



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
(РОСАВИАЦИЯ)  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»  
(ВЫБОРГСКИЙ ФИЛИАЛ)**



**УТВЕРЖДАЮ**

Директор филиала

А. А. Новиков

«23» марта 2020 год

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ОП.04. Аэродинамика летательных аппаратов**

---

*(название учебной дисциплины)*

**25.02.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и  
двигателей**

---

*(код, наименование специальности)*

**очная**

---

*(форма обучения)*

2020 г.

Составлена в соответствии с  
требованиями к оценке качества  
освоения выпускниками программы  
подготовки специалистов среднего  
звена по специальности 25.02.01  
*Техническая эксплуатация  
летательных аппаратов и  
двигателей»*

*Рассмотрена и рекомендована  
методическим советом филиала  
Протокол № 5 от 23 марта 2020г*

СОГЛАСОВАНО

Зам. директора по УПР

 С.А. Гутник

## **СОДЕРЖАНИЕ**

	стр.
<b>1. ПАСПОРТ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	4
<b>2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	5
<b>3. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	12
<b>4. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	13

## **1.Паспорт рабочей программы учебной дисциплины**

### **ОП.04 «Аэродинамика летательных аппаратов»**

#### **1.1.Область применения программы.**

Рабочая программа учебной дисциплины является частью основной профессиональной образовательной программы в соответствии с ФГОС СПО по специальности

**25.02.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей"**, утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 апреля 2014 года, № 389.

#### **1.2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы.**

Дисциплина относится к общепрофессиональному циклу.

#### **1.3. Цели и задачи дисциплины - требования к результатам освоения дисциплины.**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

**знать:**

- аэродинамические характеристики крыла и летательного аппарата;
- основы аэродинамики больших скоростей; воздушный винт;
- динамику полета: установившееся и неустойчивое движения летательного аппарата;
- равновесие, устойчивость, управляемость летательного аппарата

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

**уметь:**

- рассчитывать основные уравнения аэродинамики;

#### **Перечень профессиональных компетенций, формированию которых способствуют элементы программы.**

ПК 1.3. Обеспечивать безопасность, регулярность и экономическую эффективность авиаперевозок на этапе технического обслуживания.

ПК 2.4. Принимать участие в оценке экономической эффективности производственной деятельности при выполнении технического обслуживания и контроля качества выполняемых работ.

ПК 2.5. Соблюдать технику безопасности и требования охраны труда на производственном участке.

#### **1.4 Рекомендуемое количество часов на освоение программы дисциплины**

Максимальная учебная нагрузка обучающегося 165 часов, в том числе: - обязательной аудиторной учебной нагрузки обучающегося 110 часов; самостоятельной работы обучающегося 55 часов.

### **2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **«Аэродинамика летательных аппаратов»**

##### **2.1. Объём учебной дисциплины в виды учебной работы.**

<b>Виды учебной работы</b>	<b>Количество часов</b>
<b>Максимально учебная нагрузка(всего)</b>	<b>165</b>
<b>Обязательная аудиторная учебная нагрузка(всего)</b>	<b>110</b>
<b>В том числе:</b>	
лабораторные занятия	-
практические занятия	37
контрольные работы	-
<b>Самостоятельная работа обучающегося(всего)</b>	<b>55</b>
<b>В том числе:</b>	
<i>-выполнение индивидуальных заданий -поиск необходимой информации по инструкции преподавателя -подготовка к ПЗ по методическим рекомендациям преподавателя -подготовка презентаций и выполнение проектных заданий -работа с учебной литературой, учебным сайтом филиала, Интернет-сайтами</i>	
<b>Промежуточная аттестация в форме экзамена</b>	

## 2.2. Тематический план и содержание учебной дисциплины ОП.04 «Аэродинамика летательных аппаратов»

НАИМЕНОВАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ	СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА, ЛАБОРАТОРНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ, САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	ОБЪЕМ ЧАСОВ	УРОВЕНЬ ОСВОЕНИЯ
1	2	3	4
<b>Введение.</b>	<b>Содержание учебного материала</b>	<b>2</b>	
	Предмет Аэродинамика, его содержание и связь с другими предметами. Принципы полета. Самолет, вертолет, их составные части, классификация.	2	1,2
<b>РАЗДЕЛ 1. ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ</b>		<b>135</b>	
<b>ТЕМА 1.1.</b> <b>Основные понятия и законы аэродинамики</b>	<b>Содержание учебного материала</b>	18	
	Параметры и свойства неподвижного воздуха и их изменение по высоте. Атмосфера и ее строение. Таблица стандартной атмосферы. Воздушный поток. Аэродинамическая труба и спектры. Строение воздушного потока вблизи твердого тела. Основные законы аэродинамики (уравнение неразрывности, уравнение Бернулли).	8	1,2
	<b>Практическое занятие</b> Показ работы аэродинамической трубы. Продувка моделей дозвуковым потоком. Спектры обтекания.	4	2
	<b>Самостоятельная работа обучающегося:</b> Выполнение заданий по изучению основных частей самолета, вертолета. Изобразить основные части самолета, вертолета. Определение параметров газа по уравнению неразрывности. ЗАДАНИЯ: Учебные задания для практических занятий по курсу «Аэродинамики», таб 1).	6	3
<b>Тема 1.2</b> <b>Аэродинамические характеристики крыла и самолета.</b>	<b>Содержание учебного материала</b>	<b>18</b>	
	Координатные оси самолета (связанная и скоростная система координат). Геометрические характеристики крыла. Профиль крыла и его параметры. Угол атаки крыла, скольжения, тангажа. Распределение давления по длине профиля. Подъемная сила крыла. Коэффициент подъемной силы. Сила лобового сопротивления крыла. Коэффициент силы лобового сопротивления. Центр давления крыла. Аэродинамическое качество крыла. Подъемная сила самолета. Аэродинамическое качество самолета. Поляра самолета.	7	1,2,3

	<p><b>Практическое занятие</b>  Определение аэродинамических характеристик модели крыла. Построение графиков <math>C_y = f(\alpha)</math>; <math>K = f(\alpha)</math>; <math>C_x = f(\alpha)</math>; Поляра крыла.</p>	3	
	<p><b>Самостоятельная работа обучающегося:</b>  Решение задач по определению подъемной силы крыла, параметров профиля крыла, лобового сопротивления и качества крыла.  ЗАДАНИЯ: журнал для практических занятий по Аэродинамики, работа №2</p>	8	
<b>Тема 1.3</b> <b>Основы аэродинамики больших скоростей.</b>	<p><b>Содержание учебного материала</b></p>	<b>12</b>	
	<p>Большая скорость и её связь со скоростью звука. Сжатие воздуха перед движущимися телами и его связь с числом Маха. Условия получения сверхзвукового потока. Распространение звуковых волн в потоке и скачки уплотнения. Местные скачки уплотнения. Волновой кризис. Методы борьбы с волновым кризисом. Сверхзвуковое обтекание крыла. Аэродинамический нагрев и его последствия. Звуковой удар и его последствия.</p>	6	1,2
	<p><b>Практическое занятие</b>  Расчет параметров сверхзвукового потока (число М, скорость звука, температуры торможения).</p>	2	2
	<p><b>Самостоятельная работа обучающегося:</b>  Решение задач по определению скорости сверхзвукового потока, определению возможности возникновения волнового кризиса, определения температуры торможения на передней кромке крыла.  ЗАДАНИЯ: Учебные задания для практических занятий по курсу «Аэродинамики», таб 2).</p>	4	3
	<p><b>Содержание учебного материала</b></p>	<b>14</b>	
<b>Тема 1.4</b> <b>Особенности аэродинамики НВ на режиме осевого обтекания</b>	<p>Общие понятия о вертолетах, их классификация. Характеристика НВ. Параметры НВ. Угловая скорость вращения НВ, окружная скорость элемента лопасти. Режим работы, угол атаки НВ. Коэффициент режима работы НВ. Индуктивная скорость</p>	7	1,2,3
	<p>Необходимость осевого шарнира. Сила тяги НВ на режиме осевого обтекания (по импульсной теории). Угол атаки элемента лопасти. Геометрическая крутка лопастей. Сила тяги НВ на режиме осевого обтекания по теории элемента лопасти. Коэффициент силы тяги НВ.</p>		

