Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 14.08.2026 15:23:30
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735a18011e

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Передовая инженерная школа технологического лидерства FDR

УТВЕРЖДАЮ
Директор
_____ /П.Итурралде /
«26» февраля 2026г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Аэродинамика

Направление подготовки
23.04.02 Наземные транспортно-технологические комплексы

Профиль
Гоночный инжиниринг

Квалификация
магистр

Формы обучения
очная

Москва, 2026 г.

Разработчик(и):

Преподаватель
без учёной степени /Р.В.Зимов/

Согласовано:
Отдел организации
и управления учебным
процессом /Д.Т.Хамдамова/

Руководитель
образовательной программы
директор /П.Итурралде/

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 5
3. Структура и содержание дисциплины 5
   - 3.1 Виды учебной работы и трудоемкость 5
   - 3.2 Тематический план изучения дисциплины 6
   - 3.3 Содержание дисциплины 7
   - 3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 7
   - 3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ) 8
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 8
   - 4.1 Нормативные документы и ГОСТы 8
   - 4.2 Основная литература 8
   - 4.3 Дополнительная литература 8
   - 4.4 Электронные образовательные ресурсы 8
   - 4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 9
   - 4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 9
5. Материально-техническое обеспечение 9
6. Методические рекомендации 9
   - 6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 9
   - 6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 10
7. Фонд оценочных средств 11
   - 7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения 11
   - 7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения 11
   - 7.3 Оценочные средства 11

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Аэродинамика» является формирование у студентов профессиональных компетенций в области аэродинамики наземных транспортных средств, необходимых для проектирования, настройки и оптимизации гоночных автомобилей с учётом современных требований к эффективности, безопасности и экологичности:

К основным задачам освоения дисциплины «Аэродинамика» следует отнести:

- изучение основных законов аэродинамики и их применение к автомобилям;
- освоение методов расчёта и моделирования аэродинамических характеристик транспортных средств;
- применение современных инструментов и технологий аэродинамических исследований (CFD, продувка в аэродинамической трубе);
- анализировать влияние аэродинамики на динамику, управляемость и топливную экономичность гоночных автомобилей;
- навыки практической работы с результатами аэродинамических испытаний и их интерпретации для инженерных решений.

Обучение по дисциплине «Аэродинамика» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	**Индикаторы достижения компетенции**
ОПК-1. Способен ставить и решать научно-технические задачи в сфере своей профессиональной деятельности и новых междисциплинарных направлений с использованием естественнонаучных и математических моделей с учетом последних достижений науки и техники	ОПК-1.1 Знает методы математического моделирования для решения прикладных задач в профессиональной сфере ОПК-1.2 Умеет использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы моделирования, теоретических и экспериментальных исследований ОПК-1.3. Использует в профессиональной деятельности знания о материалах, применяемых для изготовления деталей и сборочных единиц автомобилей, анализирует теоретические и экспериментальные научные исследования по поиску и проверке новых идей совершенствования наземных транспортно-технологических машин, их технологического оборудования

ОПК-5. Способен применять инструментарий формализации научно-технических задач, использовать прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования систем и процессов.	ОПК 5.1 Использует прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач ОПК-5.2 Определяет перечень ресурсов и программного обеспечения для использования в профессиональной деятельности

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части блока Б1 «Дисциплины (модули)».
В обязательной части базового цикла (Б1.1):
– Электронные блоки управления гоночных автомобилей,
– Теория автомобиля,
– Системы сбора и анализа данных гоночных автомобилей,
– Конструкция гоночных автомобилей

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

(по формам обучения)

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			2
1	**Аудиторные занятия**	**36**	36
	В том числе:		
1.1	Лекции		18
1.2	Семинарские/практические занятия		18
1.3	Лабораторные занятия		
2	**Самостоятельная работа**	**72**	72
3	**Промежуточная аттестация**		
		Зачет	
	Итого	**108**	

3.2 Тематический план изучения дисциплины
(по формам обучения)

3.2.1. Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	Раздел 1 Основы аэродинамики наземных транспортных средств						
1.1	Тема 1 Введение в аэродинамику автомобилей. Основные понятия и определения		2				6
1.2	Тема 2 Силы и моменты, действующие на автомобиль при движении		2	2			6
1.3	Тема 3 Аэродинамическое сопротивление и способы его снижения		2	2			6

2	Раздел 2 Аэродинамические силы и моменты, действующие на автомобиль						
2.1	Тема 1 Подъёмная сила, прижимная сила, балансировка автомобиля		2	2			6
2.2	Тема 2 Влияние аэродинамики на динамику, управляемость и безопасность		2				6
3	Раздел 3 Методы исследования аэродинамики (экспериментальные и численные)						
3.1	Тема 1 Методы экспериментальных исследований: продувка в аэродинамической трубе		2	2			6
3.2	Численные методы: основы CFD-моделирования (Computational Fluid Dynamics).			2			6
4	Раздел 4 Аэродинамика гоночных автомобилей: особенности и требования						
4.1	Тема 1. Аэродинамика гоночных автомобилей: специфика требований и решений.		2				6
4.2	Тема 2Современные инновации: активные аэродинамические элементы, системы регулирования		2				6
5	Раздел 5 Влияние аэродинамики на динамику, управляемость и безопасность						
5.1	Тема 1. Влияние аэродинамики на управляемость, торможение и устойчивость		2				12
6	Раздел 6 Современные тенденции и инновации в аэродинамике гоночных автомобилей						
6.1	Тема 1 Перспективы развития аэродинамики в автоспорте			4			6
Итого		**108**	**18**	**18**	**-**	**-**	**72**

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Основы аэродинамики наземных транспортных средств

Тема 1. Введение в аэродинамику автомобилей. Основные понятия и определения. Обзор истории развития аэродинамики автомобилей, ключевые термины (поток, турбулентность, пограничный слой), значение аэродинамики для эффективности и безопасности.

Тема 2. Силы и моменты, действующие на автомобиль при движении. Рассмотрение основных аэродинамических сил (лобовое сопротивление, подъёмная сила, боковая сила), моментов крена, тангажа и рыскания, их влияние на поведение автомобиля.

Тема 3. Аэродинамическое сопротивление и способы его снижения. Анализ источников сопротивления, методы снижения (оптимизация формы кузова, обтекатели, спойлеры), влияние на расход топлива и максимальную скорость.

Раздел 2. Аэродинамические силы и моменты, действующие на автомобиль

Тема 4. Подъёмная сила, прижимная сила, балансировка автомобиля. Понятие прижимной силы, способы её создания (антикрылья, диффузоры), балансировка между осями для оптимальной управляемости.

Тема 5. Влияние аэродинамики на динамику, управляемость и безопасность. Связь аэродинамических характеристик с устойчивостью, тормозными свойствами, поведением на высоких скоростях и в поворотах.

Раздел 3. Методы исследования аэродинамики (экспериментальные и численные)

Тема 6. Методы экспериментальных исследований: продувка в аэродинамической трубе. Организация испытаний, типы аэродинамических труб, измеряемые параметры, анализ результатов.

Тема 7. Численные методы: основы CFD-моделирования (Computational Fluid Dynamics). Введение в CFD, этапы моделирования, программное обеспечение, интерпретация результатов расчёта потоков.

Раздел 4. Аэродинамика гоночных автомобилей: особенности и требования

Тема 8. Аэродинамика гоночных автомобилей: специфика требований и решений. Особенности аэродинамики для различных гоночных серий (Формула 1, кузовные гонки), требования к прижимной силе, охлаждению, минимизации сопротивления.

Тема 9. Современные инновации: активные аэродинамические элементы, системы регулирования. Обзор активных элементов (регулируемые антикрылья, DRS, системы управления потоком), их влияние на скорость и управляемость.

Раздел 5. Влияние аэродинамики на динамику, управляемость и безопасность

Тема 10. Влияние аэродинамики на управляемость, торможение и устойчивость. Анализ зависимости поведения автомобиля от распределения аэродинамических сил, влияние на работу подвески и тормозной системы.

