

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Кафедра «Технология самолётостроения»

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор  
  
И.В. Макурин  
2017 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

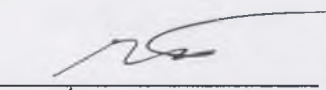
**дисциплины «Динамика полёта самолётов»**

основной профессиональной образовательной программы  
подготовки специалистов  
по направлению 24.05.07 «Самолёто- и вертолётостроение  
специализация «Технологическое проектирование  
высокоресурсных конструкций самолётов и вертолётов»

Форма обучения	очная
Технология обучения	традиционная

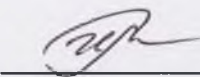
Комсомольск-на-Амуре 2017

Автор рабочей программы  
ассистент кафедры  
«Технология самолётостроения»

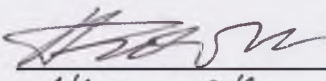
  
\_\_\_\_\_  
« 24 » 04 2017г.

СОГЛАСОВАНО

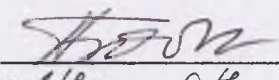
Директор библиотеки

  
\_\_\_\_\_  
« 26 » 04 2017г.

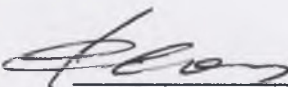
Заведующий кафедрой  
«Технология самолётостроения»

  
\_\_\_\_\_  
« 24 » 04 2017г.


Заведующий выпускающей кафедрой  
«Технология самолётостроения»

  
\_\_\_\_\_  
« 24 » 04 2017г.

Декан самолётостроительного  
факультета

  
\_\_\_\_\_  
« 24 » 04 2017г.

Начальник учебно-методического  
управления

  
\_\_\_\_\_  
« 25 » 04 2017г.

## Введение

Рабочая программа дисциплины «Динамика полёта самолётов» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12.09.2016 № 1165, и основной профессиональной образовательной программы подготовки специалистов по направлению 24.05.07 «Самолёто- и вертолётостроение».

## 1 Аннотация дисциплины

Наименование дисциплины	Динамика полёта самолётов							
Цель дисциплины	Теоретическая и практическая подготовка выпускника до такого уровня, чтобы он знал, умел и обладал навыками проводить инженерный анализ, необходимые приближенные расчеты и давать сравнительную оценку существующих вариантов конструктивных решений элементов самолёта.							
Задачи дисциплины	<p>Основными задачами дисциплины является формирование и закрепление у студентов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• знания базовой терминологии и понятий в области динамики полёта самолётов;</li> <li>• знания основных законов и закономерностей, проявляющихся при взаимодействии летательного аппарата с газовой средой (воздухом);</li> <li>• умения решать задачи, связанные со сравнительной оценкой лётно-технических характеристик авиационной техники;</li> <li>• практических навыков расчета лётно-технических характеристик самолётов на различных режимах полёта;</li> <li>• практических навыков расчета устойчивости и управляемости, возмущенного движения летательного аппарата;</li> <li>• владения терминологией, общими принципами практического и теоретического определения лётно-технических характеристик авиационной техники.</li> </ul>							
Основные разделы дисциплины	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уравнения движения центра масс самолёта.</li> <li>2. Расчёт ЛТХ самолёта для установившихся режимов полёта.</li> <li>3. Дальность и продолжительность полёта.</li> <li>4. Взлётно-посадочные характеристики.</li> <li>5. Маневренные характеристики.</li> <li>6. Продольная статическая устойчивость и балансировка самолета.</li> <li>7. Динамика продольного возмущенного движения самолёта.</li> </ol>							
Общая трудоемкость дисциплины	4 з.е. / 144 академических часов							
	Семестр	Аудиторная нагрузка, ч				СРС, ч	Промежуточная аттестация, ч	Всего за семестр, ч
		Лекции	Пр. занятия	Лаб. работы	Курсовое проектирование			
	7 семестр	34	17	-	-	93		144
ИТОГО:	34	17	-	-	93		144	

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы

Дисциплина «Динамика полёта самолётов» нацелена на формирование компетенций, знаний, умений и навыков, указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, знания, умения, навыки