	<b>Практическое занятие</b> Обдувка несущего винта, расчет параметров	3	2
	<b>Самостоятельная работа обучающегося</b> Определение окружных и угловых скоростей НВ вертолета; Рассчитать величину тяги НВ по импульсивной теории. ЗАДАНИЯ: Учебные задания для практических занятий по курсу «Аэродинамики», таб 3).	4	3
<b>Тема 1.5</b> <b>Реактивный момент НВ.</b>	<b>Содержание учебного материала</b>	<b>16</b>	
	Силы сопротивления вращению и их составные части. Крутящий момент, потребный для вращения НВ. Реактивный момент. Уравновешивание действия реактивного момента на вертолетах различных схем. Способы образования и передачи крутящего момента. Мощность, потребная для вращения НВ. Условия постоянства и изменения угловой скорости НВ. Мощность, располагаемая для вращения НВ. Управление тягой НВ. Особенности работы системы соосных НВ.	6	1,2,3
	<b>Практическое занятие:</b> Исследование действия реактивного момента НВ на модели вертолета с	2	
	<b>Самостоятельная работа обучающегося:</b> Определить тягу рулевого винта для компенсации реактивного момента НВ; Определить мощность потребную для вращения НВ; ЗАДАНИЯ: Учебные задания для практических занятий по курсу «Аэродинамики», таб 4).ЗАДАНИЯ № 29, 30 (Л.5д ).	8	
<b>Тема 1.6</b> <b>Особенности аэродинамики НВ на режиме косоугольного обтекания.</b>	<b>Содержание учебного материала</b>	<b>20</b>	
	Сила тяги НВ на режиме косоугольного обтекания. Азимут лопасти. Результирующая скорость элемента лопасти. Тяга лопасти с жестким креплением лопастей, её изменения по азимуту на режиме косоугольного обтекания. Недостатки НВ с жестким креплением лопастей. Необходимость горизонтальных шарниров. Конус и плоскость вращения НВ. Условия равновесия лопастей относительно горизонтального шарнира. Угол взмаха лопастей. Маховые движения лопастей. Компенсация маховых движений (аэродинамическая, поводковая). Изменение углов взмаха по азимуту. Завал оси корпуса НВ и составляющие силы тяги НВ.	8	1,2



	Изменение сил сопротивления вращения по азимуту. Кориолисовы силы лопастей. Изгибающий момент в плоскости вращения втулки. Необходимость вертикальных шарниров. Равновесие лопасти относительно вертикального шарнира. Колебание лопасти относительно вертикального шарнира, необходимость их демпфирования.		
	<b>Практическое занятие</b> Демонстрация работы НВ на режиме косого обтекания на модели НВ с электроприводом.	6	2-3
	<b>Самостоятельная работа обучающегося:</b> Построить график изменения результирующей скорости элемента лопасти по данным конуса и плоскости вращения НВ; Определить составляющие силы тяги НВ	6	3
<b>Тема 1.7</b>	<b>Содержание учебного материала</b>	<b>13</b>	
<b>Центровка и равновесие самолета и вертолета.</b>	Центровка самолета. Пересчет центровки самолета. Центровка вертолета. Пересчет центровки вертолета. Понятие о равновесии самолета и вертолета. Причины, вызывающие нарушение равновесия. Условия равновесия самолета. Разнос горизонтальных шарниров и момент центробежных сил. Условия равновесия вертолета.	4	1,2
	<b>Практическое занятие (4 часа).</b> Расчет центровки ЛА по центровочным графикам. Расчет центровки самолета. Определение момента центробежных при разnose Г.Ш. втулки Н.В.	4	2
	<b>Самостоятельная работа обучающегося:</b> Произвести пересчет центровки. Ознакомиться с центровочным графикам ЗАДАНИЯ: Учебные задания для практических занятий по курсу «Аэродинамики», таб 6, зад1,2).	5	3
<b>Тема 1.8.</b>	<b>Содержание учебного материала</b>	<b>10</b>	
<b>Устойчивость самолетов и вертолетов.</b>	Общее понятие об устойчивости. Фокус крыла, самолета. Продольная устойчивость и её зависимость от центровки. Зависимость продольной устойчивости от скорости и площади горизонтального оперения. Поперечная устойчивость самолета. Путевая устойчивость самолета. Продольная, поперечная, путевая устойчивость вертолета и их зависимость.	6	1,2

