

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Набережночелнинский институт (филиал)  
Автомобильное отделение



Утверждаю

Первый заместитель директора  
НЧИ КФУ Симонова Л. А.



\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Аэродинамика автомобиля

Направление подготовки: 23.03.02 - Наземные транспортно-технологические комплексы

Профиль подготовки: Автомобили

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
  - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
  - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
  - 6.3. 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
- 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Басыров Р.Р. (Кафедра автомобилей, автомобильных двигателей и дизайна, Автомобильное отделение), RRBasyrov@kpfu.ru

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-9	готовностью пользоваться основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий
ОПК-6	готовностью применять профессиональные знания для минимизации негативных экологических последствий, обеспечения безопасности и улучшения условий труда в сфере своей профессиональной деятельности
ПК-9	способностью в составе коллектива исполнителей участвовать в проведении испытаний наземных транспортно-технологических машин и их технологического оборудования

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- фундаментальные принципы и теоретические основы построения аэродинамических исследований автомобиля;
- основные вопросы аэродинамики автомобиля: аэродинамическое сопротивление, схемы внешнего обтекания, аэродинамический шум, статическое давление разной формы кузовов при различных воздушных потоках;

Должен уметь:

- проводить аэродинамические исследования и сопоставлять основные практические результаты исследований, полученные методами аэродинамических испытаний автомобилей;
- самостоятельно решать задачи аэродинамики автомобилей;

Должен владеть:

навыками для проведения расчетов и анализа характеристик современными методами, в том числе и с применением ЭВМ.

Должен демонстрировать способность и готовность:

применять полученные знания на практике

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.3 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 23.03.02 "Наземные транспортно-технологические комплексы (Автомобили)" и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе в 7, 8 семестрах.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 11 зачетных(ые) единиц(ы) на 396 часа(ов).

Контактная работа - 96 часа(ов), в том числе лекции - 48 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 48 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 264 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 7 семестре; экзамен в 8 семестре.

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

### 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение. Основы аэродинамики автомобиля	7	4	0	2	27
2.	Тема 2. Свойства несжимаемых жидкостей	7	4	0	6	27
3.	Тема 3. Аэродинамические трубы.	7	4	0	4	27
4.	Тема 4. Аэродинамические измерения вне аэродинамической трубы	7	6	0	6	27
5.	Тема 5. Поле потока вокруг автомобиля.	8	8	0	8	39
6.	Тема 6. Аэродинамический шум.	8	8	0	8	39
7.	Тема 7. Аэродинамика грузовых автомобилей	8	6	0	6	39
8.	Тема 8. Аэродинамика легковых автомобилей.	8	2	0	2	30
9.	Тема 9. Обтекание отдельных деталей	8	2	0	2	3
10.	Тема 10. Характер обтекания кабины грузового автомобиля	8	2	0	2	3
11.	Тема 11. Характер обтекания кузова легкового автомобиля	8	2	0	2	3
	Итого		48	0	48	264

#### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

##### Тема 1. Введение. Основы аэродинамики автомобиля

Методология в аэродинамике автомобиля. Родственные области науки. Историческое развитие. Затраты на развитие работ по улучшению аэродинамических свойств автомобиля. Анализ современных кузовов.

Длительная поездка в автомобиле с высоким уровнем шума приводит к быстрой утомляемости водителя и снижает безопасность движения.

##### Тема 2. Свойства несжимаемых жидкостей

Внешнее обтекание автомобиля.

Скорость звука в несжимаемой жидкости бесконечна, то есть любое возмущение немедленно передаётся по всему потоку. Поскольку в реальных жидкостях и газах скорость звука не бесконечна, модель несжимаемой жидкости применима лишь в случаях, когда скорость частиц среды мала в сравнении со скоростью звука (малом числе Маха). В случае неустановившегося движения, для применения модели необходимо также, чтобы время распространения возмущения на расстояние, соответствующее характерному линейному размеру, было бы малым по сравнению со временем существенного изменения движения среды.

##### Тема 3. Аэродинамические трубы.

Аэродинамические трубы для изучения аэродинамических свойств автомобилей. Испытание моделей в уменьшенном масштабе. Обзор автомобильных аэродинамических труб. Методы и оборудование для измерений при аэродинамических испытаниях.

Аэродинамические трубы классифицируют по диапазону возможных скоростей потока (дозвуковые, трансзвуковые, сверхзвуковые, гиперзвуковые), размеру и типу рабочей части (открытая, закрытая), а также поджатию - соотношению площадей поперечных сечений сопла трубы и форкамеры.

##### Тема 4. Аэродинамические измерения вне аэродинамической трубы

Аэродинамические измерения вне аэродинамической трубы (методом выбега, при имитации бокового ветра различными устройствами, испытания системы охлаждения двигателя, загрязнение стекол и деталей кузова).

За автомобилем образуется длинный спутный след, представляющий собой зону сильно завихренного воздушного потока. сорвавшегося с боковых стенок и крыши кузова. При этом на его задней стенке образуется достаточно большое разрежение.

##### Тема 5. Поле потока вокруг автомобиля.

Поле потока вокруг автомобиля. Характер обтекания. Распределение давления. Загрязнение поверхности автомобиля.

Наблюдаются зоны повышенного и пониженного давления, ярко выраженные отрывные течения из-за мало закругленных фронтальных кромок кузова. Если при этом происходит повторное прилегание потока, то образуются, так называемые, обратные (циркулирующие) воздушные потоки. Такие вихревые течения возникают в следующих зонах: за фронтальными и боковыми кромками капота - на его крыше и передних крыльях, в месте пересечения капота и ветрового стекла, на переднем спойлере, в зоне излома ступенчатой части задка кузова типа "седан" с длинным багажником.

#### **Тема 6. Аэродинамический шум.**

Обтекание отдельных деталей. Влияние изменения геометрических параметров формы кузова на аэродинамическое сопротивление автомобиля.

Различают шум внешний, оказывающий воздействие на окружающих, и шум внутренний, оказывающий воздействие на водителя и пассажиров. Значение показателей шума для транспортных средств нормируется ГОСТ и международными стандартами.

#### **Тема 7. Аэродинамика грузовых автомобилей**

Влияние мероприятий, уменьшающих силу сопротивления воздуха, на расход топлива. Коэффициенты аэродинамического сопротивления различных грузовых автомобилей. Пути снижения аэродинамического сопротивления для грузового автомобиля. Пути снижения аэродинамического сопротивления автобусов и автомобилей-фургонов.

#### **Тема 8. Аэродинамика легковых автомобилей.**

Пути снижения аэродинамического сопротивления легковых автомобилей. Будущее аэродинамики автомобилей. Характер обтекания легкового автомобиля зависит от типа, формы и параметров кузова, а также угла натекания и скорости воздушного потока.

После отрыва воздушного потока от поверхности кузова в вихревом следе образуются два противоположно вращающихся продольных вихря, которые при кузове "универсал" индуцируют восходящий поток, а при кузовах "седан" и "хэтчбек" - нисходящий поток в вихревом следе за автомобилем. Такое двухмерное вихревое движение принято называть зоной "спокойной воды", т.е. за автомобилем образуется турбулентный след, состоящий из таких вихрей.

#### **Тема 9. Обтекание отдельных деталей**

Обеспечение оптимальных воздушных потоков для снабжения двигателя воздухом, его охлаждения, вентиляции салона;

Снижение аэродинамического шума.

Работу по снижению аэродинамического сопротивления автомобиля рекомендуется начинать с передней части кузова, затем уже переходить к остальным элементам кузова в последовательности, соответствующей направлению перемещения потока.

#### **Тема 10. Характер обтекания кабины грузового автомобиля**

Обеспечение минимальной силы сопротивления воздуха при движении автомобиля с целью уменьшения расхода топлива или повышения скорости движения;

Уменьшение аэродинамической подъемной силы, стремящейся оторвать автомобиль от дороги и снижающей сцепление колес с дорожным покрытием;

Снижение загрязнения стекол, ручек дверей и других поверхностей автомобиля.

#### **Тема 11. Характер обтекания кузова легкового автомобиля**

Сложным является характер обтекания поднищевой зоны автомобиля. Наличие на днище выступающих конструктивных элементов ходовой части и трансмиссии приводит к торможению протекающего под автомобилем воздушного потока и большим гидравлическим потерям. Кроме того, из-за образования на плоских участках днища пограничного слоя, утолщающегося к кормовой части кузова, возникает дополнительное торможение воздушного потока под автомобилем. Воздействие этих факторов приводит к повышению давления на днище кузова и возникновению действующей на автомобиль подъемной силы.

### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

## 6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

### 6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
<b>Семестр 7</b>			
	<b>Текущий контроль</b>		
1	Лабораторные работы	ОПК-6	3. Аэродинамические трубы.
2	Письменная работа	ОК-9	2. Свойства несжимаемых жидкостей
3	Научный доклад	ОК-9	4. Аэродинамические измерения вне аэродинамической трубы
	<b>Зачет</b>	ОК-9, ОПК-6, ПК-9	
<b>Семестр 8</b>			
	<b>Текущий контроль</b>		
1	Письменная работа	ПК-9, ОПК-6, ОК-9	7. Аэродинамика грузовых автомобилей 8. Аэродинамика легковых автомобилей.
2	Научный доклад	ОПК-6	5. Поле потока вокруг автомобиля.
3	Письменное домашнее задание	ОК-9	6. Аэродинамический шум.
	<b>Экзамен</b>	ОК-9, ОПК-6, ПК-9	

### 6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
<b>Семестр 7</b>					
<b>Текущий контроль</b>					
Лабораторные работы	Оборудование и методы использованы правильно. Проявлена превосходная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения полностью освоены. Результат лабораторной работы полностью соответствует её целям.	Оборудование и методы использованы в основном правильно. Проявлена хорошая теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения в основном освоены. Результат лабораторной работы в основном соответствует её целям.	Оборудование и методы частично использованы правильно. Проявлена удовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения частично освоены. Результат лабораторной работы частично соответствует её целям.	Оборудование и методы использованы неправильно. Проявлена неудовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения не освоены. Результат лабораторной работы не соответствует её целям.	1

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Письменная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	2
Научный доклад	Тема полностью раскрыта. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом по теме работы. Используются надлежащие источники в нужном количестве. Структура работы и применённые методы соответствуют поставленным задачам.	Тема в основном раскрыта. Продемонстрирован средний уровень владения материалом по теме работы. Используются надлежащие источники. Структура работы и применённые методы в основном соответствуют поставленным задачам.	Тема частично раскрыта. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом по теме работы. Используются источники, структура работы и применённые методы частично соответствуют поставленным задачам.	Тема не раскрыта. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом по теме работы. Используются источники, структура работы и применённые методы не соответствуют поставленным задачам.	3
	<b>Зачтено</b>		<b>Не зачтено</b>		
<b>Зачет</b>	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины.		Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.		
<b>Семестр 8</b>					
<b>Текущий контроль</b>					
Письменная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	1

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Научный доклад	Тема полностью раскрыта. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом по теме работы. Используются надлежащие источники в нужном количестве. Структура работы и применённые методы соответствуют поставленным задачам.	Тема в основном раскрыта. Продемонстрирован средний уровень владения материалом по теме работы. Используются надлежащие источники. Структура работы и применённые методы в основном соответствуют поставленным задачам.	Тема частично раскрыта. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом по теме работы. Используются источники, структура работы и применённые методы частично соответствуют поставленным задачам.	Тема не раскрыта. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом по теме работы. Используются источники, структура работы и применённые методы не соответствуют поставленным задачам.	2
Письменное домашнее задание	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьёзные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	3
Экзамен	Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.	Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	

**6.3 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**

**Семестр 7**

## **Текущий контроль**

### **1. Лабораторные работы**

#### Тема 3

Моделирование дороги

Внешнее обтекание автомобилей.

Подкапотное обтекание

Испытание моделей в уменьшенном масштабе.

Обзор автомобильных аэродинамических труб.

Методы и оборудование для измерений при аэродинамических испытаниях.

Аэродинамические трубы по диапазону возможных скоростей потока

Дозвуковые трубы

Трансзвуковые трубы

Сверхзвуковые трубы

### **2. Письменная работа**

#### Тема 2

Обеспечение нормативных требований обзорности

Организация входа и выхода.

Предотвращение отравления воздуха отработанными газами.

Микроклимат в салоне автомобиля.

Требования к микроклимату и учет влияния внешней среды.

Манекены, применяемые при испытаниях рулевых управлений и ремней безопасности.

Компоновка приборной панели

Применение САПР при разработке эскизной компоновки автомобиля.

Основные стадии эскизного проекта.

Определение габаритных размеров автомобиля (высота, ширина передней колеи).

Контурная линия крыши.

### **3. Научный доклад**

#### Тема 4

1. Приборы для измерения скорости воздушного потока (указатели).

2. Приборы для измерений средней скорости воздушного потока.

3. Интеграторы и их принцип работы.

4. Пневмометрическая трубка.

5. Дифференциальная трубка Пито-Прандтля.

6. Термоанемометры и их принцип работы.

7. Имитации бокового ветра различными устройствами.

8. Испытания системы охлаждения двигателя.

9. Загрязнение стекол и деталей кузова.

10. Спутный след.

### **Зачет**

Вопросы к зачету:

1. Предмет аэродинамика.

2. Задачи исследования.

3. Действие сплошной среды на движущееся тело.

4. Параметры, влияющие на аэродинамическое сопротивление твердого тела.

5. Зоны воздушного потока при обтекании тела (потенциальная область, вихревой след и пограничный слой).

6. Разновидности пограничных слоев.

7. Влияние ламинарного и турбулентного потока на коэффициент аэродинамического сопротивления.

8. Градиент скорости.

9. Принципы подобий.

10. Геометрическое и кинематическое подобия.

11. Динамическое подобие.

12. Число Рейнольдса.

13. Приборы для измерения скорости воздушного потока (указатели). Принципы работы.

14. Приборы для измерений средней скорости воздушного потока.

15. Интеграторы и их принцип работы.

16. Пневмометрическая трубка. Принцип работы.

17. Дифференциальная трубка Пито-Прандтля. Устройство и принцип работы.

18. Термоанемометры и их принцип работы.

19. Аэродинамические трубы. Их конструктивные особенности. Преимущества и недостатки.

20. Рабочая зона аэродинамических труб.

## **Семестр 8**

### **Текущий контроль**

#### **1. Письменная работа**

Темы 7, 8

Аэродинамический шум.

Элементы формы кузова, влияющие на аэродинамическое сопротивление легкового автомобиля.

Пути снижения аэродинамического сопротивления грузовых автомобилей.

Влияние бокового ветра на расход топлива грузового автомобиля.

Принципы выбора установки воздухозаборников и отверстий для вывода воздуха из салона.

Аэродинамическое сопротивление автомобиля.

Понятие об аэродинамических силах и моментах. Углы натекания и атаки.

Влияние встречного ветра.

Спойлеры.

Назначение и варианты применения для легковых и грузовых автомобилей.

Трехмерный антропоморфный манекен, его назначение.

Причины нестабильности результатов испытаний манекена.

Посадочный манекен.

Бампер.

#### **2. Научный доклад**

Тема 5

1. Обтекание отдельных деталей кузова.

2. Влияние изменения геометрических параметров формы кузова на аэродинамическое сопротивление автомобиля.

3. Методы измерений сил и моментов, действующих на автомобили в аэродинамической трубе.

4. Моделирование дороги в аэродинамических трубах.

5. Дорожные аэродинамические испытания автомобилей.

6. Метод выбега на горизонтальной дороге.

7. Внешнее обтекание автомобилей.

8. Режимы течения воздушного потока в зависимости от формы тела и давления среды.

9. Срыв потока.

10. Причины возникновения срыва потока.

11. Виды сопротивления воздушной среды.

12. Срывное обтекание и их виды.

#### **3. Письменное домашнее задание**

Тема 6

Основные параметры салона легкового автомобиля и внутренней компоновки кузова.

Зона досягаемости.

Общая компоновка автомобиля и трактора

Группа репрезентативности.

Перцентиль.

Типы кузовов.

Учет типов кузовов и внутритиповых особенностей при проектировании (изменение высоты кузова, применение рамной конструкции).

Рабочее место водителя.

Правильная организация рабочего места водителя при проектировании.

#### **Экзамен**

Вопросы к экзамену:

1. Коэффициент блокировки рабочей зоны.

2. Методы измерений сил и моментов, действующих на автомобили в аэродинамической трубе.

3. Моделирование дороги в аэродинамических трубах.

4. Дорожные аэродинамические испытания автомобилей.

5. Метод выбега на горизонтальной дороге.

6. Внешнее обтекание автомобилей.

7. Режимы течения воздушного потока в зависимости от формы тела и давления среды.

8. Срыв потока.

9. Причины возникновения срыва потока.

10. Виды сопротивления воздушной среды.

11. Срывное обтекание и их виды.

12. Температурный пограничный слой.
13. Толщина температурного пограничного слоя.
14. Распределение температуры в пограничной зоне.
15. Аэродинамический шум.
16. Причины возникновения аэродинамического шума.
17. Трудности проведения экспериментов с масштабной моделью автомобиля для определения относительного движения инородных частиц.
18. Поведения хорошо обтекаемых тел в зависимости от положения в пространстве относительно основания (дорожного полотна).
19. Понятие "базовое тело" при формообразовании кузова легкового автомобиля.
20. Влияние изменения геометрических параметров формы кузова на аэродинамическое сопротивление автомобиля.
21. Элементы формы кузова, влияющие на аэродинамическое сопротивление легкового автомобиля.
22. Создание легкового автомобиля, обладающего очень малым аэродинамическим сопротивлением.
23. Этапы получения контура кузова легкового автомобиля.
24. Понятия базовая форма, базовая модель и модель?.
25. Распределение статического давления вблизи препятствий.
26. Определение механического сопротивления и мощности ветра. Удельная мощность.
28. Распределение давлений на поверхности кузова легкового автомобиля.
29. Зоны полного торможения воздушного потока.
30. Принципы выбора установки воздухозаборников и отверстий для вывода воздуха из салона.
31. Аэродинамическая устойчивость легкового автомобиля при боковом ветре.
32. Влияние насыпи, кустарников, пробелов лесопосадок и т.д. на интенсивность бокового ветра.
33. Пути уменьшения влияния бокового ветра на автомобиль.
34. Влияние бокового ветра на расход топлива грузового автомобиля.
35. Пути снижения аэродинамического сопротивления грузовых автомобилей. Спойлеры.
36. Рабочая зона аэродинамических труб.

#### 6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
<b>Семестр 7</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
Лабораторные работы	В аудитории, оснащённой соответствующим оборудованием, обучающиеся проводят учебные эксперименты и тренируются в применении практико-ориентированных технологий. Оцениваются знание материала и умение применять его на практике, умения и навыки по работе с оборудованием в соответствующей предметной области.	1	25
Письменная работа	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	2	15

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Научный доклад	Обучающиеся самостоятельно пишут работу на заданную тему и сдают преподавателю в письменном виде. В работе производится обзор материала в определённой тематической области либо предлагается собственное решение определённой теоретической или практической проблемы. Оцениваются проработка источников, изложение материала, формулировка выводов, соблюдение требований к структуре и оформлению работы, своевременность выполнения. В случае публичной защиты оцениваются также ораторские способности.	3	10
<b>Зачет</b>	Зачёт нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Обучающийся получает вопрос (вопросы) либо задание (задания) и время на подготовку. Зачёт проводится в устной, письменной или компьютерной форме. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50
<b>Семестр 8</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
Письменная работа	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	1	25
Научный доклад	Обучающиеся самостоятельно пишут работу на заданную тему и сдают преподавателю в письменном виде. В работе производится обзор материала в определённой тематической области либо предлагается собственное решение определённой теоретической или практической проблемы. Оцениваются проработка источников, изложение материала, формулировка выводов, соблюдение требований к структуре и оформлению работы, своевременность выполнения. В случае публичной защиты оцениваются также ораторские способности.	2	15
Письменное домашнее задание	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно дома и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	3	10
<b>Экзамен</b>	Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся даётся время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

## 7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

## 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Технический журнал "Автомобильная промышленность" -

[www.mashin.ru/eshop/journals/avtomobilnaya\\_promyshlennost](http://www.mashin.ru/eshop/journals/avtomobilnaya_promyshlennost)

электронная библиотечная система "ZNANIUM.COM" - <http://znanium.com/bookread.php?book=315072>

электронная библиотечная система Издательства "Лань" - <https://e.lanbook.com/>

## 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.
лабораторные работы	Для подготовки к занятиям рекомендуется обращать внимание на проблемные вопросы, затрагиваемые преподавателем в лекции, и группировать информацию вокруг них. Желательно выделять в используемой литературе постановки вопросов, на которые разными авторами могут быть даны различные оценки. На основании постановки таких вопросов следует собирать аргументы в пользу различных вариантов решения поставленных проблем.
самостоятельная работа	В ходе подготовки к семинарам изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой. Подготовить тезисы для выступлений по всем учебным вопросам, выносимым на семинар. Готовясь к докладу или реферативному сообщению, обращаться за методической помощью к преподавателю. Составить план-конспект своего выступления. Продумать примеры с целью обеспечения тесной связи изучаемой теории с реальной жизнью. Своевременное и качественное выполнение самостоятельной работы базируется на соблюдении настоящих рекомендаций и изучении рекомендованной литературы.
научный доклад	Доклад это научное сообщение, которое звучит на семинарском занятии, заседании студенческого научного кружка или студенческой конференции, которое излагается научным языком. Докладчик должен показать знания в выбранной области наук, владение терминологией, фундаментальными изданиями и трудами в изучаемой области, продемонстрировать владение методологией исследования, обосновать полученные результаты и озвучить выводы. Доклад включает научную актуальность темы, обзор предшествующих работ и формулировку тезиса ? мысли, требующей обоснования (новые неизвестные факты, новые объяснения известных фактов, новые оценки известных фактов).
письменная работа	При написании работы следует выделить небольшое количество (не более 5) заинтересовавших Вас проблем и сгруппировать материал вокруг них. Излагая вопросы темы, следует строго придерживаться плана. Работа не должна представлять пересказ отдельных глав учебника или учебного пособия. Необходимо изложить собственные соображения по существу излагаемых вопросов, внести свои предложения. Общие положения должны быть подкреплены и пояснены конкретными примерами. Излагаемый материал при необходимости следует проиллюстрировать таблицами, схемами, диаграммами и т.д.

Вид работ	Методические рекомендации
зачет	При подготовке к зачету необходимо опираться прежде всего на лекции, а также на источники, которые разбирались на практических занятиях в течение семестра. На черновике, выданном для подготовки к ответу желательно записать свою фамилию, число и группу. Также не следует бояться дополнительных вопросов. Они свидетельствуют не о стремлении помешать студенту отвечать, или "завалить" его, а, скорее всего, о наличии каких-либо недочетов в ответе, которые необходимо устранить, чтобы получить положительную, или более высокую оценку.
письменное домашнее задание	Письменное домашнее задание не должно представлять пересказ отдельных глав учебника или пособия. Необходимо изложить собственные соображения по существу излагаемых вопросов, внести свои предложения. Общие положения должны быть подкреплены и пояснены конкретными примерами. Необходимо провести анализ существующих объектов, согласно выбранной темы.
экзамен	При подготовке к экзамену необходимо опираться прежде всего на лекции, а также на источники, которые разбирались на практических занятиях в течение семестра. При подготовке к экзамену следует использовать учебную литературу, предназначенную для студентов высших учебных заведений. Одной из самых распространенных в настоящее время ошибок студентов ? ответ не по вопросу. Поэтому при подготовке к экзамену следует внимательно вчитываться в формулировку вопроса и уточнить возникшие неясности во время предэкзаменационной консультации.

#### **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

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

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

#### **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;

- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 23.03.02 "Наземные транспортно-технологические комплексы" и профилю подготовки "Автомобили".

Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.3 Аэродинамика автомобиля

**Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Направление подготовки: 23.03.02 - Наземные транспортно-технологические комплексы

Профиль подготовки: Автомобили

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

**Основная литература:**

1. 1. Богатырев А. В. Автомобили [Электронный ресурс] : учебник / А. В. Богатырев, Ю. К. Есеновский-Лашков, М. Л. Насоновский ; под ред. А. В. Богатырева. - 3-е изд., стер. - Москва : НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 655 с. - (Высшее образование : Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-006048-4. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=359184>.
2. Аэродинамика автомобиля. Методы испытаний / В.В. Бернацкий, И.С. Степанов, В.Н. Кондрашов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 153 с.: 60x90 1/16 ISBN 978-5-16-103677-8 (online). - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/524110>
3. Компьютерные модели автомобилей: Учебник / Л.А. Молибощко. - М.: НИЦ Инфра-М; Мн.: Нов. знание, 2012. - 295 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-16-005581-7 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/262314>

**Дополнительная литература:**

1. Климатическая система в современном автомобиле: Практическое пособие / Митин М.А., Пчелинцев Н.И.; Под ред. Митин М.В. - М.: СОЛОН-Пр., 2013. - 72 с.: ISBN 978-5-91359-120-3 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/882808>
2. Системы безопасности автомобилей: Учебное пособие / Савич Е.Л., Капустин В.В. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 445 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат) (Переплёт 7БЦ) ISBN 978-5-16-011868-0 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/544695>
3. Аэродинамика и тепломассообмен газодисперсных потоков: Учебное пособие / Шильяев М.И., - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 288 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат) (Переплёт 7БЦ) ISBN 978-5-91134-976-9 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/486371>
4. Исследование аэродинамики автомобиля : монография / В.В. Бернацкий, А.В. Острецов. М. : ИНФРА-М, 2017. 256 с. (Научная мысль). ? [www.dx.doi.org/10.12737/13329](http://www.dx.doi.org/10.12737/13329). - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/753753>

Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.3 Аэродинамика автомобиля

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 23.03.02 - Наземные транспортно-технологические комплексы

Профиль подготовки: Автомобили

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.