Раздел 6. Современные тенденции и инновации в аэродинамике гоночных автомобилей

Тема 11. Перспективы развития аэродинамики в автоспорте. Новые материалы, интеграция аэродинамики с электроникой, тенденции в дизайне гоночных автомобилей будущего.

3.3.1. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

Семинар 1. Решение задач по расчёту аэродинамических сил и моментов

Практическое применение формул для вычисления лобового сопротивления, подъёмной и прижимной силы, моментов. Анализ влияния скорости, формы кузова и угла атаки на аэродинамические характеристики.

Семинар 2. Анализ результатов продувки моделей автомобилей в аэродинамической трубе

Изучение типовых отчётов по продувке, интерпретация графиков и таблиц, определение зон максимального и минимального давления, выявление возможностей для оптимизации формы автомобиля.

Семинар 3. Практическое занятие по CFD-моделированию (работа с программным обеспечением)

Основы работы в среде CFD: создание геометрии, построение сетки, задание граничных условий, запуск расчёта, анализ полей скоростей и давлений, формулировка выводов по результатам моделирования.

Семинар 4. Сравнительный анализ аэродинамических решений различных гоночных серий

Групповая работа: сравнение аэродинамических концепций (например, Формула-1, DTM, LMP, NASCAR), выявление преимуществ и недостатков различных подходов к созданию прижимной силы и снижению сопротивления.

Семинар 5. Разработка предложений по оптимизации аэродинамики конкретного гоночного автомобиля

Индивидуальное или групповое задание: анализ исходных данных по автомобилю, выявление «узких мест» аэродинамики, предложение конкретных конструктивных изменений (спойлеры, диффузоры, обтекатели) с обоснованием ожидаемого эффекта.

Семинар 6. Защита индивидуальных или групповых проектов по модернизации аэродинамики автомобиля

Публичная презентация результатов работы (до 5 минут), демонстрация расчётов, схем или CFD-результатов, ответы на вопросы по предложенным решениям и их влиянию на динамику и управляемость автомобиля.

3.4 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Отсутствуют курсовые проекты согласно учебному плану

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» — определяет общие требования к образовательным программам.
ФГОС ВО по направлению 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы» — федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, на основе которого разрабатывается рабочая программа.
ГОСТ Р 52302-2004 «Автотранспортные средства. Требования к аэродинамическим характеристикам» — устанавливает методы оценки и требования к аэродинамическим показателям автомобилей.
ГОСТ Р 41.83-2004 (Правила ЕЭК ООН № 83) — регламентирует методы испытаний на выбросы загрязняющих веществ, где аэродинамика влияет на расход топлива и экологичность.
ГОСТ Р 41.95-2005 (Правила ЕЭК ООН № 95) — требования к защите водителя при опрокидывании, где аэродинамика влияет на устойчивость.
ГОСТ Р 52051-2003 «Механические транспортные средства и прицепы. Классификация и определения» — содержит терминологию, используемую в аэродинамике транспортных средств.
ГОСТ Р 52388-2005 «Автотранспортные средства. Методы испытаний на аэродинамические характеристики» — описывает методики проведения испытаний в аэродинамической трубе и на дороге.
ГОСТ Р 52926-2008 «Автотранспортные средства. Методы определения коэффициента аэродинамического сопротивления» — стандарт по определению коэффициента лобового сопротивления.
ГОСТ Р 52051-2003 — классификация транспортных средств, используемая при анализе аэродинамических характеристик.
ГОСТ Р 51709-2001 «Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки» — косвенно связан с аэродинамикой через требования к устойчивости и управляемости.

4.2 Основная литература

Песков, В. И. Аэродинамика автомобиля. — М.: Машиностроение, 2020.
Михайловский, Е. В. Аэродинамика автомобиля. — М.: Машиностроение, 2018.
Глаголев, Н. В. Аэродинамика транспортных средств: теория и практика. — СПб.: Питер, 2019.
Hucho, W.-H. Aerodynamics of Road Vehicles (4th ed.). — SAE International, 2017.
Гуськов, А. В. Проектирование и расчёт аэродинамических элементов автомобилей. — М.: Горячая линия — Телеком, 2021.

4.3 Дополнительная литература

Бекман, П. Аэродинамика автомобиля: практическое руководство. — М.: Техносфера, 2016.
Михайловский, Е. В. Конструкция и расчёт гоночных автомобилей. — М.: Машиностроение, 2015.
Сабинин, А. А. Аэродинамика и динамика автомобиля. — М.: Академия, 2017.
Wright, P. Competition Car Aerodynamics: A Practical Handbook. — Veloce Publishing, 2019.
Жданов, С. А. Современные методы CFD-анализа в автомобилестроении. — М.: Инновации, 2020.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

- SAE International (www.sae.org) — международные стандарты, статьи, вебинары по аэродинамике и автоспорту.
- Международная автомобильная федерация (FIA) (www.fia.com) — регламенты, технические руководства, публикации по аэродинамике гоночных автомобилей.
- eLIBRARY.RU (www.elibrary.ru) — крупнейшая российская электронная библиотека научных публикаций по транспорту и аэродинамике.
- КиберЛенинка (cyberleninka.ru) — открытый доступ к научным статьям по тематике аэродинамики транспортных средств.
- каналы: «Формула 1», «SimScale», «SimpliEngineering» — лекции, разборы CFD-моделирования, обзоры аэродинамических решений в автоспорте.
- Программные комплексы для CFD-моделирования: ANSYS Fluent, STAR-CCM+, OpenFOAM — официальные сайты с обучающими материалами и документацией.

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

- ANSYS Fluent — один из ведущих коммерческих пакетов для вычислительной гидродинамики (CFD), позволяющий моделировать сложные аэродинамические процессы, анализировать потоки вокруг автомобиля, рассчитывать силы и моменты.

- STAR-CCM+ — профессиональная CFD-система для комплексного анализа аэродинамики транспортных средств, включая визуализацию потоков, оптимизацию формы и оценку эффективности аэродинамических элементов.
- SolidWorks Flow Simulation — интегрированный модуль для проведения аэродинамических расчётов в среде SolidWorks, удобен для студентов и инженеров на начальных этапах проектирования.
-

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

- Международные и отраслевые базы данных
- SAE International (www.sae.org).Крупнейшая мировая ассоциация инженеров в области транспорта. База содержит стандарты (SAE Standards), технические статьи, отчёты и материалы конференций по аэродинамике, конструкции и испытаниям транспортных средств.
- SpringerLink, ScienceDirect, IEEE Xplore.Международные научные платформы с доступом к рецензируемым статьям, монографиям и сборникам по вычислительной гидродинамике, аэродинамике автомобилей и инновациям в автоспорте.
- FIA Technical Regulations (www.fia.com).Официальная база технических регламентов Международной автомобильной федерации, содержащая требования к аэродинамическим элементам гоночных автомобилей различных серий.
- Российские электронные библиотеки и базы данных
- eLIBRARY.RU (www.elibrary.ru).Крупнейшая российская научная электронная библиотека. Включает полнотекстовые статьи из ведущих российских журналов по транспорту, машиностроению и аэродинамике.
- КиберЛенинка (cyberleninka.ru).Открытая научная электронная библиотека с доступом к российским публикациям по тематике аэродинамики, CFD-моделирования и автоспорта.
- НЭБ (нэб.рф).Национальная электронная библиотека, предоставляющая доступ к диссертациям, монографиям и специализированной литературе по транспортному машиностроению.
- Информационные справочные системы
- ГОСТы и стандарты (consultantplus.ru, gost.ru).Справочно-правовые системы для поиска актуальных национальных стандартов, регламентирующих методы аэродинамических испытаний, требования к транспортным средствам и безопасности.
- Wikipedia, Wolfram Alpha.Используются для быстрого поиска определений, формул, справочных данных по физическим величинам и аэродинамическим коэффициентам (только для предварительного ознакомления и не как основной источник).

5. Материально-техническое обеспечение

- Лекционные аудитории, оснащённые мультимедийным оборудованием (проектор, экран, компьютер, акустическая система) для демонстрации презентаций, видеоматериалов и результатов CFD-моделирования.
- Компьютерный класс с современными персональными компьютерами, объединёнными в локальную сеть с доступом к сети Интернет.
- Установленное лицензионное программное обеспечение для CAD/CAE-моделирования и вычислительной гидродинамики (CFD):
- ANSYS Fluent;
- STAR-CCM+;
- SolidWorks (с модулем Flow Simulation).
-

6. Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Рекомендуется изучать теоретический материал лекций перед семинарскими занятиями для более глубокого понимания практических задач.

При выполнении расчётных и CFD-заданий следует строго придерживаться методических указаний и стандартов оформления отчётов, принятых на кафедре.

Для успешного освоения дисциплины необходимо регулярно выполнять домашние задания и практические работы, так как они формируют основу для зачёта. Перед началом работы с CFD-пакетами (ANSYS Fluent, STAR-CCM+, OpenFOAM) рекомендуется ознакомиться с базовыми руководствами пользователя и пройти вводный инструктаж.

При построении расчётных моделей особое внимание следует уделять качеству сетки и корректности задания граничных условий — это напрямую влияет на достоверность результатов. Для визуализации и анализа результатов расчётов используйте ParaView или встроенные средства CFD-пакетов. Для подготовки к семинарам рекомендуется использовать основную и дополнительную литературу, а также электронные образовательные ресурсы, указанные в рабочей программе. При выполнении групповых проектов важно распределять задачи между участниками, регулярно обсуждать промежуточные результаты и готовить единую презентацию для защиты.

При анализе аэродинамических решений гоночных автомобилей обращайте внимание не только на форму элементов, но и на их влияние на баланс автомобиля и безопасность.

Для успешной сдачи зачёта необходимо владеть основными понятиями аэродинамики, уметь выполнять базовые расчёты сил и моментов, а также анализировать результаты испытаний и CFD-моделирования.Рекомендуется заранее подготовить ответы на типовые вопросы, прорешать задачи из практикумов и повторить материал по всем разделам программы.При защите проекта или выполнении практического задания на зачёте важно чётко и лаконично излагать суть предложенных решений, обосновывать их расчётами и быть готовым ответить на вопросы по теме.

6.1. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Самостоятельная работа студентов представляет собой важнейшее звено учебного процесса, без правильной организации которого обучающийся не может быть высококвалифицированным выпускником. Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов устройства транспортных средств, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины. Самостоятельная работа студентов направлена на изучение теоретического материала, подготовку к лекционным, семинарским (практическим) занятиям; выполнение контрольных заданий.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию. Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Задачами самостоятельной работы студента являются:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к дифференцированному зачету и экзамену.

Студент должен помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с первого семестра и проводить их регулярно. Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

Студент должен помнить, что в процессе обучения важнейшую роль играет самостоятельная работа с технической литературой. Научиться работать с технической литературой - важнейшая задача студента. Без этого навыка будет чрезвычайно трудно изучать программный материал, и много времени будет потрачено нерационально. Работа с технической литературой складывается из

умения подобрать необходимые книги, разобраться в них, законспектировать, выбрать главное усвоить и применить на практике.

7. Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Решение задач на семинарских занятиях: проверка умения применять теоретические знания для расчёта аэродинамических сил, моментов и анализа характеристик.

Выполнение практических работ: оценка навыков работы с программным обеспечением (CFD-моделирование, анализ результатов продувки), а также правильности оформления отчётов.

Тестирование: короткие проверочные работы для контроля усвоения ключевых понятий и терминологии.

Защита расчётных и проектных заданий: устная или письменная защита выполненной работы с ответами на вопросы преподавателя. Коллоквиум: собеседование по отдельным разделам курса для проверки глубины понимания теоретического материала.

Контрольная работа: выполнение комплексного задания, включающего расчётную и аналитическую части.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на другие конструкции
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на другие конструкции.

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

Решение задач на семинарских занятиях.

Пример задания:

Рассчитать полную аэродинамическую силу и момент тангажа, действующие на легковой автомобиль при скорости 100 км/ч. Даны: коэффициент лобового сопротивления $Cx=0{,}30$ $C_x=0{,}30$, площадь миделя $S=2{,}2$ $S=2{,}2$ м², плотность воздуха $\rho=1{,}225$ $\rho=1{,}225$ кг/м³, координаты центра давления. Построить эпюру распределения давления по поверхности кузова. **Критерии оценки:**

- Правильность выбора формул и подстановка исходных данных.
- Корректность вычислений и единиц измерения.
- Полнота и грамотность оформления решения.
- Умение интерпретировать полученный результат.

Выполнение практических работ

Пример задания:

С использованием *CFD*-пакета (*ANSYS Fluent*, *OpenFOAM*) построить модель обтекания модели автомобиля. Определить коэффициенты лобового сопротивления и подъёмной силы, построить поля скоростей и давлений, выявить зоны отрыва потока. Оформить отчёт с выводами. **Критерии оценки:**

- Корректность построения расчётной модели (геометрия, сетка, граничные условия).
- Правильность проведения расчёта и обработки результатов.
- Качество визуализации (графики, схемы).
- Обоснованность выводов и предложений по оптимизации

Защита расчётных и проектных заданий

Пример задания:

Разработать предложения по модернизации аэродинамического пакета для выбранного гоночного автомобиля. Обосновать выбор элементов (антикрыло, диффузор, боковые обтекатели), привести расчёт ожидаемого эффекта, подготовить презентацию. Критерии оценки:

- Актуальность и новизна предложенных решений.
- Обоснованность инженерного расчёта.
- Качество и структура презентации.
- Уверенность ответов на вопросы преподавателя и аудитории.

7.3.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине «Аэродинамика» проводится в форме контрольной работы или коллоквиума (по усмотрению преподавателя) и направлена на комплексную проверку знаний, умений и навыков, полученных студентами в течение семестра.

Форма проведения

Письменная контрольная работа или устный коллоквиум.

Содержание аттестационных материалов

Контрольная работа (или вопросы коллоквиума) охватывает все ключевые разделы курса и включает следующие типы заданий.

Теоретические вопросы (примеры):

Дайте определение коэффициента лобового сопротивления. От каких факторов он зависит?

Объясните физический смысл прижимной силы и её значение для гоночного автомобиля.

Опишите принцип работы диффузора и его влияние на аэродинамику днища автомобиля.

Сравните методы экспериментальных исследований (аэродинамическая труба) и численного моделирования (CFD). Укажите их преимущества и недостатки.

Расчётные задачи (примеры):

Рассчитайте силу аэродинамического сопротивления для автомобиля с площадью миделя 2,1 м², коэффициентом

Cx=0,29C x =0,29 при скорости 120 км/ч.

Определите положение центра давления для заданной модели автомобиля по результатам CFD-расчёта или данных продувки.

Проанализируйте влияние изменения угла атаки заднего антикрыла на баланс прижимной силы между передней и задней осью.

Аналитические задания (примеры):

Проанализируйте предоставленный фрагмент отчёта о продувке в аэродинамической трубе. Определите основные проблемы аэродинамики данного автомобиля и предложите пути их решения.

На основе полей давления, полученных в CFD-расчёте, определите зоны отрыва потока и предложите конструктивные изменения для их устранения.

Критерии оценивания

Отлично: студент демонстрирует глубокое понимание теоретических основ, безошибочно решает расчётные задачи любой сложности, грамотно анализирует данные и делает обоснованные инженерные выводы. Ответы полные, логичные и технически грамотные.

Хорошо: студент владеет основным теоретическим материалом, уверенно решает стандартные расчётные задачи, допускает незначительные неточности в сложных вычислениях или анализе. Выводы в целом верные, но могут требовать небольших уточнений.

Удовлетворительно: студент имеет общее представление о теории, но допускает существенные ошибки в терминологии или базовых определениях. Решает только простые расчётные задачи по шаблону. Анализ данных поверхностный, выводы не всегда обоснованы.

Неудовлетворительно: студент не знает основных теоретических положений курса, не может решить даже простые расчётные задачи, не способен анализировать предоставленные данные и делать выводы.