

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель председателя приемной
комиссии в аспирантуру

«23» 10



Д. А. Таюрский

2024 г.

ПРОГРАММА
вступительного испытания по специальности

Уровень высшего образования: подготовка кадров высшей квалификации

Тип образовательной программы: программа подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Научная специальность: 2.4.7 Турбомашины и поршневые двигатели

Форма обучения: очная

2023 г.

Раздел 1 «Общие указания»

Настоящая программа специальности 2.4.7 Турбомашины и поршневые двигатели составлена на основании требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования.

Вступительное испытание по специальности проводится на русском языке и в письменном виде.

Цель вступительного испытания – определить уровень общей личностной культуры, профессиональной компетенции, теоретической подготовленности, установить глубину профессиональных знаний соискателя ученой степени, уровень подготовленности аспиранта (соискателя) к самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области энергомашиностроения.

Задачи вступительного испытания:

- выявить уровень знаний общих компетенций теоретических исследований в турбомашинах и поршневых двигателях;

- выявить уровень знаний методологических вопросов экспериментальных исследований от постановки задачи, научного поиска, выбора метода и технических средств исследований, планирования, проведения эксперимента, обработки результатов исследований, их анализа, обобщения и оформления результатов эксперимента;

- определить уровень знаний в вопросах математического моделирования турбомашин и поршневых двигателей;

- установить способности соискателя в области проектирования и конструирования турбомашин и поршневых двигателей;

- определить уровень компетенции в области особенностей функционирования узлов и агрегатов в составе турбомашин и поршневых двигателей;

- выявить уровень компетенций в области совершенствования конкурентоспособности турбомашин и поршневых двигателей.

Раздел 2 «Порядок проведения вступительных испытаний»

Продолжительность экзамена составляет 180 минут.

В каждом экзаменационном билете содержатся три вопроса. При оценивании ответа учитывается содержательная полнота ответа, его аргументированность и обоснованность, понимание и осознанность излагаемого при ответе материала, самостоятельность суждений и грамотное оформление ответа. Ответ на вступительном испытании в аспирантуру должен быть четким, конкретным, максимально полным. Ответ должен отражать основные теории и концепции по раскрываемому вопросу, содержать их критический анализ и сопоставление. Испытуемый должен уметь формулировать собственную точку зрения, грамотно аргументировать свою позицию по раскрываемому вопросу. Испытуемый должен быть осведомлен о современных достижениях в области энергомашиностроения. Материал должен быть изложен хорошим профессиональным языком, с грамотным использованием соответствующей системы понятий и терминов.

Раздел 3 «Критерии оценивания»

Вступительное испытание в аспирантуру оценивается по 100 балльной шкале (с общим объемом кратным 5):

40-59 баллов – удовлетворительно;

60-79 баллов – хорошо;

80-100 баллов – отлично.

Баллы	Критерии оценивания
80-100	<ol style="list-style-type: none">1. Полностью раскрыл проблему, изложенную в задании;2. Может грамотно проанализировать и аргументировать свои выводы;3. Показал свою компетенцию в области перспектив совершенствования колесные и гусеничных машин;
60-79	<ol style="list-style-type: none">1. Тема вопроса раскрыта практически полностью. Имеются незначительные упущения;2. Может сформулировать проблему, цели и задачи исследований;3. Хорошо владеет научной терминологией.
40-59	<ol style="list-style-type: none">1. Проблему раскрыл не более чем наполовину;2. Не может четко сформулировать проблему;3. Путается в научной терминологии.

Раздел 4 «Вопросы программы вступительного испытания в аспирантуру»

№ п/п	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания	<p>Термодинамические циклы поршневых двигателей. Параметры рабочих циклов. Анализ показателей циклов. Циклы комбинированных двигателей. <i>Рабочие тела</i> в ДВС. Топлива, их основные свойства. Реакции сгорания жидких и газообразных топлив. Полное и неполное сгорания топлива. Стехиометрическое количество воздуха, коэффициент избытка воздуха. Состав горючей смеси и продуктов сгорания. Теплота сгорания горючей смеси. Теплоемкость и внутренняя энергия смеси и продуктов сгорания.</p> <p>Процессы газообмена в двигателях. Параметры рабочего тела в цилиндре в конце процессов выпуска и зарядки. Газообмен в 4-тактных двигателях. Фазы газораспределения. Процессы выпуска, наполнения, продувки и дозарядки цилиндра. Показатели процессов газообмена. Суммарный коэффициент избытка воздуха. Коэффициенты наполнения и остаточных газов.</p>

Газообмен в 2-тактных двигателях. Действительная и геометрическая степень сжатия. Схемы газообмена. Основные периоды газообмена. Коэффициенты наполнения, остаточных газов, избытка продувочного тела, продувки, КПД очистки.

Процесс сжатия. Физические и химические процессы, протекающие в рабочем теле в процессе сжатия. Особенности процессов сжатия в двигателях с разделенными камерами сгорания.

Процессы смесеобразования в двигателях. Показатели качества горючей смеси. Внешнее и внутреннее смесеобразование. Испаряемость капель и пленок жидких топлив. Методы распыливания жидких топлив и суспензий. Размеры капель и формы струи распыленного топлива. Объемное, пленочное, объемно-пленочное и послойное внутреннее смесеобразование.

Воспламенение горючих смесей. Распространение пламени по объему камер сгорания. Фазы сгорания. Концентрационные пределы распространения фронта пламени. Сгорание в разделенных и неразделенных камерах. Скорость распространения фронта пламени, характеристики тепловыделения, период задержки воспламенения, продолжительность сгорания, максимальные давления сгорания, скорости нарастания давлений. Расчет параметров рабочего тела в период сгорания. Экспериментальные методы исследования сгорания. Токсичность продуктов сгорания, способы ее снижения. Механизмы образования токсичных веществ. Оценка экологической безопасности двигателей по полному жизненному циклу. Стандарты ISO 14000.

Процесс расширения. Теплоотдача в стенки, догорание топлива. Расчет состояния рабочего тела в процессе расширения.

Индикаторные и эффективные показатели двигателей. Среднее индикаторное давление. Удельный индикаторный расход топлива; индикаторный КПД. Составляющие механических потерь. Среднее давление трения, мощность механических потерь, механический КПД. Среднее эффективное давление, эффективная мощность двигателя. Удельный эффективный расход топлива, эффективный КПД двигателя.

Методы повышения эффективной мощности

		<p>двигателя. Литровая мощность, поршневая мощность, комбинированные показатели. Наддув как способ повышения удельной мощности двигателя. Схемы комбинированных двигателей. Системы наддува.</p> <p>Внешний и внутренний тепловой балансы двигателей. Составляющие теплового баланса. Теплоотдача в двигателях и теплонапряженность деталей.</p> <p>Режимы работы и характеристики двигателей. Совместная работа двигателей и потребителей мощности. Способы регулирования работы двигателей (качественное, количественное, смешанное регулирование, изменение рабочего объема).</p> <p>Оптимизация рабочего процесса двигателей. Критерии оптимизации. Ограничения при оптимизации. Параметры оптимизации.</p>
2.	Конструирование двигателей внутреннего сгорания	<p>Принципы работы и классификация поршневых двигателей. Особенности устройства и работы отдельных видов поршневых двигателей (роторно-поршневого двигателя, дизель-молота, двигателя с внешним подводом теплоты).</p> <p>Общие принципы конструирования двигателей. Компоновочные схемы двигателей. Типаж, мощностные ряды. Основные показатели, характеризующие конструкции двигателей. Полный жизненный цикл двигателя. Этапы проектирования и автоматизированное проектирование. CALS-технологии в двигателестроении. Системы CAD/CAM/CAE/PDM.</p> <p>Методы расчетов на прочность деталей двигателей. Численные методы моделирования теплового и напряженно-деформированного состояния деталей. Метод конечных элементов. Выбор расчетных режимов. Оценка прочности узлов и деталей двигателя с учетом переменной механической и тепловой нагрузок. Параметры, характеризующие надежность двигателей.</p> <p>Поршни, поршневые пальцы и кольца, расчет их теплового и напряженно-деформированного состояния.</p> <p>Шатуны, стержни шатунов, поршневые и кривошипные головки шатунов, шатунные болты и расчет их на прочность.</p> <p>Коленчатые валы и маховики, определение их</p>

		<p>основных размеров и расчет на прочность.</p> <p>Подшипники скольжения и качения. Основы гидродинамической теории смазки. Несущая способность. Тепловой расчет.</p> <p>Системы управления фазами газораспределения. Механический, пневмогидравлический и электромагнитный приводы клапанов. Компоновка клапанных механизмов. Расчет на прочность деталей механизма газораспределения.</p> <p>Органы газораспределения двухтактных двигателей; золотниковое газораспределение.</p> <p>Цилиндры, блоки цилиндров, гильзы и головки цилиндров. Анализ конструкций, материалы, расчеты на прочность.</p> <p>Перспективы развития поршневых двигателей.</p>
3.	Динамика двигателей	<p>Классификация преобразующих механизмов поршневых двигателей. Кинематика кривошипно-шатунного механизма. Силы и моменты, действующие в двигателе. Внутренняя и внешняя неуравновешенности двигателя и балансировка двигателей.</p> <p>Крутильные, продольные, изгибные и связанные колебания коленчатых валов, приводов систем газораспределения и топливоподачи. Уравнения колебаний. Крутильные колебания разветвленных систем. Определение амплитуд колебаний и напряжений при резонансе. Способы демпфирования колебаний в поршневых двигателях.</p> <p>Шум и вибрации в двигателях, их источники. Допустимые уровни. Снижение шума и вибраций.</p>
4.	Системы двигателей	<p>Топливные системы двигателей с внутренним смесеобразованием. Классификация. Состав и схемы линии низкого давления топливных систем. Топливоподающая аппаратура непосредственного действия.</p> <p>Конструкция топливных насосов высокого давления. Проектирование и расчет ТНВД и его элементов.</p> <p>Конструкции и расчет форсунок и насос-форсунок, их статические гидравлические характеристики, способы запирания форсунок. Проектирование и расчет форсунок. Гидродинамический расчет процесса подачи топлива.</p> <p>Аккумуляторные системы с электронным</p>

управлением. Системы с мультипликаторами давления. Электрогидравлические форсунки. Специальные насосы высокого давления.

Системы впрыска бензина во впускной трубопровод. Пневмомеханическое и электронное регулирование. Центральный и распределенный впрыск. Конструкции, расчет насосов, форсунок, подогревателей и исполнительных устройств. Конструкции и свойства датчиков.

Системы впрыска бензина в цилиндр. Количественный и качественный способы регулирований мощности при непосредственном впрыске.

Системы питания газовых двигателей. Газовая аппаратура ДВС с принудительным и форкамерно-факельным зажиганием. Баллоны, испарители, редукторы, регуляторы давления, газосмесители, клапаны. Системы топливоподачи газожидкостных двигателей. Системы питания газодизелей. Состав систем и способы управления, конструкция элементов.

Системы охлаждения. Классификация, основные схемы. Системы жидкостного охлаждения. Охлаждающие жидкости и их характеристики. Система воздушного охлаждения, схема, конструкция дефлекторов.

Системы смазки, классификация, схемы, элементы системы и расчет их характеристик.

Системы впуска и выпуска. Трубопроводы. Воздушные фильтры. Охладители наддувочного воздуха. Глушители шума на впуске и выпуске. Настройка систем. Методы расчета и анализ конструкций. Моделирование течений газа в газоздушном тракте двигателей.

Способы пуска двигателей. Пусковые качества. Электрическая система пуска. Способы облегчения запуска.

Система энергоснабжения установок ДВС. Системы зажигания. Параметры систем. Системы с механическим прерывателем и бесконтактными датчиками. Адаптивные системы. Системы зажигания в составе систем электронного управления двигателем.

Способы нейтрализации отработавших газов. Дожигание, каталитическая нейтрализация, химические поглотители. Трехкомпонентные нейтрали-

		<p>заторы. Рециркуляция отработавших газов.</p> <p>Системы вторичного использования теплоты. Системы утилизации теплоты выпускных газов и охлаждающих жидкостей двигателей.</p> <p>Системы диагностирования двигателей. Виды диагностики. Методы и возможности безразборной диагностики. Средства обеспечения диагностики двигателей и его систем.</p>
5.	Агрегаты наддува двигателей	<p>Объемные компрессоры, характеристика и особенности работы. Принцип действия и рабочий процесс поршневого компрессора. Принцип действия, и показатели роторных компрессоров. Принцип действия и особенности рабочего процесса роторно-винтового компрессора.</p> <p>Центробежные компрессоры. Работа, затрачиваемая на сжатие воздуха. Процессы в P-V, i-S, T-S диаграммах. Коэффициенты полезного действия. Расчет проточной части компрессора. Входные устройства, типы, расчет параметров потока. Потери при течении воздуха через рабочее колесо. Течение воздуха в диффузоре. Лопаточный и безлопаточный диффузоры. Профилирование лопаток.</p> <p>Газовые турбины для наддува ДВС. Осевые и радиальные турбины. Обтекание газом лопаток. Работа газа на окружности рабочего колеса и коэффициенты полезного действия. Расчет лопаток. Принципы профилирования лопаток. Безлопаточный сопловой аппарат центростремительной турбины.</p> <p>Особенности работы ТКР в составе комбинированного двигателя. Характеристики объемных и центробежных компрессоров и газовых турбин. Понятие об устойчивости работы центробежного и осевого компрессора. Помпаж. Регулирование турбокомпрессоров. Согласование характеристик поршневого двигателя и агрегатов наддува.</p>

<p>6. Основы научных исследований и испытаний двигателей</p>	<p>Понятие измерения. Ошибки измерений. Виды испытаний двигателей. ГОСТы на испытания.</p> <p>Преобразование неэлектрических величин в электрические. Первичные преобразователи. Усилители. Формирователи. Аналого-цифровые преобразователи. Выходные устройства. Осциллографы, потенциометры, мосты. Регистрация результатов. Измерение времени.</p> <p>Измерение стационарных и переменных давлений. Приемники статического и полного давления. Датчики для измерения быстропеременных давлений. Индицирование.</p> <p>Измерение стационарных и мгновенных расходов жидкостей и газов. Измерение скорости нестационарных потоков жидкостей и газов. Термоанемометр и лазерный доплеровский измеритель скорости. Ионный анемометр.</p> <p>Измерение стационарных и нестационарных температур и тепловых потоков в ДВС. Измерения температур в цилиндре двигателя. Токосъемники, бесконтактные способы передачи сигналов от датчиков.</p> <p>Методы химического анализа газов в исследованиях ДВС. Классификация газоанализаторов. Дымомеры. Измерение содержания твердых частиц в выпускных газах.</p> <p>Аппаратура и способы измерения шума и вибрации двигателя. Измерение общего уровня и уровня шума отдельных источников.</p> <p>Оборудование боксов и лабораторий. Испытательные стенды. Гидравлические, электрические и индукторные тормоза и их характеристики. Согласование характеристик тормоза и двигателя. Автоматизированные измерительные комплексы. Интерфейс, средства сбора и первичной обработки сигналов, организация многоканального опроса и синхронизация.</p> <p>Основные понятия математической теории эксперимента. Полные и дробные факторные планы. Планы для получения регрессий с взаимодействующими факторами. Центральные композиционные планы. Ортогональные и ротатабельные планы. Сверхнасыщенные и насыщенные планы. Выделение существенных факторов. Отсеивающие эксперименты.</p>
--	--

		<p>Моделирование двигателей. Виды моделей. Физическое моделирование. Критерии подобия, методы их получения. Математическое моделирование. Классификация математических моделей. Кибернетические модели.</p> <p>Оценивание параметров математических моделей по результатам измерений. Общие положения теории оценивания. Вероятностный и гарантирующий методы.</p>
7.	Химмотология	<p>Моторные нефтепродукты. Элементный, фракционный и групповой составы. Стабильность нефтепродуктов. Низкотемпературные свойства. Противопожарная безопасность. Токсичность нефтепродуктов.</p> <p>Топлива для двигателей с принудительным воспламенением. Детонационная стойкость бензина и ее оценка. Методы определения октановых чисел. Ассортимент бензинов. Новые виды топлив.</p> <p>Топливо для двигателей с воспламенением от сжатия. Классификация топлив. Воспламеняемость топлив и методы ее оценки. Цетановое число и его влияние на пуск и рабочий процесс дизеля. Присадки к топливам.</p> <p>Синтетические топлива, спирты, растительные масла.</p> <p>Газообразные топлива. Природные, попутные, промышленные, генераторные газы. Свойства газообразных топлив. Сжатые и сжиженные газы. Водород как топливо. Диметиловый эфир. Биогаз.</p> <p>Смазочные материалы и их классификация. Требования к моторным маслам. Присадки, улучшающие качество масел. Регенерация масел. Трансмиссионные масла. Классификация трансмиссионных масел. Пластические смазки.</p> <p>Охлаждающие жидкости. Требования к охлаждающим жидкостям. Низкозамерзающие охлаждающие жидкости. Антифризы, тосол. Условия применения.</p>

Вопросы вступительных испытаний

1. Рабочий цикл комбинированного 4-х тактного ДВС. Анализ показателей цикла.
2. Основные показатели рабочего процесса ДВС. Показатели совершенства термодинамического цикла. Оценка.

3. Газообмен в 4-х тактных двигателях. Показатели процесса. Оценка.
4. Газообмен в 2-х тактных двигателях. Схемы газообмена. Показатели процесса. Оценка.
5. Процессы смесеобразования в ДВС. Общая классификация. Особенности процессов смесеобразования дизелей. Оценка перспективности.
6. Процессы сгорания и тепловыделения в ДВС. Показатели процесса сгорания в дизеле. Характеристика тепловыделения дизеля.
7. Токсичность продуктов сгорания ДВС. механизмы образования токсичных веществ. Законодательные требования к выбросам ОГ. Требования специального технического регламента и Правил ЕЭК ООН по токсичности ОГ,
8. Индикаторные и эффективные показатели двигателей. Влияние различных факторов на индикаторные показатели.
9. Методы повышения эффективной мощности ДВС. Анализ перспектив применения различных способов. Оценка. Обоснование. Выводы.
10. Наддув как метод форсирования ДВС. Обоснование широкого применения. Оценка дальнейших перспектив развития метода.
11. Наддув ДВС. Схемы систем наддува. Анализ преимуществ и недостатков различных систем наддува. Оценка.
12. Классификация ДВС. Общие принципы конструирования ДВС. Компоновочные схемы. Принципы конструирования. Основные показатели, характеризующие совершенство конструкции ДВС.
13. Роторно - поршневые ДВС. История развития (желательно). Особенности конструкции и протекания рабочего процесса РПД. Анализ преимуществ, недостатков и перспектив применения.
14. Разработать программу работ по созданию нового продукта (двигателя внутреннего сгорания) по требованиям конкретного потребителя. Представить алгоритм. Показать, доказать и обосновать этапы жизненного цикла. Оценить перспективы.
15. Оценка прочности деталей и узлов двигателя. Методы оценки. Выбор расчетных режимов. Оценка параметров надежности.
16. Системы управления фазами ГРМ. Рассмотреть схемы и компоновки механизмов ГРМ. Оценить.
17. Рассмотреть основные перспективы развития тепловых двигателей в качестве основного элемента энергетической установки для наземного транспорта, мобильных и стационарных установок данном этапе развития. Провести анализ.
18. Топливные системы двигателей с искровым зажиганием. Системы впрыска бензина.
19. Классификация преобразующих механизмов ДВС. Кинематика КШМ. Неуравновешенность ДВС. Способы балансировки двигателей. Анализ.
20. Крутильные колебания валов и приводов систем газораспределения и топливоподачи. Резонанс. Способы демпфирования колебаний в поршневых двигателях.
21. Шум и вибрация в ДВС. Источники. Способы снижения шума и вибраций.
22. Топливоподача в дизелях. Схемы систем. Конструкция различных видов ТНВД.
23. Топливоподача в дизелях. Система «Common -Rail». Схема. Конструкция основных элементов.

24. Требования к топливной аппаратуре современных дизелей. Системы впрыскивания бензина в двигателях легкого топлива. Впрыск бензина во впускной трубопровод (центральный и распределенный впрыск). Конструкция основных элементов. Особенности. Перспективы развития.
25. Система непосредственного впрыскивания бензина. Способы регулирования мощности двигателя при непосредственном впрыске бензина. Анализ.
26. Системы впуска и выпуска. Схемы систем. Анализ конструкций. Методы расчета и настройка систем газоснабжения.
27. Системы питания газовых двигателей. Конструкция основных элементов. Особенности. Перспективы.
28. Системы питания газодизелей. Состав систем и способы управления, конструкция элементов.
29. Система воздушного охлаждения, схема, конструкция дефлекторов. Охлаждающие жидкости и их характеристики.
30. Системы зажигания. Системы с механическим прерывателем и бесконтактными датчиками. Адаптивные системы. Системы зажигания в составе систем электронного управления двигателем.
31. Способы нейтрализации отработавших газов. Современные системы нейтрализации отработавших газов. Схемы систем. Принципы работы. Перспективы.
32. Особенности работы ТКР в составе комбинированного двигателя. Помпаж. Согласование работы ТКР с поршневой частью.
33. Регулирование ТКР. Необходимость. Способы регулирования. Анализ. Общие выводы.
34. Охладители наддувочного воздуха (ОНВ). Назначение. Особенности конструктивного исполнения и их оценка. Параметры оценки эффективности ОНВ. Выводы. Перспективы.
35. ГОСТы на проведение испытаний двигателей. Виды испытаний. Понятие измерений. Ошибки измерений. Виды ошибок и оценка точности измерений.
36. Разработка программы экспериментальных исследований. Согласование характеристик тормозной установки и двигателя. Подбор тормоза. Обоснование и подбор аппаратуры для проведения испытаний. Уточнение методики проведения испытаний.
37. Многофакторный эксперимент. Необходимость. Выделение существенных факторов. Планы многофакторных экспериментов. Обзор. Обоснование выбора конкретного варианта плана.
38. Анализ результатов эксперимента. Обоснование количества опытов.
39. Топлива для ДВС. Детонационная стойкость бензина и ее оценка. Методы определения октановых чисел. Воспламеняемость топлив и методы ее оценки. Цетановое число и его влияние на пуск и рабочий процесс дизеля. Присадки к топливам. Новые виды топлив.
40. Свойства газообразных топлив. Сжатые и сжиженные газы. Водород как топливо. Диметиловый эфир. Биогаз.
41. Присадки, улучшающие качество масел. Моторные масла. Классификация моторных масел.

42. Требования к охлаждающим жидкостям. Низкозамерзающие охлаждающие жидкости.

Раздел 5 «Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение программы вступительного испытания в аспирантуру»

1. Н.Д. Чайнов, А.Н. Краснокутский, Л.Л. Мягков. Конструирование и расчет поршневых двигателей. - МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. - 535 с.
2. Якубович А. И. Системы охлаждения тракторных и автомобильных двигателей. Конструкция, теория, проектирование [Электронный ресурс] : учебное пособие / Якубович А. И. – Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2014. – 473 с. – ISBN 978-985-475-620-2. – Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=435683>.
3. Колчин А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: Учеб. пособие для вузов./ А.И. Колчин, В.П. Демидов — 4-е изд. перераб. и доп.— М.: Высш.шк., 2008. - 496 с.: ил.
4. Суркин В. И. Основы теории и расчёта автотракторных двигателей [Электронный ресурс] / В. И. Суркин. – Санкт-Петербург: Лань, 2013. – Рекомендовано УМО. – ISBN 978-5-8114-1486-4. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=12943.
5. Пашков Л.Т. Основы теории горения. Учебное пособие. - М.: МЭИ (ТУ), 2002. - 125 с.
6. Карташевич А. Н. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. Н. Карташевич, В. С. Товстыка, А. В. Гордеенко. – Москва: Новое знание, 2014. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=49456.
7. Гаврилов А.А. Агрегаты наддува. Курс лекций - Владимир: ВлГУ, 2016. - 46 с.
8. Шароглазов Б.А., Фарафонов М.Ф., Клементьев В.В. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчет процессов – Челябинск: ЮУрГУ, 2004.- 344 с.
9. Космин В. В. Основы научных исследований (Общий курс) : учебное пособие / В.В. Космин. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : РИОР : ИНФРА-М, 2020. - 238 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-369-01753-1. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1088366>
10. Овчаров А. О. Методология научного исследования : учебник / А.О. Овчаров, Т.Н. Овчарова. - Москва : ИНФРА-М, 2020. - 304 с. - (Высшее образование: Магистратура). - ISBN 978-5-16-009204-1. - URL : <https://znanium.com/catalog/product/1081139>
11. Никишин В.Н. Прикладная теория колебаний в автомобиле- и двигателестроении. Учебное пособие. - ФГБОУ ВПО «Кам. гос.инж.-экон. акад.», 2012.- 324 с.