

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

**СОГЛАСОВАНО**

Декан ФЭАТ

А.С. Баранов

## **Рабочая программа дисциплины**

Код и наименование дисциплины: **Б1.В.ДВ.1.1 «Основы теории горения»**

Код и наименование направления подготовки (специальности): **13.03.03  
Энергетическое машиностроение**

Направленность (профиль, специализация): **Двигатели внутреннего сгорания**

Статус дисциплины: **элективные дисциплины (модули)**

Форма обучения: **очная**

<b>Статус</b>	<b>Должность</b>	<b>И.О. Фамилия</b>
Разработал	доцент	С.П. Кулманаков
Согласовал	Зав. кафедрой «ДВС»	А.Е. Свистула
	руководитель направленности (профиля) программы	А.Е. Свистула

г. Барнаул

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Содержание компетенции	Индикатор	Содержание индикатора
ПК-1	Способен к конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения	ПК-1.1	Разрабатывает техническую документацию в соответствии с требованиями ЕСКД, в том числе использованием систем автоматизированного проектирования
		ПК-1.2	Описывает закономерности процессов, происходящих в объектах профессиональной деятельности
		ПК-1.3	Выполняет расчеты элементов объектов профессиональной деятельности

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплины (практики), предшествующие изучению дисциплины, результаты освоения которых необходимы для освоения данной дисциплины.	Информатика, Механика жидкости и газа, Термодинамика, Физика, Химия
Дисциплины (практики), для которых результаты освоения данной дисциплины будут необходимы, как входные знания, умения и владения для их изучения.	Конструирование двигателей, Основы научных исследований и испытаний двигателей, Теория рабочих процессов поршневых двигателей, Экологическая безопасность двигателей

## 3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Общий объем дисциплины в з.е. /час: 4 / 144

Форма промежуточной аттестации: Зачет

Форма обучения	Виды занятий, их трудоемкость (час.)				Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (час)
	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	
очная	16	32	0	96	62

## 4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

**Форма обучения: очная**

**Семестр: 7**

**Лекционные занятия (16ч.)**

**1. Основные представления теории горения в двигателях внутреннего сгорания. Методы математической теории горения {лекция-пресс-конференция} (2ч.)[4,5,6,7,8,9]** Описание закономерностей физико-химических основ процесса горения (кинетический и диффузионный режим) в двигателях внутреннего сгорания. Место процесса горения в развитии цивилизации. Состав горючей смеси и критические условия горения. Самовоспламенение и зажигание. Скорость горения (нормальная скорость пламени, дефлаграция и детонация). Горение в движущемся газе. Турбулентное горение. Диффузионное горение. Взрывчатые вещества и пороха (испарение и горение конденсированных фаз, очаговое воспламенение).

Квазилинейные уравнения. Подобие концентрационных и температурных полей. Пренебрежение начальной скоростью реакции и разложение экспонента (преобразование аррениусовской температурной зависимости в экспоненциальную и замена экспоненциальной функции степенной зависимостью).

**2. Самовоспламенение и зажигание {лекция-пресс-конференция} (2ч.)[4,5,6,7,8,9]** Разработка технической документации с учётом закономерностей стационарной и нестационарной теории теплового взрыва. Адиабатический тепловой взрыв. Задача о самовоспламенении при адиабатическом сжатии. Зажигание горючей смеси искрой. Зажигание нагретой стенкой. Зажигание в потоке.

**3. Нормальная скорость и пределы распространения пламени {лекция-пресс-конференция} (2ч.)[4,5,6,7,8,9]** Описание процесса горения с учётом тепловой теории нормальной скорости пламени в двигателе внутреннего сгорания. Распространение пламени в узких каналах. Механизм теплоотдачи. Влияние диаметра трубки на распространение пламени. Распространение пламени в вертикальных трубах и в горизонтальных каналах.

**4. Турбулентное горение {лекция-пресс-конференция} (2ч.)[4,5,6,7,8,9]** Выполнение расчёта скорости турбулентного горения топлива (характеристики турбулентного потока) в двигателях внутреннего сгорания с искровым зажиганием. Модели турбулентного пламени (турбулентная модель К.И. Щелкина, развитая турбулентность).

**5. Основы теории детонации {лекция-пресс-конференция} (2ч.)[4,5,6,7,8,9]** Разработка технической документации с позиций классической теории детонации. Скорость детонации. Сравнение теории с экспериментом. Детонация в шероховатых трубах. Переход от медленного горения к детонации. Пульсирующая и спиновая детонации.

**6. Диффузионное горение {лекция-пресс-конференция} (2ч.)[4,5,6,7,8,9]**

Описание диффузионного горения капель жидкого топлива (испарение жидкой капли, теория горения жидкой капли, влияние конвекции на горение капли) в двигателях внутреннего сгорания. Общие свойства диффузионных пламен. Поверхность горения. Задача Бурке-Шумана. Горение распыленного горючего (основные характеристики распыленного горючего, распространение пламени по распыленному горючему, структура пламени в распыленном горючем).

**7. Химическая кинетика процессов горения {лекция-пресс-конференция} (2ч.)[4,5,6,7,8,9]** Выполнение расчёта констант скорости химических реакций горения топлива в двигателях внутреннего сгорания. Элементарные реакции. Кинетическое уравнение химического процесса. Порядок реакции. Кинетические кривые реакций (первого, второго и третьего порядка). Сложные химические реакции. Энергия активации. Скорость химической реакции (зависимость от температуры и давления). Основные понятия метода активированного комплекса. Определение энергии активации и порядка реакции по экспериментальным данным. Фотохимические, каталитические и автокаталитические реакции. Кинетика химических реакций, протекающих в потоке.

Цепные реакции. Метод квазистационарных концентраций. Реакция водорода с кислородом. Реакция окиси углерода с кислородом. Двухстадийное воспламенение (модельная схема окисления углеводородов). Кинетика реакций в углеводородных пламенах и догорание окиси углерода. Кинетика окисления азота.

**8. Термодинамика процессов горения {лекция-пресс-конференция} (2ч.)[4,5,6,7,8,9]** Выполнение расчёта теплового эффекта реакций горения (при постоянном объеме и постоянном давлении) применительно к двигателю внутреннего сгорания. Применение первого закона термодинамики к химическим процессам. Низшая и высшая теплота сгорания. Закон Гесса (формулы Менделеева). Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Закон Кирхгофа.

Объединенное уравнение первого и второго законов термодинамики. Внутренняя энергия и энтальпия и их частные производные. Энергия Гельмгольца (изохорно-изотермический потенциал). Энергия Гиббса (изобарно-изотермический потенциал). Термодинамические потенциалы. Уравнения Гиббса-Гельмгольца. Химический потенциал и его зависимость от давления и температуры. Фугитивность и активность. Направление протекания самопроизвольных процессов и критерии равновесия системы. Уравнения энергии закрытых и открытых термодинамических систем (реагирующие системы с переменным числом частиц).

### **Лабораторные работы (32ч.)**

**1. Определение исходного состава топливно-воздушной смеси в цилиндре двигателя. {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (4ч.)[2,4,6,7,8]** Выполнение расчёта исходного состава топливно-воздушной смеси в цилиндре двигателя

- 2. Исследование теплового эффекта химической реакции. {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (4ч.)[2,3,4,7]** Выполнение расчёта теплового эффекта химической реакции горения топлива в двигателе внутреннего сгорания.
- 3. Определение периода индукции самовоспламенения топлива в дизеле по эмпирическим формулам. {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (4ч.)[1,2,3,4,8]** Выполнение расчёта периода индукции самовоспламенения топлива в дизеле по эмпирическим формулам
- 4. Исследование фронтального горения в гомогенном реакторе постоянного объёма. {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (8ч.)[2,3,4]** Выполнение расчёта и исследования фронтального горения в гомогенном реакторе постоянного объёма
- 5. Исследование динамики движения топливной струи с помощью времяпролётной методики {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (8ч.)[2,3,4,5,8]** Выполнение расчёта и исследование динамики движения топливной струи с помощью времяпролётной методики
- 6. Исследование распределения капель в струе топлива по размерам {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (4ч.)[1,2,3,4]** Выполнение расчёта и исследование распределения капель в струе топлива по размерам

#### **Самостоятельная работа (96ч.)**

- 1. СРС {работа в малых группах} (60ч.)[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12]** Подготовка к лекциям и подготовка к лабораторным работам
  - 2. СРС {использование общественных ресурсов} (36ч.)[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12]** Проработка лекционного и практического материала для подготовки к зачёту
- 5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Для каждого обучающегося обеспечен индивидуальный неограниченный доступ к электронно-библиотечным системам: Лань, Университетская библиотека он-лайн, электронной библиотеке АлтГТУ и к электронной информационно-образовательной среде:

1. Сеначин, А.П. Методы исследования и моделирования динамики топливно-воздушной струи и задержки воспламенения топлива в дизеле : учебное пособие / С.А. Ульрих, А.П. Сеначин, П.К. Сеначин. — Барнаул: АлтГТУ, 2013. — 112 с. — Текст : электронный // АлтГТУ : электронная библиотечная система. — URL: [http://new.elib.altstu.ru/eum/download/obd/Ulrih\\_metod.pdf](http://new.elib.altstu.ru/eum/download/obd/Ulrih_metod.pdf) (дата обращения:

27.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Сеначин, А.П. Лабораторный практикум по дисциплине "Основы теории горения" : учебно-методическое пособие / А.П.Сеначин, П.К.Сеначин. — Барнаул: АлтГТУ, 2014.- 84 с. — Текст: электронный // АлтГТУ : электронная библиотечная система. — URL: [http://new.elib.altstu.ru/eum/download/dvs/Senachin\\_otglr.pdf](http://new.elib.altstu.ru/eum/download/dvs/Senachin_otglr.pdf) (дата обращения: 31.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Сеначин, А. П. Моделирование физико-химических процессов и горения в энергоустановках. Книга II. Модели процессов горения в поршневых двигателях : учебное пособие / А. П. Сеначин, А.А. Брютов, П. К. Сеначин / Алтайский государственный технический университет имени И. И. Ползунова; Институт теплофизики имени С. С. Кутателадзе СО РАН. – Изд. второе перераб. и допол. - Барнаул : Алт. гос. техн. ун-т, 2019. – 184 с. – Текст: электронный // АлтГТУ : электронная библиотечная система. – URL: [http://elib.altstu.ru/eum/download/dvs/Senachin\\_MFHPiGvE\\_K2\\_up.pdf](http://elib.altstu.ru/eum/download/dvs/Senachin_MFHPiGvE_K2_up.pdf) (дата обращения: 9.11.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

## 6. Перечень учебной литературы

### 6.1. Основная литература

4. Коржавин, А.А., Основы теории горения: учебное пособие / А.А. Коржавин, П.К. Сеначин / Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова, Институт химической кинетики и горения имени В.В. Воеводского СО РАН. — Барнаул: Алт. гос. техн. ун-т, 2014. — 282 с. — Текст : электронный // АлтГТУ : электронная библиотечная система. — URL: <http://new.elib.altstu.ru/eum/download/dvs/Korjavin-otg.pdf> (дата обращения: 27.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Сеначин, П.К. Теория внутреннего взрыва газа : учебное пособие / П.К. Сеначин, В.С. Бабкин. — Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2014. — 84 с. — Текст : электронный // АлтГТУ : электронная библиотечная система. — URL: <http://new.elib.altstu.ru/eum/download/dvs/Senachin-tvvg.pdf> (дата обращения: 27.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### 6.2. Дополнительная литература

6. Лопанов, А. Н. Физико-химические основы теории горения и взрыва : учебное пособие / А. Н. Лопанов. — Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2012. — 149 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/28369.html> (дата обращения: 28.03.2023). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

7. Сазонов, В. Г. Основы теории горения и взрыва : учебное пособие / В. Г. Сазонов. — Москва : Московская государственная академия водного транспорта, 2012. — 167 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/46499.html> (дата обращения:



28.03.2023). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

8. Сазонов, В. Г. Теория горения и взрыва : практикум / В. Г. Сазонов. — Москва : Московская государственная академия водного транспорта, 2012. — 76 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/46855.html> (дата обращения: 28.03.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

9. Кавтарадзе, Р.З. Теплофизические процессы в дизелях, конвертированных на природный газ и водород / Р. З. Кавтарадзе. - Москва : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. - 238 с. : ил. - Библиогр.: с. 215. - Предм. указ.: с. 228-230. - Имен. указ.: с. 231-235. - 500 экз. - ISBN 978-5-7038-3482-4 : 20 экз.

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

10. База данных «Цифровая библиотека IPRSmart (IPRSmart ONE) // IPRSmart ONE. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/> (дата обращения: 29.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

11. Электронная библиотечная система АлтГТУ // АлтГТУ : электронная библиотечная система. — URL: <http://elib.altstu.ru/> (дата обращения: 27.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

12. Единое окно доступа к образовательным ресурсам // ФГАУ ГНИИ ИТТ "Информика". — URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 20.11.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

## **8. Фонд оценочных материалов для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

Содержание промежуточной аттестации раскрывается в комплекте контролирующих материалов, предназначенных для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС, которые хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном виде и в ЭИОС.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) по дисциплине представлен в приложении А.

## **9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Для успешного освоения дисциплины используются ресурсы электронной информационно-образовательной среды, образовательные интернет-порталы, глобальная компьютерная сеть Интернет. В процессе изучения дисциплины происходит интерактивное взаимодействие обучающегося с преподавателем через личный кабинет студента.

<b>№пп</b>	<b>Используемое программное обеспечение</b>
1	Acrobat Reader

<b>№пп</b>	<b>Используемое программное обеспечение</b>
1	LibreOffice
2	Lazarus
2	Windows
3	Антивирус Kaspersky
4	Linux
5	Mozilla Firefox
6	PascalABC.NET

<b>№пп</b>	<b>Используемые профессиональные базы данных и информационные справочные системы</b>
1	Бесплатная электронная библиотека онлайн "Единое окно к образовательным ресурсам" для студентов и преподавателей; каталог ссылок на образовательные интернет-ресурсы ( <a href="http://Window.edu.ru">http://Window.edu.ru</a> )
2	Национальная электронная библиотека (НЭБ) — свободный доступ читателей к фондам российских библиотек. Содержит коллекции оцифрованных документов (как открытого доступа, так и ограниченных авторским правом), а также каталог изданий, хранящихся в библиотеках России. ( <a href="http://нэб.рф/">http://нэб.рф/</a> )

#### **10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

<b>Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>
учебные аудитории для проведения учебных занятий
помещения для самостоятельной работы

Материально-техническое обеспечение и организация образовательного процесса по дисциплине для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с «Положением об обучении инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья».