

1. Пояснительная записка

Программа предназначена для поступающих в аспирантуру ГОУ ВПО «Бурятский государственный университет» по специальности 05.04.02
Тепловые двигатели

Программа подготовлена с учетом требований Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по специальности *05.04.02 Тепловые двигатели*.

Цель вступительного экзамена в аспирантуру:

Выявить у соискателей общие представления по теории двигателей внутреннего сгорания, термодинамическим процессам, силы и моменты, действующие в двигателе, общие принципы конструирования двигателей.

Требования к поступающим в аспирантуру по специальности.

Соискатель должен знать:

1. технические характеристики;
2. методы исследования и анализа процессов двигателей;
3. методы проведения технических расчетов; достижения науки и техники, передовой и зарубежный опыт в организации процессов ДВС;
4. новые эффективные рабочие процессы, их возможности и недостатки, методы моделирования, расчета и оптимизации рабочих процессов для разработки экономичных и малотоксичных двигателей;
5. методы расчета и оценки нагрузок в основных деталях поршневых двигателей,
6. способы их конструирования, их технические характеристики,
7. о передовом опыте создания двигателей;
8. основные методы расчета и оценки нагрузок в основных нагруженных механизмах поршневых двигателе.

Соискатель должен уметь:

1. формулировать цель работы по совершенствованию рабочих процессов,
2. использовать современные информационные технологии, выбирать технические решения,
3. проектировать двигатели с заданными параметрами и характеристиками,
4. решать экологические проблемы,
5. находить компромисс между различными требованиями;
6. выбрать эффективные конструктивные решения,
7. провести расчеты основных деталей на базе современных методик;
8. применить кинематические и динамические расчеты для обеспечения высоких экологических и ресурсных показателей двигателей,

2. Содержание программы.

1. Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания

Термодинамические циклы поршневых двигателей. Параметры рабочих циклов. Анализ показателей циклов. Циклы комбинированных двигателей.

Рабочие тела в ДВС. Топлива, окислители, их основные свойства. Реакции сгорания жидких и газообразных топлив. Совершенное, несовершенное, 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.

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.

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 распыления 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 двигателя. Литровая мощность, поршневая мощность, комбинированные показатели. Наддув как способ повышения удельной мощности двигателя. Схемы комбинированных двигателей. Системы наддува.

Внешний и внутренний тепловой балансы двигателей. Составляющие теплового баланса. Теплоотдача в двигателях и теплонапряженность деталей.

Режимы работы и характеристики двигателей. Совместная работа двигателей и потребителей мощности. Способы регулирования работы двигателей (качественное, количественное, смешанное регулирование, регулирование изменением объема).

Оптимизация рабочего процесса двигателей. Критерии оптимизации. Ограничения при оптимизации. Параметры оптимизации.

2. Конструирование двигателей внутреннего сгорания

Принципы работы и классификация поршневых двигателей. Особенности устройства и работы отдельных видов поршневых двигателей (мотокомпрессора, роторно-поршневого двигателя, дизель-молота, мотовибраторов, мото-компрессора и мотогенератора газа, двигателя с внешним подводом теплоты).

Общие принципы конструирования двигателей. Компонентные схемы двигателей. Типаж, мощностные ряды, агрегатирование. Основные показатели, характеризующие конструкции двигателей. Полный жизненный цикл двигателя. Этапы проектирования, автоматизированное проектирование. CALS-технологии в двигателестроении. Современные системы CAD/CAM/CAE/PDM.

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.

Поршни, поршневые пальцы и кольца, расчет их теплового и напряженно-деформированного состояния.

Шатуны, стержни шатунов, поршневые и кривошипные головки шатунов, шатунные болты и расчет их на прочность.

Коленчатые валы и маховики, определение их основных размеров и расчет на прочность.

Подшипники скольжения и качения. Основы гидродинамической теории смазки. Несущая способность. Тепловой расчет.

Системы управления фазами газораспределения. Механический, пневмогидравлический и электромагнитный приводы клапанов. Компоновка клапанных механизмов. Расчет на прочность деталей механизма газораспределения.

Органы газораспределения двухтактных двигателей; золотниковое газораспределение.

Фундаментные рамы, стойки и станины, картеры и поддоны, анализ конструкций, материалы, расчет на прочность.

Цилиндры и блоки цилиндров, втулки и головки (крышки) цилиндров. Анализ конструкций, материалы, расчеты на прочность.

Перспективы развития поршневых двигателей.

3. Системы двигателей

Топливные системы двигателей с внутренним смесеобразованием. Классификация. Состав и схемы линии низкого давления топливных систем. Топливоподающая аппаратура непосредственного действия.

Конструкция топливных насосов высокого давления. Проектирование и расчет топливного насоса высокого давления и его элементов.

Конструкции и расчет форсунок и насос-форсунок, их статические гидравлические характеристики, способы запираания форсунок. Проектирование и расчет форсунок. Гидродинамический расчет процесса подачи топлива.

Системы многотопливных двигателей и системы для подачи тяжелых топлив.

Аккумуляторные системы с электронным управлением типа Common Rail. Системы с мультипликаторами давления. Электрогидравлические форсунки. Специальные насосы высокого давления.

Топливная аппаратура двигателей с внешним смесеобразованием. Способы подачи топлива. Карбюрация, впрыск и смесеобразование. Течение двухфазных смесей. Карбюраторы. Главная дозирующая и вспомогательные системы карбюратора. Многокамерные карбюраторы.

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 впрыскивания 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, конструкции 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. Способы облегчения запуска.

Система энергоснабжения установок ДВС, электрическая система пуска. 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 нейтрализаторы. Рециркуляция отработавших газов.

Системы вторичного использования теплоты. Системы утилизации теплоты выпускных газов и охлаждающих жидкостей двигателей.

Системы диагностирования двигателей. Виды диагностики. Методы и возможности безразборной диагностики. Средства обеспечения диагностики двигателей и его систем.

4. Агрегаты наддува двигателей

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.

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 колесо. Течение воздуха в диффузоре. Лопаточный и безлопаточный диффузоры. Профилирование лопаток. Течение воздуха в сборниках и улитках.

Газовые турбины для наддува ДВС. Активные и реактивные радиальные турбины. Безлопаточный направляющий аппарат радиально-осевой турбины, особенности процесса. Истечение газа из сопел. Обтекание газом решетки лопаток, потери в решетках. Работа газа на окружности рабочего колеса и коэффициенты полезного действия. Расчет решетки сопловых и рабочих лопаток. Принципы профилирования лопаток. Безлопаточный сопловой аппарат центростремительной турбины.

Особенности работы компрессоров и турбин 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.

5. Энергетические машины и установки

Уголь, нефть, природный газ как основные виды топлива, применяемые в настоящее время в энергетике; ядерное топливо и гидроресурсы. Их соотношение и место в настоящем и будущем.

Понятия о нетрадиционных и возобновляемых источниках энергии (ВИА) как альтернативе существующим источникам энергии. Структурная схема,

состав оборудования, особенности работы ДЭУ, ПГУ, ГТУ, характеристики, мощности, классификация, применяемые топлива, теплообменные процессы, основные законы, тепловой и материальный балансы, кпд, влияние на окружающую среду. Новые направления в энергетике и создании перспективных энергоустановках.

Классификация ДВС. Типы, мощности, топлива, кпд, режимы работы, основные законы термодинамики, тепломассообмена.

Применение в различных видах транспортных систем; требования по надежности, безопасности, экономичности и экологичности.

Структурно – логическая схема (блок - схема) автомобиля с двигателем внутреннего сгорания. Виды преобразования энергии, тепломассообмен. Электрооборудование – силовая часть, электроника, автоматика. Автомобиль и окружающая среда.

Требования и нормы по выбросам в окружающую среду (в воздушную и водную); влияние на обслуживающий персонал.

6. Планирование, обработка и анализ эксперимента

Полный факторный эксперимент. Дробный факторный эксперимент. Свойства матриц полного и дробного факторных экспериментов. Проведение эксперимента и обработка результатов опыта. Крутое восхождение по поверхности отклика.

Линейный регрессионный анализ с независимыми переменными. Примеры регрессионного анализа при неравномерном и неравномерном дублировании опытов.

Центральные композиционные планы. Ортогональные планы второго порядка. Ротатабельное планирование второго порядка. Исследование области оптимума, представленной полиномом второй степени. Применение ротатабельного планирования второго порядка для минимизации шероховатости поверхности при обработке металлов резанием.

Модели процесса. Оптимизация много факторного процесса. Некомпозиционные планы второго порядка. Применение некомпозиционных планов второго порядка при исследовании вибродуговой наплавки.

Использование метода неопределенных множителей Лагранжа для поиска условного оптимума функции отклика. Применение ЭВМ для поиска

условного оптимума функции отклика. Применение линейного программирования для поиска условного оптимума функции отклика.

Анализ периодических колебаний. Определение оптимума. Теория массового обслуживания. Прогнозирование. Теория стационарных случайных процессов. Метод статистических испытаний. Задачи анализа. Дифференцирование опытных функций. Интегрирование опытных функций. Сравнение изменчивости различных функций.

3. Вопросы вступительного экзамена

1. Назначение основных механизмов и систем ДВС.
2. В чем разница между системами питания с внешним и внутренним смесеобразованием?
3. В чем разница между ДВС с принудительным зажиганием и самовоспламенением?
4. Основные требования, предъявляемые к системами питания ДВС.
5. По каким признакам классифицируют поршневые двигатели?
6. В чем преимущества систем топливоподачи с впрыском легкого топлива?
7. В чем физический смысл степени сжатия?
8. Рядные, V-образные, W-образные, X-образные, звездообразные компоновочные схемы: краткая характеристика, преимущества, недостатки, применение.
9. Каковы основные требования, предъявляемые к поршневым двигателям (ПД) при выборе компоновки?
10. Каковы основные компоновочные схемы ПД?
11. В чем преимущества и недостатки V-образной компоновочной схемы?
12. В чем преимущества и недостатки компоновочной схемы с рядным расположением цилиндров?
13. Каковы основные факторы определяющие компоновку автотракторных ПД?
14. Каковы основные преимущества и недостатки РПД?
15. В чем преимущества компоновки с горизонтальным расположением цилиндров?
16. Особенности компоновки автотракторных поршневых двигателей.
17. Общие сведения о качествах конструкций
18. Нагруженность деталей двигателя и расчетные режимы
19. Циклическая прочность.
20. Жесткость конструкции
21. Удельное давление и износ деталей
22. Оценка напряженного состояния деталей д. в. с. и прогнозирование запасов прочности.
23. Какими основными факторами характеризуется конструкция ПД?
24. Что понимается под моторесурсом ПД?
25. Какой показатель характеризует металлоемкость конструкции?
26. Каковы расчетные режимы для ПД с принудительным зажиганием?

27. Каковы расчетные режимы для ПД с самовоспламенением?
28. Что понимается под жесткостью конструкции и чем она определяется?
29. Как определяется коэффициент запаса прочности?
30. Какие силы нагружают детали КШМ?
31. Цикл со смешанным подводом теплоты
32. Цикл с подводом теплоты при постоянном объеме
33. Сравнение термодинамических циклов: а) при одинаковых s и q ; б) при одинаковых максимальных T_z p_z и одинаковых минимальных T_a p_a
34. Термодинамические циклы ПД с наддувом
35. Что такое термодинамический цикл?
36. В чем физический смысл понятия «термический КПД»?
37. Какие циклы реализуются в ПД с принудительным зажиганием и самовоспламенением?
38. В чем сущность наддува?
39. Каковы основные способы привода компрессора при наддуве?
40. Что такое теоретический цикл ПД и чем он отличается от термодинамического?
41. Как влияет степень сжатия на КПД цикла?
42. Какими параметрами характеризуется процесс наполнения?
43. Какими параметрами характеризуется процесс сжатия?
44. Какие факторы определяют длительность процесса сжатия в ПД с исправным зажиганием?
45. В чем состоит особенность четырехфазного процесс сгорания в дизеле?
46. В чем сущность детонации и чем она отличается от капельного зажигания?
47. Какие факторы препятствуют возникновению детонации?
48. Какие параметры определяют процессы расширения и впуска?
49. В чем сущность понятия «индикаторная работа»?
50. Каким образом связаны между собой индикаторная работа и индикаторное давление?
51. Как среднее индикаторное давление зависит от частоты вращения коленчатого вала?
52. Каким показателем оценивается степень использования теплоты в действительном рабочем цикле?
53. Как определяется мощность механических потерь?
54. Как связаны индикаторные и эффективные показатели?
55. Каковы основные факторы влияющие на эффективные показатели?
56. Какими показателями определяется степень форсирования двигателя?
57. Какими параметрами оценивается тепловая и механическая напряженность двигателя?

58. Какими параметрами оценивается динамическая напряженность конструкции?
59. Каковы условия получения скоростных характеристик?
60. Каковы характерные частоты вращения коленчатого вала на скоростной характеристике?
61. В чем цель получения скоростной характеристике?
62. Каковы условия получения нагрузочных характеристик?
63. В чем цель получения нагрузочных характеристик?
64. Какие характеристики называют регулировочными?
65. Каковы условия снятия регулировочных характеристик?
66. Каким образом на регулировочных характеристиках определяются α_{μ} , α_{Σ} , Q_{Σ} ?
67. Какими способами может быть увеличена N_{Σ} ?
68. Как уменьшается N_{Σ} при переходе с 4-х на 2-х тактный рабочий цикл?
69. В чем физический смысл удельного эффективного расхода топлива?
70. Каковы основные пути снижения токсичности ПД?
71. Какие основные неисправности дизеля приводят к росту токсичности?
72. Как изменяется содержание CO, CH в отработавших газах с ростом пробега автомобиля?
73. Силы и моменты нагружающие детали КШМ
74. Температурные напряжения и деформации
75. Тепловые нагрузки на детали двигателя и их тепловая напряженность
76. Какие силы действуют на КШМ при работе ПД?
77. Каким образом классифицируют силы инерции масс КШМ?
78. Какие условия необходимо обеспечить при выборе порядка работы цилиндров?
79. Что характеризуют понятия «жаропрочность» и «жаростойкость»?
80. Почему степень форсирования ПД ограничивается тепловой напряженностью его деталей?
81. Какие факторы учитываются при выборе типа двигателя на стадии проектирования?
82. Каким фактором определяется выбор числа и расположения цилиндров?
83. В чем состоят преимущества и недостатки ПД с разными отношениями λ/D ?
84. Какие факторы учитываются при выборе мощности двигателя?
85. Какие показатели характеризуют качество ПД?
86. В каких условиях эксплуатации ПД работает с частым изменением суточного и нагрузочного режима?

87. Каковы основные эксплуатационные требования к двигателю транспортной машины?
88. Что понимается под надежностью ПД?
89. Какие требования предъявляются к системам охлаждения, смазки, топливоподачи?
90. Возможные заменители нефтяных топлив на автомобильном транспорте.
91. Эффективность мероприятий по переводу ДВС на газовое топливо.
92. Применение генераторов конверсии.
93. Использование синтетических топлив в ДВС.
94. Какие топлива можно рассматривать в классе альтернативных?
95. В чем сущность мероприятий обеспечивающих перевод ПД на газовое топливо?
96. В чем сущность конверсии моторного топлива?
97. Особенности спиртовых топлив.
98. Мероприятия, обеспечивающие перевод ПД на спиртовое топливо.
99. Каково соотношение между энергоемкостями аммиака, бензина, метанола, водорода?
100. В чем основная особенность рабочего процесса ПД при использовании водорода?

Основная литература

1. Двигатели внутреннего сгорания. В 4 кн. Кн.2. Теория поршневых и комбинированных двигателей. Учеб. / А.С. Орлин, М.Г. Круглов, Д.Н.Вырубов, Н.А. Иващенко и др. Под ред. А.С. Орлина, М.Г.Круглова. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1983.
2. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн.1. Теория рабочих процессов: Учеб./ В.Н. Луканин, К.А.Морозов, А.С. Хачиян и др. Под ред В.Н. Луканина М.: Высш. шк., 1995.
3. Двигатели внутреннего сгорания. В 4 кн. Кн.3. Конструирование и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей: Учеб. / Д.Н. Вырубов, С.И. Ефимов, Н.А. Иващенко и др. Под ред. А.С.Орлина, М.Г. Круглова 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1984.
4. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн.2. Динамика и конструирование: Учеб./ В.Н. Луканин, И.В. Алексеев, М.Г. Шатров и др. Под ред. В.Н. Луканина. М.: Высш. шк., 1995.
5. Двигатели внутреннего сгорания. В 4 кн. Кн.4. Системы поршневых и комбинированных двигателей. Учеб. / А.С. Орлин, М.Г. Круглов, Д.Н. Вырубов, Н.А.Иващенко и др. Под ред. А.С.Орлина, М.Г. Круглова. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1985.
6. Основы современной энергетики. В 2 тт. Т.1 "Современная теплоэнергетика"; Т.2 "Современная электроэнергетика". 4-е изд., перераб. и доп. под общей редакцией чл.-корр. РАН Е.В. Аметистова. Т.1 А.Д. Трухний, М.А. Изюмов, О.А. Поваров, С.П. Малышенко; под ред. А.Д. Трухния. Т.2 под ред. А.П. Бурмана и В.А. Строева. М.: МЭИ, 2008 г.
7. Чайнов Н.Д., Иващенко Н.А, Краснокутский А.Н., Мягков Л.Л.. Конструирование двигателей внутреннего сгорания: учебник для вузов, обучающихся по специальности "Двигатели внутреннего сгорания" направления подготовки "Энергомашиностроение". М.: "Машиностроение" - 2008, 496 с., ISBN: 978-5-217-03409-3
8. Карминский В.Д. Техническая термодинамика и теплопередача. Курс лекций для ВУЗов ж.д. транспорта. М.: Маршрут. 2005 г.
9. Луканин В.Н., Шатров М.Г., Кричевская Т.Ю. Двигатели внутреннего сгорания. Том 3. Компьютерный практикум. Моделирование процессов в ДВС. 3-е издание. М.:Высшая школа. - 2007г. 414 с. ISBN: 978506004
- 10.Кавтарадзе Р.З. Локальный теплообмен в поршневых двигателях. Учебное пособие.-М.: МГТУ им. Баумана, 2007.-472с.
- 11.Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн. 1. Теория рабочих процессов: Учебник для вузов. В.Н.Луканин, К.А.Морозов, А.С.Хачиян и др.; Под ред. В.Н.Луканина и М.Г.Шатрова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высш.шк., 2005.- 479 с.: ил.
- 12.Колчин А.И., Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. М.: Высшая школа, 2002,- 496 с

Дополнительная литература

1. Воинов А.Н. Сгорание в быстроходных поршневых двигателях. М.: Машиностроение, 1977.
2. Астахов И.В. и др. Топливные системы и экономичность дизелей. М.: Машиностроение, 1990.
3. Крутов В.И. Автоматическое регулирование и управление ДВС. М.: Машиностроение, 1989.
4. Попык К.Г. Динамика автомобильных и тракторных двигателей. М.: Высш. шк., 1972.
5. Круглов М.Г., Меднов А.А. Газовая динамика комбинированных двигателей внутреннего сгорания: Учеб. пособие. М.: Машиностроение, 1988.
6. Горбунов В.В., Патрахальцев Н.Н. Токсичность двигателей внутреннего сгорания: Учеб. пособие. М.: Изд-во РУДН, 1998.
7. Токсичность отработавших газов / В.А. Марков, Р.М. Баширов, В.Г. Кислов и др. Уфа: Изд-во БГАУ, 2000.
8. Байков Б.П. Турбокомпрессоры для наддува дизелей: Справочное пособие. Л.: Машиностроение, 1985.
9. Покровский Г.П. Топливо, смазочные материалы и охлаждающие жидкости. М.: Машиностроение, 1985.
10. Райков И.Я. Испытания двигателей внутреннего сгорания: Учебник. М.: Высш. шк., 1975.
11. Иващенко Н.А., Вагнер В.А., Грехов Л.В. Дизельные топливные системы с электронным управлением: Учебно-практическое пособие. Барнаул: Изд-во АлГТУ, 2000.
12. Румянцев В.В., Тиунов С.В., Биктимтров Р.Л. Регулирование турбокомпрессоров автотракторных двигателей.-Набережные Челны: Изд-во ГОУВПО "кам. гос. инж.-экон. академия", 2010.-163с.