

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.ДВ.01.01
(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Эмиссия токсичных компонентов

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки (специальности)

13.06.01 «Электро- и теплотехника»

(код и наименование направления подготовки, специальности в соответствии с ФГОС ВПО/ ФГОС ВО)

«Тепловые двигатели»

(направленность (профиль)/специализация)

Форма обучения: очная

Год набора: 2020

Распределение часов дисциплины по курсам и видам занятий (по учебному плану)

Количество ЗЕТ	3						
Часов по РУП	108						
Виды контроля на курсах:	Экзамены	Зачеты	Курсовые проекты	Курсовые работы	Контрольные работы (для заочной формы обучения)		
		4					
	№№ курсов						
	1	2	3	4	5	6	Итого
ЗЕТ по семестрам				3			3
Лекции				4			4
Лабораторные							
Практические				4			4
Контактная работа				8			8
Сам. работа				100			100
Контроль							
Итого				108			108

Тольятти, 2020

Рабочая программа составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки 13.06.01 «Электро- и теплотехника»
(код и наименование направления подготовки, в соответствии с ФГОС ВО)

Рецензирование рабочей программы дисциплины:

- ☒ Отсутствует
- ☒ Учебная (рабочая) программа одобрена на заседании кафедры «Энергетические машины и системы управления» (протокол заседания № ____ от «__» _____ 20__ г.).
- ☐ Рецензент

(должность, ученое звание, степень)
«__» _____ 20__ г.

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Срок действия рабочей программы дисциплины до «__» _____ 20__ г.

Информация об актуализации рабочей программы дисциплины:

Протокол заседания кафедры № ____ от «__» _____ 20__ г.

Протокол заседания кафедры № ____ от «__» _____ 20__ г.

Протокол заседания кафедры № ____ от «__» _____ 20__ г.

Протокол заседания кафедры № ____ от «__» _____ 20__ г.

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой «Энергетические машины и системы управления»
(выпускающей направление (специальность))

«__» _____ 20__ г.

(подпись)

Д.А. Павлов
(И.О. Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой «Энергетические машины и системы управления»
(разработавшей РПД)

«__» _____ 20__ г.

(подпись)

Д.А. Павлов
(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ
дисциплины (учебного курса)
Б1.В.ДВ.01.01 Эмиссия токсичных компонентов
(индекс и наименование дисциплины (учебного курса))

1. Цель и задачи изучения дисциплины (учебного курса)

Цель – формирование и развитие у аспирантов необходимых компетенций для подготовки к научно-исследовательской и преподавательской деятельности в области поршневых тепловых двигателей

Задачи:

1. Изучение основных методов теоретических и научных исследований, применяемых в области профессиональной деятельности;
2. Изучение особенностей образования вредных выделений, методов и устройств их снижения в отработавших газах поршневых тепловых двигателей;
3. Освоение основных методологических подходов к исследованию образования вредных выделений, методов и устройств их снижения в отработавших газах поршневых тепловых двигателей

2. Место дисциплины (учебного курса) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (учебный курс) относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)» (вариативная часть, дисциплины по выбору).

Дисциплины, учебные курсы, на освоении которых базируется данная дисциплина (учебный курс) – специальные дисциплины предыдущего уровня образования.

Дисциплины, учебные курсы, для которых необходимы знания, умения, навыки, приобретаемые в результате изучения данной дисциплины – научные исследования, подготовка к сдаче государственного экзамена, подготовка к сдаче кандидатских экзаменов.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (учебному курсу), соотношенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Формируемые и контролируемые компетенции	Планируемые результаты обучения
- владеть методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1)	Знать: методы теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности при создании тепловых двигателей нового поколения, работающих на традиционных и альтернативных топливах и обеспечивающих низкую эмиссию вредных выделений в продуктах сгорания и их дальнейшей модернизации
	Уметь: оценивать и выбирать методы теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности при создании тепловых двигателей нового поколения, работающих на традиционных и альтернативных топливах и обеспечивающих низкую эмиссию вредных выделений в продуктах сгорания, и их дальнейшей модернизации.
	Владеть: владеть методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности при создании тепловых двигателей нового поколения, работающих на традиционных и альтернативных топливах и обеспечивающих низкую эмиссию вредных выделений в продуктах сгорания, и их дальнейшей модернизации
Владение культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2)	Знать: Современное состояние научных достижений в области теоретических и экспериментальных исследований по образованию токсичных выделений в продуктах сгорания тепловых двигателей, работающих на традиционных и альтернативных топливах, а также методов и устройств по их снижению; методы поиска и оформления состояния результатов исследований в выбранном направлении с использованием новейших

Формируемые и контролируемые компетенции	Планируемые результаты обучения
	информационно-коммуникационных технологий
	Уметь: проводить работы по сбору материалов для критического анализа и оценки современных научных достижений в области теоретических и экспериментальных исследований по образованию токсичных выделений в продуктах сгорания тепловых двигателей, работающих на традиционных и альтернативных топливах с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий
	Владеть: культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий при выводах для критического анализа и оценки современных научных достижений в области теоретических и экспериментальных исследований по образованию токсичных выделений в продуктах сгорания тепловых двигателей, работающих на традиционных и альтернативных топливах
Готовностью организовать работу исследовательского коллектива в профессиональной деятельности (ОПК-4)	Знать: современные методы организации труда и этические нормы при проведении профессиональной деятельности научно-исследовательского коллектива
	Уметь: следовать этическим нормам в профессиональной деятельности научно-исследовательского коллектива
	Владеть: навыками организации выполнения этических норм при участии в научной деятельности научно-исследовательского коллектива
- способностью ориентироваться в полном спектре научных проблем профессиональной области (ПК-1)	Знать: современные методы организации труда в научно-исследовательском коллективе; достижения науки и передовые технологии в области тепловых двигателей
	Уметь: планировать работу научно-исследовательского коллектива в области профессиональной деятельности
	Владеть: навыками научной организации деятельности исследовательского коллектива

Тематическое содержание дисциплины (учебного курса)

Раздел, модуль	Подраздел, тема
Введение. Токсичные выделения в продуктах сгорания, их состав. Нормируемые токсичные выделения в области поршневых двигателей. Основные механизмы образования токсичных выделений. Особенности образования токсичных выделений в тепловых поршневых двигателях.	1. Цели и задачи дисциплины. Литература. Токсичные составляющие продуктов сгорания. Нормируемые токсичные выделения. Изменение норм токсичности во времени. . 2. Условия образования токсичных выделений при сжигании топлива в энергетических установках. 3. Особенности образования токсичных выделений в тепловых поршневых двигателях: с искровым зажиганием, в дизелях
Методы снижения вредных выделений в продуктах сгорания при воздействии на рабочий процесс	Обеднение топливно-воздушной смеси. Рециркуляция отработавших газов. Улучшение смесеобразования. Расслоение топливно-воздушной смеси.
Применение альтернативных топлив для снижения токсичности отработавших газов	Природный газ; пропан-бутан; водород; Спиртовые топлива; добавка водорода в бензовоздушную смесь и природный газ; синтез-газ
Расчётные методики определения концентрации токсичных выделений в отработавших газах	1 Определение концентрации несгоревших углеводородов 2 Определение концентрации оксидов азота

Общая трудоемкость дисциплины (учебного курса) – 3 ЗЕТ.

4. Структура и содержание дисциплины Эмиссия токсичных компонентов

Курс изучения 4

Раздел, модуль	Подраздел, тема	Виды учебной работы							Необходимые материально- технические ресурсы	Формы текущего кон- троля (наименование оценочного средства)	Рекоменду- емая лите- ратура (№)
		Контактная работа (в часах)					Самостоятельная работа				
		всего			в т.ч. в интерактивной форме	(+, -) Формы про- ведения лекций, лабораторных, практических занятий, методы обучения, реали- зующие применя- емую образова- тельную техноло- гию	в часах	формы организации самостоятельной работы			
		лекций	лабораторных	практических							
Раздел 1 Токсичные выделе- ния в продуктах сго- рания, их состав. Нормируемые ток- сичные выделения в области поршневых двигателей. Основ- ные механизмы обра- зования токсичных выделений. Особен- ности образования токсичных выделе- ний в тепловых поршневых двигате- лях.	1. Цели и задачи дисципли- ны. Литература. Токсичные составляющие продуктов сгорания. Нормируемые ток- сичные выделения. Изме- нение норм токсичности во времени. . 2. Условия образования ток- сичных выделений при сжи- гании топлива в энергетиче- ских установках. 3. Особенности образова- ния токсичных выделений в тепловых поршневых двигателях: с искровым зажиганием, в дизелях	1					25	Самостоятельное изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготов- кой к написанию ре- ферата.	Ноутбук, видеопроектор	Защита реферата (темы рефератов)	1- 3, 7-9
Раздел 2 Методы снижения вредных выделений в продуктах сгорания при воздействии на рабочий процесс	Обеднение топливно- воздушной смеси. Рецир- куляция отработавших газов. Улучшение смесе- образования. Расслоение топливно-воздушной сме- си.	1		2			25	Самостоятельное изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготов- кой к написанию ре- ферата.	Ноутбук, видеопроектор	Защита реферата (темы рефератов), отчёт по практи- ческому занятию №1	1-9

Раздел 3 Применение альтернативных топлив для снижения токсичности отработавших газов	Природный газ; пропан-бутан; водород; Спиртовые топлива; добавка водорода в бензовоздушную смесь и природный газ; синтез-газ	1				25	Самостоятельное изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой к написанию реферата.	Ноутбук, видеопроектор	Защита реферата (темы рефератов)	1-3, 5, 7-9
Раздел 4 Расчётные методики определения концентрации токсичных выделений в отработавших газах	1 Определение концентрации несгоревших углеводородов 2 Определение концентрации оксидов азота	1	2			25	Самостоятельное изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой к написанию реферата.	Ноутбук, видеопроектор	Защита реферата (темы рефератов), отчёт по практическому занятию №2	1- 5, 7-10
		4	4			100				
Итого за семестр:		108								

5. Критерии и нормы текущего контроля и промежуточной аттестации

Формы текущего контроля	Условия допуска	Критерии и нормы оценки
Выполнение практических работ № 1-2	Наличие отчета по практической работе	<p>«зачтено» – программа практических работ выполнена в полном объеме, изложение теоретического материала ясное, четкое, последовательное, используемая терминология корректна, ошибки не влияют на общее понимание темы практической работы;</p> <p>«не зачтено» – программа практических работ не выполнена или выполнена не в полном объеме, при изложении теоретического материала допущены принципиальные ошибки, используемая терминология некорректна.</p>

Форма проведения промежуточной аттестации	Условия допуска	Критерии и нормы оценки	
Зачет, устно	Для допуска к зачету необходимо защитить реферат и отчёты по практическим занятиям	«зачтено»	Оценки "зачтено" заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой.
		«не зачтено»	Оценка "не зачтено" выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка "не зачтено" ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

6. Критерии и нормы оценки курсовых работ (проектов)

Данный раздел не предусмотрен учебным планом.

7. Примерная тематика письменных работ (курсовых, рефератов, контрольных, расчетно-графических и др.)