	<p><b>Самостоятельная работа обучающегося:</b>  Определить величины продольных, поперечных и путевых стабилизирующих моментов самолета согласно варианта.  <b>ЗАДАНИЯ:</b> Учебные задания для практических занятий по курсу «Аэродинамики», таб 6, зад 3),</p>	4	3
<b>Тема 1.9 Управляемость самолетов и вертолетов</b>	<b>Содержание учебного материала</b>	<b>14</b>	
	Понятие об управляемости ЛА. Продольная, путевая, поперечная управляемость самолета. Продольная, путевая, поперечная управляемость вертолета. Изменение общего и циклического шага несущего винта.	4	1,2
	<b>Практическое занятие</b> Знакомство с системой управления вертолетом. Обдувка моделей самолета и вертолета для определения зависимости устойчивости и управляемости.	6	2
	<b>Самостоятельная работа обучающегося:</b> Изучить макеты автомата перекоса и механизма изменения шага рулевого винта. <b>ЗАДАНИЯ:</b> журнал для практических занятий по Аэродинамики, работа №2	4	3
<b>РАЗДЕЛ П. ДИНАМИКА ПОЛЕТА</b>		<b>28</b>	
<b>Тема 2.1. Динамика полета.</b>	<b>Содержание учебного материала</b>	<b>28</b>	
	<p>Понятие о режимах полета.  Горизонтальный полет самолета (схема сил, условия, тяги и скорость, потребные для горизонтального полета).  Общие понятия о взлете самолета (определение, этапы, характерные скорости, высоты). Общие понятия о посадке самолета (определение, этапы, характерные скорости высоты). Механизация крыла: закрылки, предкрылки, интерцепторы (назначение, работа), роль в обеспечении безопасности и экономичности взлетно-посадочных режимов.  Висение вертолета (определение, схема сил, условия, тяга и мощность, потребные для висения, статический потолок, воздушная подушка).  Вертикальный набор высоты (определение, схема сил, условия, тяга и мощность, потребные для вертикального набора высота).  Вертикальное снижение с работающим двигателем (определение, схема сил, условия, тяга и мощность, потребные для вертикального снижения, вихревое кольцо).</p>	15	1,2,

<p>Горизонтальный полет вертолета (определение, схема сил, условия, тяга и мощность, потребные для горизонтального полета, кривые Жуковского). Причины ограничения минимальной и максимальной скорости</p> <p>Продолжительность и дальность горизонтального полета.</p> <p>Набор высоты по наклонной траектории (определение, схема сил, условия, тяга и мощность, потребные для набора высоты, вертикальная скорость, динамический потолок).</p> <p>Снижение по наклонной траектории (определение, схема сил, условия, тяга и мощность, потребные для снижения). Общая характеристика режима авторотации. Общая характеристика взлета, виды взлета. Общая характеристика посадки, виды посадки.</p>		
<p><b>Практическое занятие</b></p> <p>Исследование работы механизации крыла самолета.</p> <p>Расчет дальности и продолжительности полета.</p>	7	2
<p><b>Самостоятельная работа обучающегося:</b></p> <p>Определение потребных скоростей горизонтального полета; Определение тяги НВ при висении и горизонтальном полете вертолета. Определить тягу, потребную для набора высоты вертолета по наклонной траектории.</p> <p>ЗАДАНИЯ: Учебные задания для практических занятий по курсу «Аэродинамики», таб 7)</p> <p>Подготовка к экзамену</p>	6	3
<b>ВСЕГО</b>	<b>165=110(60)+55</b>	
<b>ЭКЗАМЕН</b>		

Для характеристики уровня освоения учебного материала используются следующие обозначения:

- 1 –ознакомительный (узнавание ранее изученных объектов, свойств);
- 2 –репродуктивный (выполнение деятельности по образцу, инструкции или под руководством)
- 3 –продуктивный (планирование и самостоятельное выполнение деятельности, решение проблемных задач)

### **3. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ.**

#### **3.1. Требования к минимальному материально-техническому обеспечению**

Реализация программы дисциплины требует наличия учебного кабинета «Аэромеханика летательных аппаратов» и лаборатории «Аэромеханика».

##### **Оборудование учебного кабинета:**

- посадочные места по количеству обучающихся;
- рабочее место преподавателя;
- комплект учебно-наглядных пособий.

##### **Технические средства обучения:**

- компьютер с лицензионным программным обеспечением и мультимедиапроектор;
- кадропроектор;
- графопроектор.

##### **Оборудование лаборатории:**

- аэродинамические трубы;
- дымовая аэродинамическая труба;
- моментный центровой прибор с моделью самолета;
- весы для определения аэродинамических сил;
- установка-модель несущего винта с приводом;
- микроманометр ЦАГИ;
- батарейный манометр;
- модели летательных аппаратов и их частей;
- приемники воздушного давления.

