

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Курганский государственный университет»
(КГУ)

Кафедра «Автомобили»



УТВЕРЖДАЮ:

Ректор

/ Дубив Н.В. /

2020 г.

Рабочая программа учебной дисциплины

**ВОЗДУШНЫЙ ТРАКТ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ
ДВИГАТЕЛЯ АВТОМОБИЛЯ**

образовательной программы высшего образования –
программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

15.06.01 Машиностроение
Направленность - Колесные и гусеничные машины

Формы обучения: очная

Курган 2020

Рабочая программа дисциплины «Воздушный тракт системы охлаждения двигателя автомобиля» составлена в соответствии с учебными планами по программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Машиностроение (Колесные и гусеничные машины) для очной формы обучения, утвержденными 28.08.2020.


Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры «Автомобили» «24» сентября 2020 года, протокол № 2.

Рабочую программу составил
доцент

 А.П. ПЕТРОВ

Согласовано:

Заведующий кафедрой
«Автомобили»

 Г.Н. ШПИТКО

Руководитель
программы аспирантуры

 В.Б. ДЕРЖАНСКИЙ

Специалист по учебно-
методической работе управления
образовательных программ

 Г.В. КАЗАНКОВА

Начальник управления
образовательной деятельности

 С.Н. СИНИЦЫН

1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Всего: 5 зачетных единицы трудоемкости (180 академических часов)

Очная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр
		2
Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов в том числе:	16	16
Лекции	10	10
Лабораторные работы	-	-
Практические занятия	6	6
Самостоятельная работа, всего часов в том числе:	164	164
Подготовка к зачету с оценкой	18	18
Другие виды самостоятельной работы (самостоятельное изучение тем (разделов) дисциплины)	146	146
Вид промежуточной аттестации	Зачет с оцен.	Зачет с оцен.
Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов	180	180

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Воздушный тракт системы охлаждения двигателя автомобиля» относится к дисциплинам по выбору подготовки аспирантов по данному направлению 15.06.01 «Машиностроение» Направленность: «Колесные и гусеничные машины».

Дисциплина «Воздушный тракт системы охлаждения двигателя автомобиля» направлена на изучение проблем, связанных с прохождением воздуха через систему охлаждения двигателя транспортных средств и газодинамических закономерностей связанных с этим, элементов участвующих в этих процессах, влиянием внутренних потоков на внешнюю аэродинамику автомобиля, критериев оценки СО и численные методы исследований процессов.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, умениях, приобретенных аспирантами в ВУЗе. Результаты обучения по дисциплине необходимы для выполнения диссертационной работы по данной специальности.

Знания, умения и навыки полученные при освоении дисциплины «Воздушный тракт системы охлаждения двигателя автомобиля», являются необходимыми для успешного написания научно-квалификационной работы.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Целью освоения дисциплины является ознакомление аспирантов с концепциями подачи охлаждающего воздуха для приведения в действие системы охлаждения двигателя автомобиля за счет набегающего потока воздуха и вентиляторной установки.

В ходе изучения дисциплины решаются следующие вопросы: методы создания новых и совершенствования существующих транспортных средств, обладающих высоким качеством, более высокой экономичностью и надежностью.

Задачами изучения дисциплины является формирования у аспирантов следующих знаний, умений и навыков.

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:

ПК-4 - способностью к научно-исследовательской деятельности на всех стадиях разработки транспортных машин с использованием передовых методов расчета и проектирования, исследований и испытаний;

ПК-5 - способностью анализировать состояние и перспективы развития транспортных машин.

В результате изучения дисциплины обучающийся знает:

- типовые схемы систем подачи охлаждающего воздуха для СО двигателя транспортно-технологических средств (ПК-4, ПК-5);

- теорию газовой динамики с связанную с процессами прохождения воздуха через воздушный тракт и взаимосвязь с внешней аэродинамикой автомобиля (ПК-4, ПК-5);

- режимы испытаний элементов, участвующих в подаче воздуха системы охлаждения двигателя, критерии оценки (ПК-4, ПК-5);

- характеристики радиаторов охлаждения и кондиционирования, вентиляторных установок и их влияние на формирование и прохождение воздушного потока через тракт системы охлаждения (ПК-4, ПК-5);
- основы теории и принципы расчета аэродинамики системы охлаждения (ПК-4, ПК-5).

В результате изучения дисциплины обучающийся должен уметь:

- применять современные методы моделирования газодинамических процессов в воздушном тракте системы охлаждения (ПК-4);
- применять современные методы моделирования системы охлаждения и ее элементов (ПК-4);
- планировать и производить экспериментальные исследования элементов системы охлаждения двигателя автомобиля с последующим адекватным оценением полученных результатов (ПК-4);
- проводить критический анализ компоновочных схем систем охлаждения автомобиля и кондиционирования воздуха салона (ПК-4);
- выбирать конструкторские решения элементов системы охлаждения по воздушной части, обеспечивающих поддержание теплового режима двигателя при низких затратах энергии для этого (ПК-4).
- оформлять графическую и текстовую документацию в полном соответствии с требованиями ЕСКД.

Обучающийся должен владеть:

- навыками самостоятельного моделирования 3D объектов (деталей и сборок) (для ПК-4);
- навыками самостоятельного моделирования газо-динамических процессов в системе охлаждения двигателя автомобиля, оптимизации проектирования (для ПК-4);
- навыками подбора и анализа иностранных источников информации (на языке издания) (для ПК-4).

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Учебно-тематический план

Очная форма обучения

Рубеж дисциплины	Шифр раздела, темы дисциплины	Наименование раздела, темы дисциплины	Количество часов по видам учебных занятий	
			Лекции	Лабораторные работы
Рубеж 1	P1	Основы кинематики и динамики газа. Гидравлические сопротивления.	2	-
	P2	Относительное движение газа и твердого тела. Течение газа в канале	2	-
	P3	Вентиляторные установки	2	2
	Рубежный контроль №1			

Рубеж 2	P4	Аэродинамика автомобиля. Связь внешней и внутренней аэродинамики. Аэродинамические исследования автомобилей.	2	-
	P5	Критерии оценки системы охлаждения. Численные методы исследований	2	2
Рубежный контроль №2				1
Всего			10	6

4.2. Содержание лекционных занятий

P1. Тема 1. Основы кинематики и динамики газа.

Свойства воздуха, плотность, вязкость, теплопроводность. Кинематика жидкости и газа. Уравнение неразрывности. Дифференциальные уравнения движения невязкой жидкости (уравнение Эйлера). Уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости. Уравнение изменения количества движения. Уравнение энергии. Система уравнений Навье-Стокса. Элементы газовой динамики. Потенциальное и вихревое течение жидкости.

Тема 2. Гидравлические сопротивления.

Виды гидравлических сопротивлений. Зависимости для определения потерь напора при течении жидкостей и газов в каналах. Пограничный слой. Ламинарное и турбулентное течение жидкостей и газов. Число Рейнольдса. Потери напора на трение при движении жидкости и газа. Понятие о механизме турбулентности. Местные гидравлические сопротивления. Сопротивление элементов, включенных последовательно и параллельно.

P2. Тема 3. Относительное движение газа и твердого тела.

Отрыв пограничного слоя. Распределение давления по поверхности обтекаемого тела. Сопротивление давления. Суммарное сопротивление при обтекании твердого тела.

Тема 4. Течение газа в канале.

Аэродинамический расчет каналов. Аэродинамический расчет разветвленных сетей воздухопроводов.

P3. Тема 5. Вентиляторные установки.

Классификация вентиляторов. Расходно-напорная характеристика вентилятора. Мощность, потребляемая вентилятором и его КПД. Вентиляторные установки. Работа вентилятора на сеть. Параллельная работа вентиляторов на

сеть. Регулирование работы вентиляторной установки. Выбор вентилятора. Аэродинамические испытания вентиляторов.

Р4. Тема 6. Аэродинамика автомобиля. Связь внешней и внутренней аэродинамики.

Составляющие аэродинамического сопротивления автомобиля: сопротивление формы, поверхностное сопротивление, интерференционное сопротивление, сопротивление внутренних потоков. Вопросы механики обтекания автомобилей. Внешнее обтекание автомобиля. Аэродинамические коэффициенты. Взаимодействие внешнего потока, обтекающего автомобиль, и внутреннего потока, проходящего через автомобиль.

Тема 7. Аэродинамические исследования автомобилей.

Моделирование аэродинамических явлений. Теория размерностей. Механическое, электрическое подобие. Методы аналогий. Аэродинамические трубы для испытания автомобилей и моделей. Методы и оборудование для измерений при аэродинамических испытаниях. Измерение давления, скорости температуры, расхода воздуха. Трубка Пито-Прандля. Термоанемометр. Микроманометр.

Р5. Тема 8. Критерии оценки системы охлаждения.

Подача охлаждающего воздуха за счет набегающего воздуха и вентилятора. Баланс энергетических затрат и критерии оптимизации системы охлаждения.

Тема 9. Численные методы исследований.

Численный метод CFD решения задач внешнего и внутреннего течений воздуха. Построение моделей. Начальные и граничные условия. Внутренние задачи. Внешние задачи.

4.3. Практические занятия

4.3.1. Очная форма обучения, практические занятия

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы дисциплины	Наименование практических работ	Норматив времени, часы
3	Вентиляторные установки	Аэродинамические испытания вентиляторов	2
	Рубежный контроль №1		1
5	Численные методы исследований	Численные методы исследований	2

	Рубежный контроль №2	1
	Всего	6

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

При прослушивании лекций рекомендуется в конспекте отмечать все важные моменты, на которых заостряет внимание преподаватель, в частности те, которые направлены на качественное выполнение соответствующих практических работ. Аспиранту рекомендуется отмечать интересные моменты для активного обсуждения в конце лекции.

Для качественного выполнения практических работ необходима самостоятельная подготовка к ним накануне путем повторения материалов лекций. Рекомендуется подготовить вопросы по неясным моментам и обсудить их с преподавателем в начале практической работы.

Преподавателем запланировано применение на занятиях активные и интерактивные технологии, методы и формы обучения.

Практические занятия рекомендуется проводить в форме семинаров по тематике.

Приветствуется групповой метод выполнения практических работ и защиты отчетов, а также обсуждение результатов выполнения практических работ.

Для текущего контроля успеваемости по очной форме обучения используется балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности. Поэтому настоятельно рекомендуется тщательно прорабатывать материал дисциплины при самостоятельной работе, участвовать во всех формах обсуждения и взаимодействия, как на лекциях, так и на практических занятиях в целях лучшего освоения материала и получения высокой оценки по результатам освоения дисциплины.

Выполнение самостоятельной работы подразумевает самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовку к практическим занятиям, к рубежным контролям, подготовку к зачету с оценкой.

Рекомендуемая трудоемкость самостоятельной работы представлена в таблице:

Рекомендуемый режим самостоятельной работы

Наименование вида самостоятельной работы	Рекомендуемая трудоемкость, акад. час.
	Очная форма обуче- ния
Самостоятельное изучение тем дисциплины:	136
Основы кинематики и динамики газа. Гидравлические сопротивления.	27
Относительное движение газа и твердого тела. Течение газа в канале	27
Вентиляторные установки	27

Аэродинамика автомобиля. Связь внешней и внутренней аэродинамики. Аэродинамические исследования автомобилей.	28
Критерии оценки системы охлаждения. Численные методы исследований	27
Подготовка к практическим занятиям (по 2 часа на каждую практическую работу)	6
Подготовка к рубежным контролям (по 2 часа на каждый рубеж)	4
Выполнение контрольной работы	-
Подготовка к зачету с оценкой	18
Всего:	164

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.1. Перечень оценочных средств

1. Балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности обучающихся в КГУ (для очной формы обучения).
2. Отчеты студентов по практическим работам.
3. Банк заданий к рубежным контролям № 1 - № 2.
4. Банк заданий к зачету с оценкой.

6.2. Система балльно-рейтинговой оценки работы обучающихся по дисциплине Очная форма обучения

№	Наименование	Содержание					
		Распределение баллов					
1	Распределение баллов за семестры по видам учебной работы, сроки сдачи учебной работы (доводятся до сведения обучающихся на первом учебном занятии)	Вид учебной работы:	Посещение лекций	Выполнение и защита отчетов по лабораторным работам	Рубежный контроль		Зачет с оценкой
					1	2	
		Балльная оценка:	До 20	До 30	До 10	До 10	До 30
	Примечания:	5 лекций по 4 балла	3 практических занятия по 10 баллов	На 2-м практическом занятии	На 3-м практическом занятии		
2	Критерий пересчета баллов в традиционную оценку по итогам работы в семестре и зачета	60 и менее баллов – неудовлетворительно; 61...73 – удовлетворительно; 74... 90 – хорошо; 91...100 – отлично					

3	Критерии допуска к промежуточной аттестации, возможности получения автоматического зачета (экзаменационной оценки) по дисциплине, возможность получения бонусных баллов	<p>Для допуска к промежуточной аттестации (зачету с оценкой) обучающийся должен набрать по итогам текущего и рубежного контроля не менее 50 баллов и должен выполнить все практические работы.</p> <p>Для получения дифференцированного зачета «автоматически» обучающемуся необходимо набрать за семестр следующее минимальное количество баллов - 68 с оценкой «удовлетворительно».</p> <p>По согласованию с преподавателем обучающемуся, могут быть добавлены дополнительные (бонусные) баллы за активное участие в научной и методической работе, оригинальность принятых решений в ходе выполнения практических работ, за участие в значимых учебных и внеучебных мероприятиях кафедры и выставлен дифференцированный зачет «автоматически» с оценкой «хорошо» или «отлично».</p>
4	Формы и виды учебной работы для неуспевающих (восстановившихся на курсе обучения) обучающихся для получения недостающих баллов в конце семестра	<p>В случае если к промежуточной аттестации (зачету с оценкой) набрана сумма менее 50 баллов, обучающемуся необходимо набрать недостающее количество баллов за счет выполнения дополнительных заданий (до конца последней (зачетной) недели семестра. При этом необходимо проработать материал всех пропущенных практических работ.</p> <p>Формы дополнительных заданий (определяются преподавателем):</p> <ul style="list-style-type: none"> - выполнение и защита отчетов по пропущенным практическим занятиям (1... 2 балла); - прохождение рубежного контроля (баллы в зависимости от рубежа). <p>Ликвидация академических задолженностей, возникших из-за разности в учебных планах при переводе или восстановлении, проводится путем выполнения дополнительных заданий, форма и объем которых определяются преподавателем.</p>

6.3. Процедура оценивания результатов освоения дисциплины

Рубежный контроль 1 предполагает ответы на вопросы по темам лекционных и практических занятий, их выполнение.

Рубежный контроль 2 предполагает выполнение практических работ, ответы на вопросы.

Зачет проводится в устной форме и состоит из ответа на 2 теоретических вопроса. Время, отводимое аспиранту на подготовку к ответу, составляет 1 астрономический час.

Результаты текущего контроля успеваемости и зачета заносятся преподавателем в зачетную ведомость, которая сдается в отдел магистратуры и аспирантуры.

6.4. Примеры оценочных средств для рубежных контролей зачета

Вопросы к зачету с оценкой

1. Свойства воздуха, плотность, вязкость, теплопроводность. Кинематика жидкости и газа. Уравнение неразрывности.

2. Дифференциальные уравнения движения невязкой жидкости (уравнение Эйлера). Уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости. Уравнение изменения количества движения.

3. Потенциальное и вихревое течение жидкости.

4. Виды гидравлических сопротивлений. Зависимости для определения потерь напора при течении жидкостей и газов в каналах.
5. Пограничный слой. Ламинарное и турбулентное течение жидкостей и газов. Число Рейнольдса. Потери напора на трение при движении жидкости и газа. Понятие о механизме турбулентности.
6. Местные гидравлические сопротивления. Сопротивление элементов, включенных последовательно и параллельно.
7. Отрыв пограничного слоя. Распределение давления по поверхности обтекаемого тела. Сопротивление давления. Суммарное сопротивление при обтекании твердого тела.
8. Аэродинамический расчет каналов. Аэродинамический расчет разветвленных сетей воздухопроводов.
9. Классификация вентиляторов.
10. Расходно-напорная характеристика вентилятора. Мощность, потребляемая вентилятором и его КПД.
11. Вентиляторные установки.
12. Работа вентилятора на сеть. Параллельная работа вентиляторов на сеть. Регулирование работы вентиляторной установки.
13. Выбор вентилятора. Аэродинамические испытания вентиляторов.
14. Составляющие аэродинамического сопротивления автомобиля: сопротивление формы, поверхностное сопротивление, интерференционное сопротивление, сопротивление внутренних потоков. Вопросы механики обтекания автомобиля.
15. Внешнее обтекание автомобиля. Аэродинамические коэффициенты. Взаимодействие внешнего потока, обтекающего автомобиль, и внутреннего потока, проходящего через автомобиль.
16. Моделирование аэродинамических явлений. Теория подобия. Механическое, электрическое подобие. Методы аналогий.
17. Аэродинамические трубы для испытания автомобилей и моделей.
18. Методы и оборудование для измерений при аэродинамических испытаниях. Измерение давления, скорости температуры, расхода воздуха. Труба Дито-Прандтля. Термоманометр. Микроманометр.
19. Подача охлаждающего воздуха за счет набегающего воздуха на вентилятор.
20. Баланс энергетических затрат и критерии оптимизации системы охлаждения.
21. Численный метод CFD решения задач внешнего и внутреннего течений воздуха.
22. Построение моделей. Начальные и граничные условия.
23. Внутренние задачи.
24. Внешние задачи.

Пример тестового задания для рубежного контроля 1

Если известен объемный расход воздуха, как определить массовый расход?

1. Связи между объемным расходом и массовым нет.
2. Необходимо умножить объемный расход на плотность воздуха.
3. Необходимо объемный расход разделить на плотность воздуха.

Правильный ответ - 2.

В уравнении Бернули $p + \rho v^2/2 + \rho g z = const$, что обозначает второй член?

1. Скорость воздуха.
2. Динамический напор воздуха.
3. Массовый расход воздуха.

Правильный ответ - 2.

В уравнении Бернули $p + \rho v^2/2 + \rho g z = const$, в расчетах потока в воздушном тракте системы охлаждения, каким членом можно пренебречь?

1. Первым членом p , поскольку он не меняется ни при каких обстоятельствах.

2. Третьим членом, поскольку гравитационная составляющая в тандеме практически не меняется.
3. Второй член, поскольку плотность не зависит от скорости.

Правильный ответ - 2.

Пример тестового задания для рубежного контроля 2

Расходно-напорная характеристика вентилятора, это

1. Это соотношение напора к расходу воздуха, создаваемого вентилятором.
2. Это произведение расхода и напора, создаваемых радиатором.
3. Это сопротивление, оказываемое вентилятору.

Правильный ответ - 1.

22. *От чего зависит расход, создаваемый вентилятором, воздуха в сети?*

1. От внешних факторов.
2. От давления.
3. От сопротивления сети.

Правильный ответ - 3.

Что измеряют с помощью трубка Пито-Прандля?

1. Плотность воздуха.
2. Давление воздуха.
3. Скорость воздуха.

Правильный ответ - 3.

6.5. Фонд оценочных средств

Полный банк заданий для текущего, рубежных контролей и промежуточной аттестации по дисциплине, методические материалы, определяющие процедуры оценивания образовательных результатов, приведены в учебно-методическом комплексе дисциплины.

7. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

7.1. Основная учебная литература

1. Алямовский, А. А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation [Электронный ресурс] / А. А. Алямовский. - М.: ДМК Пресс, 2010. - 464 с.: ил. - Доступ из ЭБС «Znanium.com».
2. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике: Практическое пособие / Алямовский А.А., Собочкин А.А., Одинцов Е.В. - СПб:БХВ-Петербург, 2008. - 1038 с. - Доступ из ЭБС «Znanium.com».
3. Аэродинамика автомобиля. Методы испытаний / В.В. Бернацкий, И.С. Степанов, В.Н. Кондрашов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 153 с. - Доступ из ЭБС «Znanium.com».
4. Бернацкий В.В. Исследование аэродинамики автомобиля : монография / В.В. Бернацкий, А.В. Острецов. — М. : ИНФРА-М, 2017. — 256 с. - Доступ из ЭБС «Znanium.com».
5. Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики: Учебник / О.Н. Брюханов, В.И. Коробко, А.Т. Мелик-Аракелян. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 254 с. - Доступ из ЭБС «Znanium.com».

7.2. Дополнительная учебная литература

1. Гидравлические машины. Насосы, вентиляторы, компрессоры и гидропривод : учеб. пособие / Б.В. Ухин. — М. : ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2018. — 320 с. - Доступ из ЭБС «Znanium.com».
2. Аэродинамика воздушного винта/Обуховский А.Д. - Новосиб.: НГТУ, 2009. - 80 с. - Доступ из ЭБС «Znanium.com».

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекционная аудитория, компьютерный класс, мультимедийное оборудование (переносной персональный компьютер, мультимедийный проектор, мультимедийный экран, телевизор).
2. Раздаточный материал.

Аннотация к рабочей программе дисциплины
«Воздушный тракт системы охлаждения двигателя автомобиля»

образовательной программы высшего образования
программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

15.06.01 Машиностроение
Направленность - Колесные и гусеничные машины

Трудоемкость дисциплины: 5 ЗЕ (180 академических часа)

Семестры: 2 (очная форма обучения)

Форма промежуточной аттестации:

Зачет с оценкой 2 семестр

Содержание дисциплины

Основы кинематики и динамики газа. Гидравлические сопротивления. Относительное движение газа и твердого тела. Течение газа в канале. Вентиляторные установки. Аэродинамика автомобиля. Связь внешней и внутренней аэродинамики. Аэродинамические исследования автомобилей. Критерии оценки системы охлаждения. Численные методы исследований.