№ п/п	Темы рефератов
1	Токсичные составляющие продуктов сгорания. Условия образования токсичных выделений при сжигании топлива в поршневых энергетических установках
2	Образование токсичных выделений: оксида углерода и несгоревших углеводородов, оксида азота
3	Особенности образования токсичных выделений в двигателях с искровым зажиганием
4	Особенности образования токсичных выделений в дизельных двигателях
5	Влияние конструктивных и режимных параметров поршневых двигателей на токсичность ОГ
6	Изменение конструкции камеры сгорания как метод снижения токсичных выделений в двигателях с искровым зажиганием
7	Изменение конструкции камеры сгорания как метод снижения токсичных выделений в дизельных двигателях
8	Изменение конструкции камеры сгорания как метод снижения токсичных выделений в дизельных двигателях и установках
9	Снижение вредных выбросов за счёт газодинамических характеристик транспортного средства и снижения механических потерь в энергетической установке
10	Снижение вредных выбросов за счёт воздействия на рабочий процесс
11	Способы расслоения топливно-воздушной смеси в двигателях с искровым зажиганием для снижения токсичности отработавших газов (ОГ)
13	Снижение токсичности ОГ при расслоении топливно-воздушной смеси
14	Основные положения разработки расчётной методики определения концентрации несгоревших углеводородов в продуктах сгорания с учётом ширины зоны турбулентного горения и максимального горения сгорания
15	Основные положения разработки расчётной методики определения концентрации оксида азота в продуктах сгорания с учётом характеристик сгорания, режима работы и конструкции камеры сгорания
16	Характеристики работы окислительного, восстановительного и 3-х компонентного нейтрализатора
17	Алгоритм работы по определению токсичности отработавших газов при использовании программы «Дизель РК»
18	Определение концентрации несгоревших углеводородов с учётом термохимических свойств топлива и характеристик распространения пламени
19	Сравнение результатов расчёта и эксперимента по концентрации вредных выбросов при использовании традиционных и альтернативных топлив
20	Перспективные методы и способы улучшения токсических показателей поршневых двигателей и установок.

8. Вопросы к зачёту

№ п/п	Вопросы
1	Токсичные составляющие продуктов сгорания, их влияние на окружающую среду и человека. Нормируемые токсичные выделения.
2	Условия образования токсичных выделений при сжигании топлива в поршневых энергетических установках.
3	Образование оксида углерода и несгоревших углеводородов
4	Образование оксида азота: термические, быстрые, топливные
5	Образование твёрдых частиц
6	Особенности образования оксида азота в двигателях и установках с искровым зажиганием
7	Особенности образования твёрдых частиц в двигателях и установках с искровым зажиганием
8	Особенности образования оксида углерода в двигателях и установках с искровым зажиганием
9	Особенности образования несгоревших углеводородов в двигателях и установках с искровым зажиганием
10	Особенности образования оксида азота в дизельных двигателях и установках
11	Особенности образования оксида углерода в дизельных двигателях и установках
12	Особенности образования несгоревших углеводородов в дизельных двигателях и установках
13	Особенности образования твёрдых частиц в дизельных двигателях и установках
14	Влияние состава смеси на образование несгоревших углеводородов
15	Влияние состава смеси на образование оксида азота
16	Влияние состава смеси на образование оксида углерода
17	Влияние состава смеси на образование твёрдых частиц
18	Влияние состава смеси на образование двуокси углерода
19	Оксиды азота при сжигании альтернативных топлив: природный газ; пропан-бутан; водород; синтез-газ
20	Оксиды углерода при сжигании альтернативных топлив: природный газ; пропан-бутан; водород; синтез-газ
21	Двуокись углерода при сжигании альтернативных топлив: природный газ; пропан
22	Несгоревшие углеводороды при сжигании альтернативных топлив: природный газ; пропан
23	Твёрдые частицы при сжигании альтернативных топлив: природный газ; пропан-бутан; водород; синтез-газ
24	Канцерогенные несгоревшие углеводороды
25	Влияние конструктивных и режимных параметров поршневых двигателей и установок с искровым зажиганием на токсичность ОГ по несгоревшим углеводородам
	Влияние конструктивных и режимных параметров поршневых двигателей и установок с искровым зажиганием на токсичность ОГ по оксидам азота
26	Влияние конструктивных и режимных параметров поршневых дизельных двигателей и установок на токсичность ОГ по несгоревшим углеводородам
27	Влияние конструктивных и режимных параметров поршневых дизельных двигателей и установок на токсичность ОГ по оксидам азота
28	Влияние характеристик распространения пламени на образование несгоревших углеводородов
29	Влияние характеристик распространения пламени на образование оксида углерода
30	Влияние характеристик распространения пламени на образование оксида азота

№ п/п	Вопросы
31	Влияние характеристик распространения пламени на образование твёрдых частиц
32	Образование несгоревших углеводородов в двигателях с непосредственным впрыском
33	Образование оксидов азота в двигателях с непосредственным впрыском
34	Образование твёрдых частиц в двигателях с непосредственным впрыском
35	Эмпирические методики определения концентрации несгоревших углеводородов с учётом характеристик распространения пламени и термохимических свойств ТВС
36	Эмпирические методики определения концентрации несгоревших углеводородов с учётом характеристик распространения пламени (ширины зоны турбулентного горения)
37	Эмпирические методики определения концентрации несгоревших углеводородов с учётом максимального давления сгорания
38	Эмпирические методики определения концентрации оксида азота с учётом характеристик распространения пламени
39	Сравнение результатов расчёта и эксперимента по концентрации оксида азота при использовании традиционных и альтернативных топлив
40	Сравнение результатов расчёта и эксперимента по концентрации несгоревших углеводородов при использовании традиционных и альтернативных топлив

9. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Эмиссия токсичных компонентов»

9.1. Паспорт фонда оценочных средств по учебному курсу

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Раздел 1 Токсичные выделения в продуктах сгорания, их состав. Нормируемые токсичные выделения в области поршневых двигателей. Основные механизмы образования токсичных выделений. Особенности образования токсичных выделений в тепловых поршневых двигателях	ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4	Темы рефератов
2	Раздел 2 Методы снижения вредных выделений в продуктах сгорания при воздействии на рабочий процесс	ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ПК-1	Темы рефератов Отчёт по практическому занятию №1
3	Раздел 3 Применение альтернативных топлив для снижения токсичности отработавших газов	ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ПК-1	Темы рефератов
4	Раздел 4 Расчётные методики определения концентрации токсичных выделений в отработавших газах	ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ПК-1	Темы рефератов Отчёт по практическому занятию № 2

9.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

9.2.1. Практическое занятие № 1

Снижение концентрации оксида азота при обеднении топливно-воздушной смеси

1 Целью практической работы является определение величины значения коэффициента избытка воздуха относительно заданного, при котором концентрация оксида азота уменьшится на 25%.

Задание выполняется с учетом изменения скорости распространения пламени, изменения конструкции камеры сгорания и объема завершения сгорания в промежуток времени до появления ионного тока в цепи датчика, установленного в наиболее удаленной от свечи зажигания зоне камеры сгорания для степени сжатия γ и коэффициенте избытка воздуха, значения которого представлены в табл. 1.

Работа выполняется при отсутствии добавки водорода. Номер варианта соответствует номеру студента в журнале преподавателя.

2. Краткие сведения по работе.

2.1 Каждый студент получает для дальнейшей обработки значение коэффициента избытка воздуха.

2.2 Определение объема завершения сгорания в промежуток времени до появления ионного тока в цепи датчика, установленного в наиболее удаленной от свечи зажигания зоне камеры сгорания производится следующим образом:

2.2.1 Определяется промежуток времени распространения пламени от свечи зажигания до электрода удаленного ионизационного датчика (ИД) по формуле

$$\tau = 83 \cdot 10^{-3} / U_{\text{осн}},$$

где $U_{\text{осн}}$ – средняя скорость турбулентного распространения пламени от свечи зажигания до электрода удаленного ИД, м/с.

τ , с.

Скорость распространения пламени, $U_{\text{осн}}$, представлена на рис. 1 и 2.

2.2.2 Определяется угол поворота коленчатого вала от верхней мертвой точки (ВМТ) за промежуток времени распространения пламени от свечи зажигания до электрода ИД

$$\Phi_{\text{пкв}} = \tau \cdot (6n),$$

Где $\Phi_{\text{пкв}}$, градус; τ , секунда; $(6n)$, град/сек.

2.2.3 Рассчитывается объем сгорания, $V_{\text{зс}}$, относительно ВМТ по расчетному углу поворота коленчатого вала с учетом того, что минимальный объем двигателя, $V_{\text{кв}}$, (объем камеры сгорания) зависит от степени сжатия при постоянном объеме цилиндра, $V_{\text{н}}$, равного 0,652 л, длина шатуна составляет 115мм, радиус кривошипа, R , 57,5 мм.

$$V_{\text{зс}} = V_{\text{кв}} + \Delta V(\Phi_{\text{пкв}}),$$

где $V_{\text{кв}} = V_{\text{н}} / (\epsilon - 1)$,

$$\Delta V(\Phi_{\text{пкв}}) = \Pi(D^2/4) \cdot R(1 - \cos \Phi_{\text{пкв}})$$

Полный объем двигателя определим как

$$V_a = V_{kc} + V_h.$$

2.2.4 При обобщении результатов экспериментального исследования при сжигании метановоздушной смеси в условиях поршневого двигателя, рассмотрев параметры, определяющие температуру, количество свободного кислорода, располагаемое время процесса сгорания и расширения, изменения объемов работы двигателя, получена эмпирическая зависимость для расчета безразмерного параметра Sch , при определении концентрации NO в отработавших газах

$$Sch = \frac{U_{осн} \cdot \left(\frac{L_M}{D} \right)}{\alpha \sqrt{\alpha} \cdot W_{II}^{cp}} \cdot \frac{180 + \Theta_3}{180} \cdot \frac{V_a - V_{zc}}{V_h}, \quad (1)$$

где $U_{осн}$ - средняя скорость распространения пламени в «основной» фазе сгорания, α – коэффициент избытка воздуха, L_M – максимальное расстояние от свечи зажигания до самой удаленного участка КС по нормали к фронту пламени, 83мм, D – диаметр цилиндра, 85мм, W_{II}^{cp} – средняя скорость поршня, Θ_3 – угол опережения зажигания, V_a , V_{zc} , V_h – полный объем, объем при котором сгорание завершается и рабочий объем цилиндра соответственно.

2.2.5 С учетом безразмерного параметра Sch получена следующая эмпирическая зависимость для определения концентрации NO в отработавших газах

$$C_{NO} = 5530 \ln (Sch) - 4400, \text{ ppm} \quad (2)$$

2.2.6 По данной формуле определяется концентрация оксида азота в ОГ для заданных и определенных выше параметров сгорания ТВС. Полученные данные сравнивают с представленной на рисунке 3 диаграммой.

2.2.7 По уменьшенному на 25% полученному расчётом значению концентрации оксида азота по формуле (2) определяем величину безразмерного критерия Sch .

2.2.8 Используя формулу (1) определяем искомое значение коэффициента избытка воздуха.

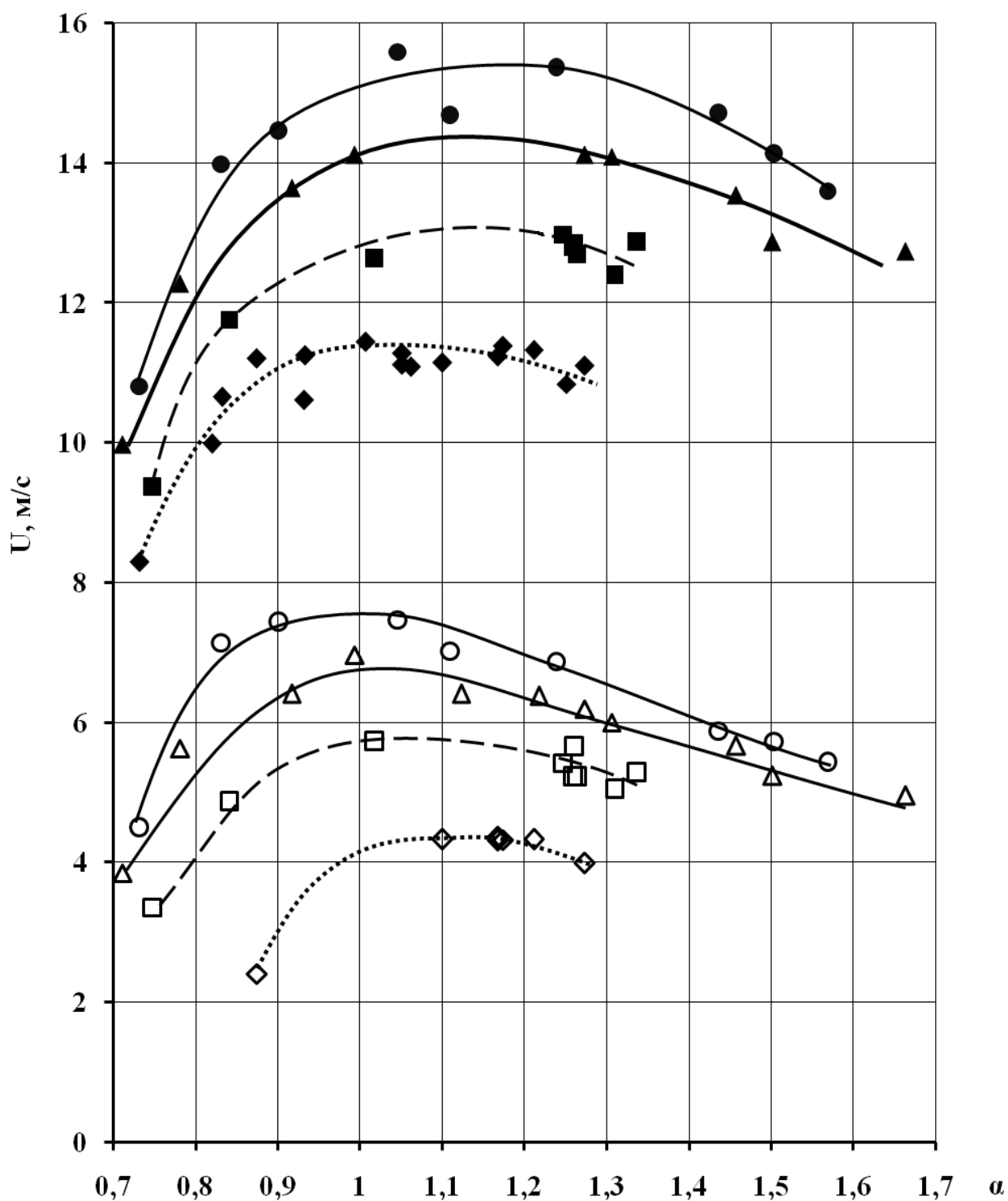


Рисунок 1 Зависимость средней скорости распространения фронта метановоздушного пламени от коэффициента избытка воздуха и доли добавляемого водорода ($n_{\text{КВД}} = 600$ об/мин), где U_1 : \diamond , \square , Δ , \circ ; U_2 : \blacklozenge , \blacksquare , \blacktriangle , \bullet ; $r_{H_2}=0\%$: \diamond , \blacklozenge ; $r_{H_2}=29\%$: \square , \blacksquare ; $r_{H_2}=47\%$: Δ , \blacktriangle ; $r_{H_2}=58\%$: \circ , \bullet .

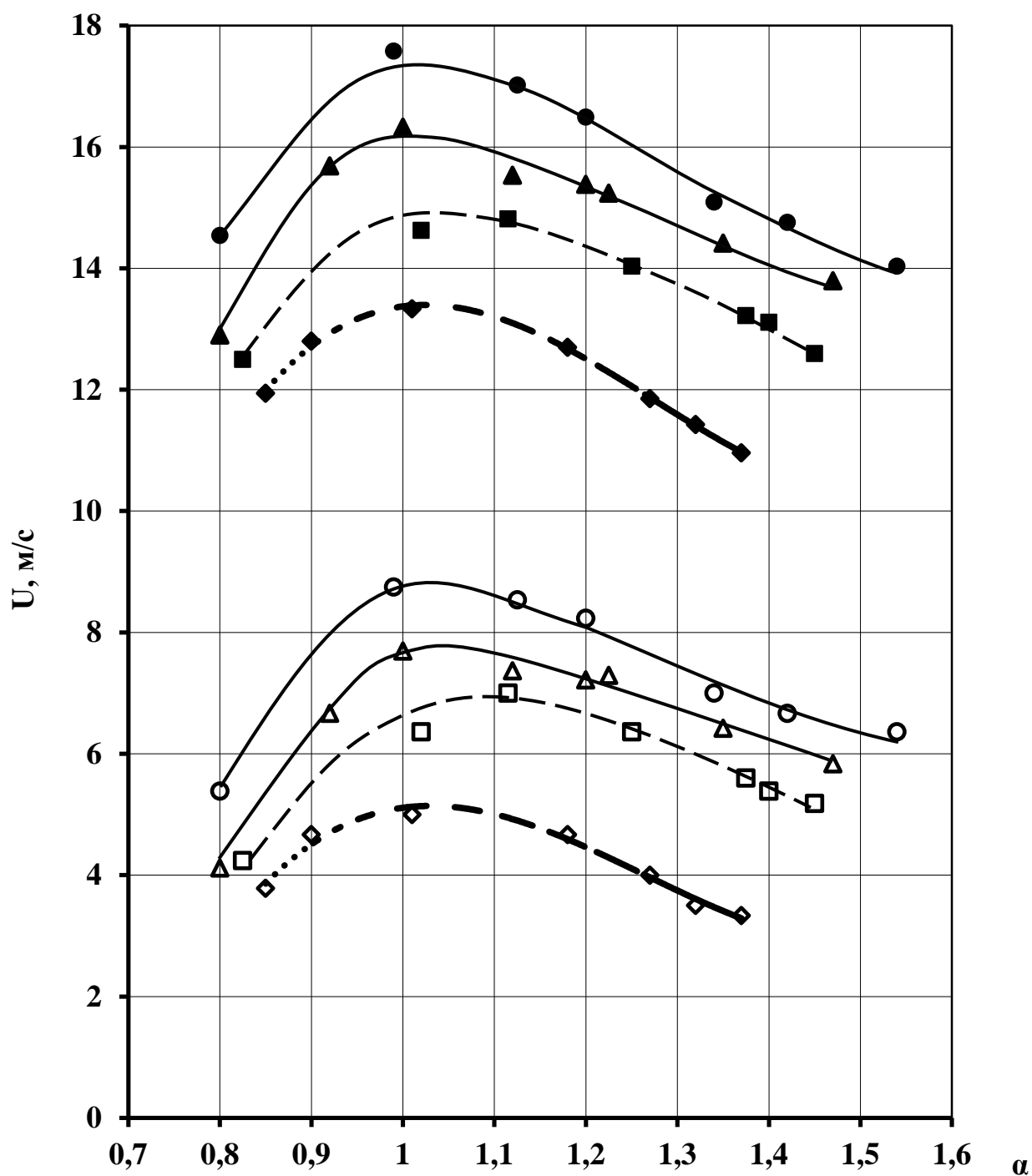


Рисунок 2 Зависимость средней скорости распространения фронта метановоздушного пламени от коэффициента избытка воздуха и доли добавляемого водорода ($n_{\text{КВД}} = 900$ об/мин), где U_1 : \diamond , \square , Δ , \circ ; U_2 : \blacklozenge , \blacksquare , \blacktriangle , \bullet ; $r_{H_2}=0\%$: \diamond , \blacklozenge ; $r_{H_2}=29\%$: \square , \blacksquare ; $r_{H_2}=47\%$: Δ , \blacktriangle ; $r_{H_2}=58\%$: \circ , \bullet .

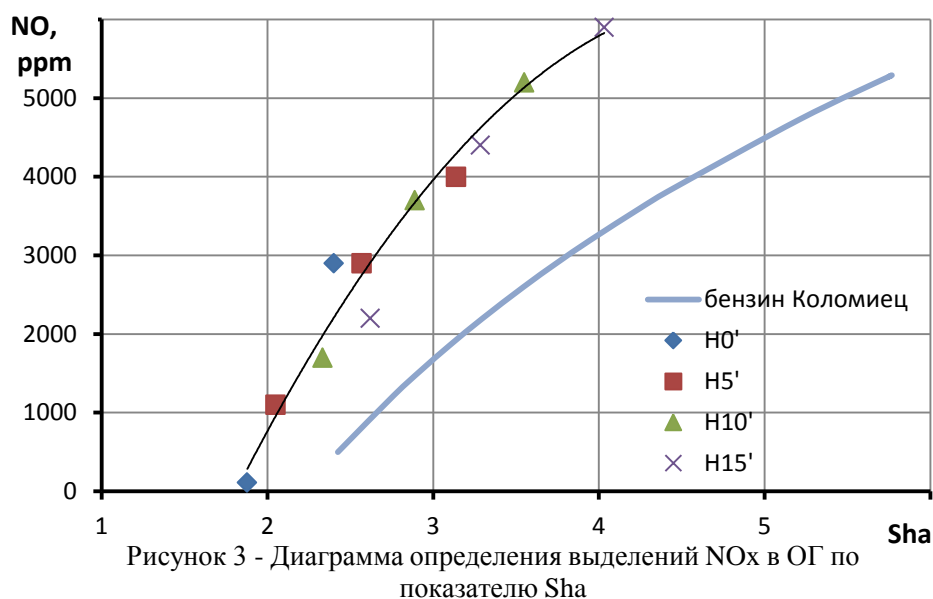


Таблица 1

№вар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
α	0,9	1,0	1,05	1,1	1,15	1,2	1,25	1,3	1,4	1,17	1,27

Примечания: 1. Сохранение индикаторного КПД, в первом приближении можно оценивать по сохранению средней скорости распространения пламени. 2. Угол опережения зажигания можно изменять. 3. скорость распространения пламени можно изменять за счет увеличения пульсационной скорости или добавки водорода.

2.7 Выполнить сравнение полученного значения с экспериментальными данными.

2.8 Оформляется отчет по практической работе.

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если практическая работа выполнена грамотно или имеет несущественные замечания, выполнен отчет по работе.

- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если практическая работа не выполнена, имеет грубые ошибки, не подготовлен отчет.

9.2.2. Практическое занятие № 2

Снижение концентрации несгоревших углеводородов за счёт изменения ширины зоны турбулентного горения.

1. Целью работы является определение взаимосвязи ширины зоны турбулентного горения с концентрацией несгоревших углеводородов и уровня их снижения при добавке водорода.

2. Краткие сведения по работе.

2.1 Перед выполнением работы студенту необходимо освоить знания механизма образования несгоревших углеводородов при сгорании топливно-воздушной смеси в условиях поршневых энергетических установках.

2.2 Каждый студент получает для дальнейшей обработки значение коэффициента избытка воздуха, соответствующую ему концентрацией несгоревших углеводородов и графическую зависимость ширины зоны турбулентного горения (ЗТГ) от состава смеси и доли добавляемого водорода, рисунок 1.

Варианты коэффициентов избытка воздуха представлены в таблице 1.

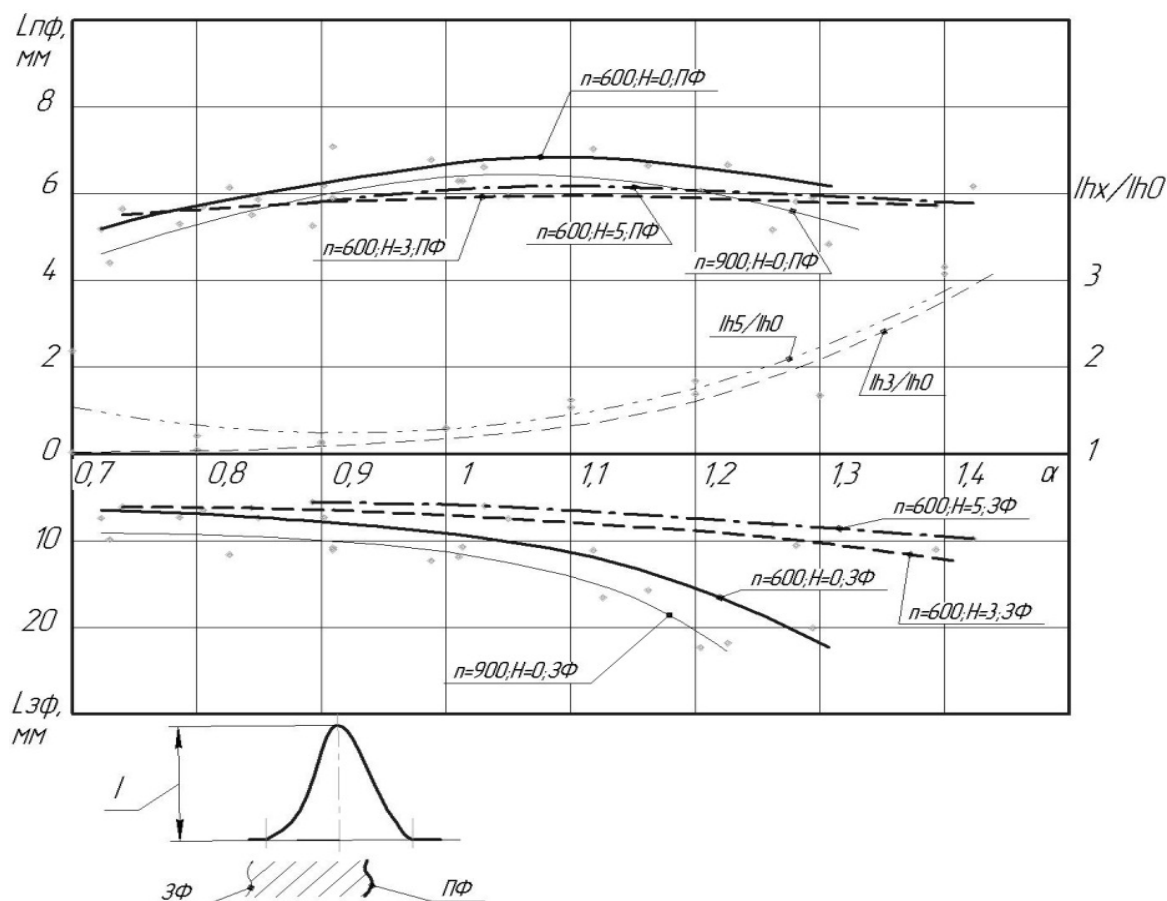


Рисунок 1 - Расположение границ зоны турбулентного горения по отношению к положению пика ионного тока в зоне горения

Таблица 1

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
α	1,05	1,1	1,16	1,2	1,24	1,12	1,22	1,08	1,26	1,23	1,28	1,14
C_{CH} , ppm	430	425	435	445	455	430	450	420	460	455	465	432

3. Определить величину снижения концентрации несгоревших углеводородов при добавке 3 и 5 % водорода.

3.1 Определяем для заданного состава смеси ширину ЗТГ для бензовоздушной смеси и при добавке в неё водорода.

3.2 Определяем массовые доли углерода и водорода в ТВС

3.3 Определяем концентрацию несгоревших углеводородов (СН) для заданного коэффициента избытка воздуха по эмпирической формуле

$$C_{CH+N} = C_{CH} * (\delta_{CH+N} / \delta_0)^{2,5(gH/gC)},$$

где $C_{снб}$ и δ_{δ} – концентрация несгоревших СН и ширина ЗТГ в процессе сгорания топливно-воздушной смеси без добавки водорода;

$C_{снб+н}$ и $\delta_{\delta+н}$ - концентрация несгоревших СН и ширина ЗТГ при сгорании бензовоздушной смеси с добавкой водорода;

$2,5(g_H/g_C)$ – степень для учёта массового отношения содержания водорода и углерода в ТВС;

g_H – массовая доля водорода в ТВС – отношение массы водорода к массе ТВС;

g_C - массовая доля углерода в ТВС – отношение массы углерода к массе ТВС;

3.4 Оценить эффективность добавки водорода на снижение концентрации несгоревших СН.

3.5 Оформить отчёт о выполненной работе.

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если практическая работа выполнена грамотно или имеет несущественные замечания, выполнен отчет по работе.

- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если практическая работа не выполнена, имеет грубые ошибки, не подготовлен отчет.

10. Образовательные технологии и методические указания по освоению дисциплины (учебного курса)

Для оценки знаний, умения и уровня профессиональных компетенций, приобретаемых аспирантом в процессе изучения дисциплины «Эмиссия токсичных компонентов», используются технологии традиционного обучения:

- лекции;
- индивидуальные и групповые консультации по теоретическим и практическим вопросам курса;
- проведение различных форм самостоятельной работы, которая включает подготовку к лекционным занятиям, оформление реферата и подготовка его презентации к защите.

11. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (учебного курса)

11.1. Обязательная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум и др.)	Количество в библиотеке
1	Бортников Л.Н. Альтернативные топлива. Современные вопросы применения водорода в поршневых ДВС: учебное пособие / Бортников Л.Н., Павлов Д.А., Шайкин А.П., Дерячев А.Д.; Самарский научный центр РАН, Самара. 2016. 159 с.: ил. ISBN 978-5-93424-772-1	Учебное пособие	15
2	Шайкин А.П. Расчет концентрации несгоревших углеводородов в отработавших газах ДВС (учебное пособие) / Шайкин А.П., Ивагин П.В., Галиев И.Р.; Самарский научный центр РАН, Самара. 2014. 60 с.: ил. ISBN 978-5-93424-720-2	Учебное пособие	14
3	Кавтарадзе Р. З. Теория поршневых двигателей: спец. Гл. : учеб. Для студ. Вузов, обучающихся по спец. «Двигатели внутреннего сгорания» / Р. З. Кавтарадзе. – Гриф УМО. – Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016. – 719 с.: ил. – Библиогр.: с. 679-700. – Предм. Указ.: с. 701-705. – Имен. Указ.: с. 706-713.	Учебник	25
4	Смоленский В.В. Конструкция и эксплуатационные свойства автомобильных ДВС: учебное пособие / Смоленский В.В. Дзюбан А.М., Смоленская Н.М.; Самарский научный центр РАН, Самара. 2017. 155 с.: ил. ISBN 978-5-93424-790-5	Учебное пособие	20
5	Шайкин А.П. Характеристики распространения пламени и их влияние на образование несгоревших углеводородов и оксида азота в отработавших газах при добавке водорода в топливно-воздушную смесь энергетических установок с искровым зажиганием: (научная монография) / Шайкин А.П., Ивагин П.В., Галиев И.Р., Дерячев А.Д. Самарский научный центр РАН, Самара. 2016. 259 с.: ил. ISBN 978-5-93424-771-4	Монография	2

11.2. Дополнительная литература и учебные материалы (аудио-, видеопособия и др.)

- фонд научной библиотеки ТГУ:

№ п/п	Библиографическое описание	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум и др.)	Количество в библиотеке
1	Шарогразов Б.А., Фарафонов М.Ф., Клементьев В.В. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчет процессов: Учебник по курсу «Теория и рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания» / Под ред. Засл. Деят. Науки Б.А. Шароглазова. – Челябинск: Изд-во ЮурГУ, 2006. – 382 с.	Учебник	25
2	Двигатели внутреннего сгорания: учеб. для вузов. В 3 кн. Кн. 1. Теория рабочих процессов / В. Н. Луканин [и др.]; под ред. В. Н. Луканина [и др.]. – Изд. 3-е, перераб. И испр. – Москва : Высш. Шк., 2007. – 479 с. : ил. – Библиогр.: с. 476.	Учебник	49

- другие фонды:

№ п/п	Библиографическое описание	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, аудио-, видеопособия и др.)	Место хранения (методический кабинет кафедры, городские библиотеки и др.)
1	Автомобильная промышленность	Периодический журнал	Сайт: mash-in.ru
2	Двигателестроение	Периодический журнал	Сайт: rdiesel.ru
3	Журнал автомобильных инженеров	Периодический журнал	сайт журнала: sae-press.ru

СОГЛАСОВАНО

Директор научной библиотеки _____ А.М. Асаева
(подпись) (И.О. Фамилия)

«___» _____ 20__ г.
МП

11.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

- Научная электронная библиотека: <https://elibrary.ru/>
- Электронная библиотека: <http://www.bibliotekar.ru/ekonomika.htm>
- Официальный сайт Российской государственной библиотеки: <https://www.rsl.ru/>
- Официальный сайт компании Консультант-плюс: <http://www.consultant.ru/>

11.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Количество лицензий	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows	1398	№619935341, 2013 г. бессрочный
2	Office Standart	1398	№61935138 от 28.05.2012 бессрочный

11.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий	Перечень основного оборудования	Фактический адрес учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др.	Площадь, м ²	Количество посадочных мест
1	Лаборатория "Анализа ГСМ (УИТ-85)"	Столы ученические, стол преподавательский, стулья, шкаф вытяжной для хранения лаб. посуды и ГСМ, шкаф вытяжной с подводом и сливом воды, лабораторная установка УИТ-85, верстак железный, шкаф для лаб. посуды, стелаж металлический.	445020 Самарская область, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14г, корпус Б, позиция по ТП № 14,15, 1 этаж, (Б-102)	38,8	5
2	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консульта-	Столы ученические двухместные (моноблоки), стол преподавательский, доска аудиторная (меловая), стул, ДВС Д-30-37, настенные плакаты., ДВС В-2, ДВС ЗиЛ 130, ДВС АЗЛК412, ДВС ВА31111., блок картер в сборе РПД, наглядное пособие "Шатуны", газотурбинный двигатель.,	445020 Самарская область, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14г, корпус Б, позиция по ТП № 10, 2 этаж, (Б-208)	95,9	40

№ п/п	Наименование оборудо- ванных учебных кабине- тов, лабораторий, ма- стерских и др. объектов для проведения практи- ческих и лабораторных занятий	Перечень основного обо- рудования	Фактический адрес учебных кабинетов, лабораторий, ма- стерских и др.	Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	ций. Учебная аудито- рия для проведения занятий текущего контроля и промежу- точной аттестации.	редуктор ГТД, элек- трический стенд "Си- стема охлаждения"., электрический стенд "Система смазки", РПД, ДВС ВАЗ 2108, наглядное пособие "Коленчатые валы", наглядное пособие "Поршни" стеллажи с узлами и агрегатами ДВС			
3	Учебная аудитория для проведения заня- тий лекционного ти- па. Учебная аудито- рия для проведения занятий семинарского типа. Учебная ауди- тория для курсового проектирования (вы- полнения курсовых работ). Учебная ауди- тория для проведения групповых и индиви- дуальных консульта- ций. Учебная аудито- рия для проведения занятий текущего контроля и промежу- точной аттестации.	Столы ученические двухместные (моно- блоки), стол препода- вательский, стул пре- подавательский, ка- федра, доска аудитор- ная (меловая)	445020 Самарская область, г. Толь- ятти, ул. Белорус- ская, 14г, корпус Б, позиция по ТП № 24, 2 этаж, (Б- 211)	66,6	48
4	Компьютерный класс. Помещение для само- стоятельной работы. Учебная аудитория для проведения заня- тий семинарского ти- па. Учебная аудито- рия для курсового проектирования (вы- полнения курсовых работ). Учебная ауди- тория для проведения групповых и индиви- дуальных консульта- ций. Учебная аудито-	Столы ученические, стулья ученические, ПК с выходом в сеть Интернет	445020 Самарская область, г. Толь- ятти, ул. Белорус- ская, 14, позиция по ТП № 48, 4 этаж, (Г-401)	84,8	16

№ п/п	Наименование оборудо- ванных учебных кабине- тов, лабораторий, ма- стерских и др. объектов для проведения практи- ческих и лабораторных занятий	Перечень основного обо- рудования	Фактический адрес учебных кабинетов, лабораторий, ма- стерских и др.	Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	рия для проведения занятий текущего контроля и промежу- точной аттестации.				