#### **3.2 Информационное обеспечение обучения:**

*Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы*

Основные источники

1.Л.Х. Кокунина. Основы аэродинамики. Транспорт 2016г.

2.Д.И. Базов. Аэродинамика вертолетов. Транспорт 2016г.

Дополнительные источники(периодические издание):

1.А.В.Нашукевич. «Аэродинамика самолета. Воениздат, 1966 г.»

2.А.Н.Ефимов«Основы теории полета самолета. Воениздат, 1957 г.»

3.И.В.Кучко «Методические разработки по аэродинамике»

Часть 1. Основные законы аэромеханики. Выборг, 2017г.

Часть2. Аэродинамика самолета. Выборг, 2016г.

Часть 3. Аэродинамика несущего винта. Выборг, 2017г.

4.И.В. Кучко Методическая разработка (сборник заданий) для самостоятельной работы студента по «Аэромеханике», Выборг,2016г.

Кинофильмы:

Н.Я.Фабрикант. Основы аэродинамики - 5 частей: часть 1 - Кинематика жидкости и газа.

часть 2 - Аэродинамика крыла.

часть 3 - Эффекты сжимаемости газовой среды.

часть 4 - Механизации крыла.

часть 5 - Подъемная сила крыла.

***Интернет-ресурсы:***

1.Учебное пособие по аэродинамике. <https://studfiles.net/preview/2989748/>

2.Основы аэродинамики.

<http://taviak.ru/distance/Materials/162105/uchebnyye%20posobiya/Aerodinamika%20T.Demonova.pdf>

3.Практическая аэродинамика вертолета.

<http://www.svvaul.ru/538-prakticheskaya-aerodinamika>

## **4.КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ.**

**Контроль и оценка результатов освоения дисциплины**

осуществляется преподавателем в процессе проведения практических

занятий и лабораторных работ, тестирования, а также выполнения обучающимися индивидуальных заданий, проектов, исследований.

<b>Результаты обучения(освоенные умения, усвоенные знания)</b>	<b>Формы и методы контроля и оценки результатов обучения.</b>
<b>Умения:</b>	
-рассчитывать основные уравнения аэродинамики;	<b>Текущий контроль:</b> - защита отчетов по практическим занятиям; - оценка заданий для внеаудиторной (самостоятельной) работы: презентаций, \ - экспертная оценка демонстрируемых умений, выполняемых действий в процессе практических занятий <b>Промежуточная аттестация:</b> - экспертная оценка выполнения практических заданий на экзамене
<b>Знания:</b>	
-аэродинамические характеристики крыла и летательного аппарата;	<b>Текущий контроль</b> -письменный/устный опрос; -тестирование; -оценка результатов внеаудиторной (самостоятельной) работы (докладов, рефератов, теоретической части проектов, учебных исследований и т.д.) <b>Промежуточная аттестация</b> в виде экзамена
-основы аэродинамики больших скоростей; воздушный винт;	
-динамику полета: установившееся и неустойчивое движения летательного аппарата;	
-равновесие, устойчивость, управляемость летательного аппарата	

#### Рабочая программа учебной дисциплины

#### ОП 04 «АЭРОДИНАМИКА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ»

разработана в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования и основной образовательной программой по специальности

**25.02.01 «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей»**, утверждённого Приказом Министерства образования и науки РФ от 22 апреля 2014 г., № 389.

#### Разработчик:

Выборгский филиал

ФГБОУ ВО СПбГУ ГА  
(место работы)

преподаватель

И.В. Кучко

(занимаемая должность) (инициалы, фамилия)

#### Эксперты:

---

*(место работы)*                      *(занимаемая должность)*                      *(инициалы, фамилия)*

---

*(место работы)*                      *(занимаемая должность)*                      *(инициалы, фамилия)*





## Лист согласования

Дополнения и изменения к

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

на \_\_\_\_\_ учебный год

В \_\_\_\_\_ внесены

следующие изменения:

1. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Дополнения и изменения в \_\_\_\_\_ обсуждены на  
заседании Методического совета (МС) \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г. протокол № \_\_\_\_\_

Председатель МС \_\_\_\_\_

/ \_\_\_\_\_ /

**УТВЕРЖДЕНО**

Зам по УПР \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /