газа и в чем его особенности?
29. Приведите определения газовой горелки и газогорелочного устройства.
30. Какие требования предъявляются к газовым горелкам?
31. Какую величину называют тепловой мощностью горелки?
32. Какими коэффициентами характеризуется возможность регулирования тепловой мощности?

### *Рейтинг-контроль № 3*

1. Каковы основные признаки классификации газовых горелок?
2. Приведите классификацию газогорелочных устройств по способу подачи воздуха в зону горения и коэффициенту избытка воздуха.
3. Какой тип горелок применяется в бытовых газовых приборах? По какому принципу сжигания газа они работают?

4. Назовите способы стабилизации горения газа в газогорелочных устройствах бытовых газовых плит.
5. Охарактеризуйте инжекционные горелки низкого и среднего давления для промышленных газоиспользующих установок.
6. Какими преимуществами и недостатками характеризуются горелки с принудительной подачей воздуха?
7. Приведите основные схемы смешения газа и окислителя в горелках с принудительной подачей воздуха.
8. Каковы конструктивные особенности излучающих газовых горелок?
9. Какие вредные вещества могут содержаться в продуктах сгорания газообразного топлива?
10. Какие компоненты продуктов сгорания газа называют химическим недожогом?
11. Назовите причины появления химического недожога при сжигании газообразного топлива.
12. Какое влияние оказывают диаметр огневых отверстий и коэффициент избытка воздуха на появление химического недожога.
13. Какие канцерогенные вещества образуются в пламени?
14. Какие типы оксидов азота различают при сжигании топлива в зависимости от механизма их образования?
15. Опишите механизм образования термических оксидов азота.
16. Каковы источники и условия образования топливных оксидов азота?
17. В какой зоне, и при каких условиях образуются фронтальные (быстрые) оксиды азота?
18. От каких факторов зависит полнота сгорания газа в бытовых газовых плитах?
19. Как изменяется содержание оксидов азота в продуктах сгорания газа в бытовых газовых плитах при увеличении тепловой мощности горелок?
20. Какие виды газовых горелок предпочтительно применять в бытовых газовых плитах с учетом экологических показателей?
21. Перечислите методы подавления и снижения выбросов оксидов азота при сжигании газа в промышленных тепловых установках.
22. Опишите пути повышения экологических показателей излучающих газовых горелок.
23. Какие трехатомные газы содержатся в продуктах полного сгорания газообразного топлива?
24. Какое соотношение влияет на содержание трехатомных газов?
25. Опишите метод определения значения  $RO_2^{max}$  для топлива неизвестного состава по анализу состава продуктов сгорания.
26. Как определяется количество оксида углерода в продуктах неполного сгорания газа по результатам анализа продуктов сгорания?
27. Как определить действительный коэффициент избытка воздуха по результатам анализа продуктов сгорания?
28. Какой коэффициент называют коэффициентом разбавления сухих продуктов сгорания?
29. Какая связь существует между коэффициентом избытка воздуха и коэффициентом разбавления продуктов сгорания?
30. Назовите методы составления теплового баланса газоиспользующего оборудования.
31. Определение потерь теплоты при составлении прямого и обратного теплового баланса.
32. Что такое коэффициент использования топлива?

## 5.2. Промежуточная аттестация

### *Вопросы к зачету с оценкой*

1. Назовите основные горючие компоненты газообразного топлива.
2. Какие балластные и вредные примеси входят в состав природных газов?
3. По каким основным признакам классифицируются горючие газы, используемые в системах газораспределения и газопотребления населенных пунктов?
4. Назовите виды природных газов.
5. Как изменяется состав природного газа в зависимости от вида месторождения?
6. Какие искусственные газы используются в коммунально-бытовом секторе?
7. Что такое горение газа?

8. Какими признаками характеризуются реакции горения газа?
9. Приведите примеры стехиометрических реакций горения.
10. Как протекают цепные реакции горения?
11. От чего зависит скорость реакции горения газа?
12. Что такое высшая и низшая теплота сгорания газа?
13. Как изменяется значение теплоты сгорания газа в зависимости от физических условий?
14. По какому принципу составляется материальный баланс реакций горения?
15. Как определить теоретически необходимый и действительный объемы сухого воздуха для горения? Влажного воздуха?
16. Почему в зону горения окислитель подается с избытком?
17. От чего зависит коэффициент избытка воздуха?
18. Какие компоненты входят в состав продуктов сгорания газа? Как определить их количество?
19. В каком диапазоне изменяется значение коэффициента избытка воздуха при сжигании природного газа в промышленных тепловых установках?
20. Приведите определения жаропроизводительности, калориметрической температуры, теоретической температуры и действительной температуры горения.
21. Какой метод расчета применяется при вычислении жаропроизводительности?
22. Назовите средние значения температур горения природного газа.
23. От каких факторов зависит действительная температура горения?
24. С помощью какого коэффициента учитываются реальные условия сжигания газа в тепловых установках?
25. Дайте определение температуры самовоспламенения?
26. Чем отличается зажигание топлива в технических устройствах от лабораторного самовоспламенения газа?
27. Что такое концентрационные пределы воспламенения (взрываемости) горючих газов?
28. Опишите поведение гомогенной газовой смеси с различным содержанием горючего газа при зажигании смеси высокотемпературным источником.
29. Как определить концентрационные пределы воспламенения многокомпонентных газовых смесей?
30. Назовите пределы воспламенения природного и сжиженного газа.
31. От каких параметров зависит давление, развиваемое при взрыве газовой смеси?
32. Что понимают под фронтом пламени?
33. Какую скорость называют равномерной скоростью распространения пламени и от чего она зависит?
33. Какие размеры огневых отверстий называют критическими?
34. Что такое нормальная скорость распространения пламени?
35. Какими методами можно определить нормальную скорость распространения пламени?
36. Как вычисляется нормальная скорость распространения пламени для многокомпонентной смеси горючих газов и для забалластированных газов?
37. Какое горение называется детонационным?
38. Опишите метод определения нормальной скорости распространения пламени в ламинарном потоке газовой смеси с помощью горелки Бунзена.
39. Какими особенностями характеризуется вид пламени при сжигании газа в турбулентном потоке?
40. Как зависит относительная турбулентная скорость распространения пламени от степени турбулентности?
41. Какое уравнение связывает турбулентную и нормальную скорость распространения пламени?
42. Почему при турбулентном сжигании газов необходимы устройства, обеспечивающие стабилизацию процесса горения?
43. Какие условия необходимы для создания устойчивой зоны горения?
44. Какие явления называют отрывом и проскоком (обратным ударом) пламени?
45. От каких факторов зависит диаметр огневых отверстий газогорелочных устройств?
46. Как влияет диаметр огневых отверстий на скорость отрыва пламени?
47. Как изменяется скорость отрыва пламени при увеличении коэффициента избытка воздуха?
48. Назовите возможные последствия проскока пламени внутрь смесителя газовой горелки.

49. Как изменяется область устойчивого горения при увеличении содержания первичного воздуха в газозудной смеси?
50. Какие способы стабилизации пламени применяются в современных газоиспользующих установках?
51. Назовите основные типы стабилизаторов горения.
52. Почему наличие кольцевого стабилизатора приводит к повышению устойчивости горения?
53. Назовите преимущества стабилизирующих туннелей из огнеупорных материалов.
54. Какой принцип стабилизации реализуется при использовании стабилизаторов плохо обтекаемой формы?
55. В чем отличие диффузионного и кинетического принципов сжигания газов?
56. Каково значение коэффициента избытка первичного воздуха при диффузионном, кинетическом и смешанном сжигании газов?
57. Каковы достоинства и недостатки диффузионного сжигания газов?
58. Назовите особенности кинетического способа сжигания газов.
59. В каких устройствах применяется пульсирующий метод сжигания газа и в чем его особенности?
60. Приведите определения газовой горелки и газогорелочного устройства.
61. Какие требования предъявляются к газовым горелкам?
62. Какую величину называют тепловой мощностью горелки?
63. Какими коэффициентами характеризуется возможность регулирования тепловой мощности?
64. Каковы основные признаки классификации газовых горелок?
65. Приведите классификацию газогорелочных устройств по способу подачи воздуха в зону горения и коэффициенту избытка воздуха.
66. Какой тип горелок применяется в бытовых газовых приборах? По какому принципу сжигания газа они работают?
67. Назовите способы стабилизации горения газа в газогорелочных устройствах бытовых газовых плит.
68. Охарактеризуйте инжекционные горелки низкого и среднего давления для промышленных газоиспользующих установок.
69. Какими преимуществами и недостатками характеризуются горелки с принудительной подачей воздуха?
70. Приведите основные схемы смешения газа и окислителя в горелках с принудительной подачей воздуха.
71. Каковы конструктивные особенности излучающих газовых горелок?
72. Какие вредные вещества могут содержаться в продуктах сгорания газообразного топлива?
73. Какие компоненты продуктов сгорания газа называют химическим недожогом?
74. Назовите причины появления химического недожога при сжигании газообразного топлива.
75. Какое влияние оказывают диаметр огневых отверстий и коэффициент избытка воздуха на появление химического недожога.
76. Какие канцерогенные вещества образуются в пламени?
77. Какие типы оксидов азота различают при сжигании топлива в зависимости от механизма их образования?
78. Опишите механизм образования термических оксидов азота.
79. Каковы источники и условия образования топливных оксидов азота?
80. В какой зоне, и при каких условиях образуются фронтальные (быстрые) оксиды азота?
81. От каких факторов зависит полнота сгорания газа в бытовых газовых плитах?
82. Как изменяется содержание оксидов азота в продуктах сгорания газа в бытовых газовых плитах при увеличении тепловой мощности горелок?
83. Какие виды газовых горелок предпочтительно применять в бытовых газовых плитах с учетом экологических показателей?
84. Перечислите методы подавления и снижения выбросов оксидов азота при сжигании газа в промышленных тепловых установках.
85. Опишите пути повышения экологических показателей излучающих газовых горелок.
86. Какие трехатомные газы содержатся в продуктах полного сгорания газообразного топлива?
87. Какое соотношение влияет на содержание трехатомных газов?

88. Опишите метод определения значения  $RO_2^{max}$  для топлива неизвестного состава по анализу состава продуктов сгорания.
89. Как определяется количество оксида углерода в продуктах неполного сгорания газа по результатам анализа продуктов сгорания?
90. Как определить действительный коэффициент избытка воздуха по результатам анализа продуктов сгорания?
91. Какой коэффициент называют коэффициентом разбавления сухих продуктов сгорания?
92. Какая связь существует между коэффициентом избытка воздуха и коэффициентом разбавления продуктов сгорания?
93. Назовите методы составления теплового баланса газоиспользующего оборудования.
94. Определение потерь теплоты при составлении прямого и обратного теплового баланса.

### 5.3. Самостоятельная работа обучающегося

1. Основные горючие компоненты газообразного топлива.
2. Балластные и вредные примеси входят в состав природных газов?
3. Основным признаком классифицируются горючие газы, используемые в системах газораспределения и газопотребления населенных пунктов?
4. Виды природных газов.
5. Состав природного газа в зависимости от вида месторождения?
6. Искусственные газы используются в коммунально-бытовом секторе?
7. Горение газа?
8. Признаками реакции горения газа?
9. Примеры стехиометрических реакций горения.
10. Цепные реакции горения?
11. Скорость реакции горения газа?
12. Высшая и низшая теплота сгорания газа?

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература			
1. Гиргидов А.Д. Механика жидкости и газа (гидравлика): учебник. – М.: Инфра-М. – 704 с. 978-5-16-013367-6.	2019	–	<a href="https://znanium.com/catalog/product/1002061">https://znanium.com/catalog/product/1002061</a>
2. Штеренлихт Д.В. Гидравлика: учебник. – М.: Лань. – 656 с. 978-5-8114-1892-3.	2016	–	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930938388.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930938388.html</a>
3. Крестин Е.А., Крестин И.Е. Задачник по гидравлике с примерами расчетов: учеб. пособие. – СПб: Лань. – 320 с. 978-5-8114-1655-4.	2015	–	<a href="http://www.iprbookshop.ru/35550">http://www.iprbookshop.ru/35550</a>
4. Зуйков А.Л. Гидравлика: в 2 т. Т. 1: Основы механики жидкости: учебник. – М.: МИСИ-МГСУ. – 519 с. 978-5-7264-1664-9.	2018	–	<a href="http://www.iprbookshop.ru/86297">http://www.iprbookshop.ru/86297</a>

1	2	3	4
1. Шилов А.Д. Механика жидкости и газа (гидравлика): учебник. – М.: Инфра-М. – 704 с. 978-5-16-013367-6.	2019	–	<a href="https://e.lanbook.com/book/112679">https://e.lanbook.com/book/112679</a>
<b>Дополнительная литература</b>			
1. Шейпак А.А. Гидравлика и гидропривод. Основы механики жидкости и газа: учебник. – М.: Инфра-М. – 272 с. 978-5-16-011848-2.	2015	–	<a href="https://znanium.com/catalog/product/512522">https://znanium.com/catalog/product/512522</a>
2. Юдаев В.Ф. Гидравлика: учеб. пособие. – М.: Инфра-М. – 301 с. 978-5-16-012476-6.	2014	–	<a href="https://znanium.com/catalog/product/506059">https://znanium.com/catalog/product/506059</a>
3. Исаев А.П., Коженикова Н.Г., Ещин А.В. Гидравлика: учеб. пособие. – М.: Инфра-М. – 420 с. 978-5-16-009983-5.	2013	–	<a href="http://www.iprbookshop.ru/13551.html">http://www.iprbookshop.ru/13551.html</a>
4. Сазанов И.И., Схиртладзе А.Г., Иванов В.И. Гидравлика: учебник. – М.: Инфра-М. – 320 с. 978-5-906818-77-5.	2015	–	<a href="https://znanium.com/catalog/product/486472">https://znanium.com/catalog/product/486472</a>
5. Ухин Б.В. Гидравлические машины. Насосы, вентиляторы, компрессоры и гидропривод: учеб. пособие. – М.: Инфра-М. – 320 с. 978-5-8199-0436-7.	2019	3 (2010)	<a href="https://znanium.com/catalog/product/988126">https://znanium.com/catalog/product/988126</a>
6. Викулин П.Д., Викулина В.Б. Гидравлика и аэродинамика систем водоснабжения и водоотведения: учебник. – М.: МИСИ-МГСУ. – 396 с. 978-5-7264-1873-5.	2013	–	<a href="http://www.iprbookshop.ru/18392">http://www.iprbookshop.ru/18392</a>
7. Самарин О.Д. Гидравлические расчеты инженерных систем: справ. пособие. – М.: АСВ. – 136 с. 978-5-4323-0014-0.	2014	–	<a href="http://www.iprbookshop.ru/66567">http://www.iprbookshop.ru/66567</a>
8. Методические указания к лабораторным работам по общей гидравлике / В.И. Тарасенко [и др.]. – Владимир: ВлГУ. – 44 с.	2014	–	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930936650.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930936650.html</a>

## 6.2. Периодические издания

1. «АВОК».
2. «Инженерные системы».
3. «Сантехника. Отопление. Кондиционирование».
4. «Технологии интеллектуального строительства».

## 6.3. Интернет-ресурсы

1. НОУ-ХАУС.ру – Национальная информационная система по строительству // <http://www.know-house.ru>.
2. АВОК – Некоммерческое Партнерство инженеров по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике // <http://www.abok.ru>.
3. Теплосфера – Оптимальные инженерные решения // <http://tsfera.ru>.

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для проведения лекционных занятий есть аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием и компьютером. Для проведения практических работ имеется лаборатория, оснащенная следующим оборудованием:

- лабораторная установка «Автоматизированная котельная на жидком и газообразном топливе»;
- комплект лабораторного оборудования «Автоматизированная система отопления АСО-03»;
- тепловизор TESTO-875;
- стенд гидравлический универсальный ТМЖ2М;
- приборы для измерения теплофизических параметров (анемометр, психрометр, контактный термометр, шумомер).

Рабочую программу составил к.т.н., доцент кафедры ТГВ и Г Стариков А.Н.  \_\_\_\_\_

Рецензент: к.т.н.,  
начальник ПСО ООО «Климат-сервис» Сущинин А.А.  \_\_\_\_\_

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТГВ и Г.

Протокол № 8 от 19 апреля 2022 года.

Зав. кафедрой ТГВ и Г Угорова С.В.  \_\_\_\_\_

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления 08.03.01 «Строительство».

Протокол № 8 от 25 апреля 2022 года.

Председатель комиссии директор ИАСЭ Авдеев С.Н.  \_\_\_\_\_

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 2022/2023 учебный год

Протокол заседания кафедры № 9 от 17 мая 2022 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