Наименование и шифр компетенции, в формировании которой принимает участие дисциплина	Перечень формируемых знаний, умений, навыков, предусмотренных образовательной программой		
	Перечень знаний (с указанием шифра)	Перечень умений (с указанием шифра)	Перечень навыков (с указанием шифра)
<b>ПСК-4.1</b> Способность и готовность участвовать в разработке проектов летательных аппаратов различной конструкции	З1 (ПСК-4.1-6) <b>Знать:</b> законы движения и методы расчета лётно-технических характеристик при разработке проектов летательных аппаратов различной конструкции	У1 (ПСК-4.1-6) <b>Уметь:</b> решать задачи, связанные со сравнительной оценкой лётно-технических характеристик авиационной техники при разработке проектов летательных аппаратов различной конструкции	Н1 (ПСК-4.1-6) <b>Владеть:</b> терминологией, общими принципами практического и теоретического определения лётно-технических характеристик авиационной техники при разработке проектов летательных аппаратов различной конструкции

## 3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина(модуль) «Динамика полёта самолётов» изучается на 4 курсе в 7 семестре.

Дисциплина является обязательной дисциплиной входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к вариативной части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки и (или) опыта практической деятельности, сформированные на предыдущих этапах освоения компетенции ПСК-4.1 «Способность и готовность участвовать в разработке проектов летательных аппаратов различной конструкции» в процессе изучения дисциплин: «Конструкция самолётов», «Строительная механика самолётов», «Аэродинамика самолёта», «Прочность конструкций самолёта».

Входной контроль не производится.

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

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины	144
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	51
В том числе:	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	34
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	17
<b>Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа</b> , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	93
Промежуточная аттестация обучающихся	-

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

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудо-емкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
<b>Раздел 1 Уравнения движения центра масс самолёта.</b>					
<b>Тема</b> Уравнения движения материальной точки в векторной форме. Скалярная форма записи уравнений движения центра масс ЛА.	Лекция	2	Интерактивная (презентация)	ПСК-4.1-6	31 (ПСК-4.1-6)
<b>Тема</b> Уравнение движения в перегрузках. Исходные данные для интегрирования уравнений движения.	Лекция	2	Интерактивная (презентация)	ПСК-4.1-6	31 (ПСК-4.1-6)
	Самостоятельная работа обучающихся (изучение теоретических разделов дисциплины)	4	Чтение основной и дополнительной литературы. Конспектирование	ПСК-4.1-6	31 (ПСК-4.1-6)
	Самостоятельная работа обучающихся (подготовка к коллоквиуму)	4	Изучение теоретического материала	ПСК-4.1-6	31 (ПСК-4.1-6)
	Текущий контроль по разделу 1	2	Коллоквиум	ПСК-4.1-6	31 (ПСК-4.1-6)
<b>ИТОГО по разделу 1</b>	Занятия лекционного типа	4	-	-	-
	Занятия семинарского типа	2	-	-	-

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
	Самостоятельная работа обучающихся	8	-	-	-
<b>Раздел 2 Расчёт ЛТХ самолёта для установившихся режимов полёта</b>					
<b>Тема</b> Установившийся набор высоты. Скороподъёмность ЛА. Установившееся снижение. Планирование ЛА.	Лекция	2	Интерактивная (презентация)	ПСК-4.1-6	31 (ПСК-4.1-6)
	Практическое занятие	1	Групповое и индивидуальное решение типовых задач	ПСК-4.1-6	У1 (ПСК-4.1-6) Н1 (ПСК-4.1-6)
<b>Тема</b> Диаграмма потребных и располагаемых тяг. Метод мощностей.	Лекция	2	Интерактивная (презентация)	ПСК-4.1-6	31 (ПСК-4.1-6)
	Практическое занятие	1	Групповое и индивидуальное решение типовых задач	ПСК-4.1-6	У1 (ПСК-4.1-6) Н1 (ПСК-4.1-6)
	Самостоятельная работа обучающихся (изучение теоретических разделов дисциплины)	4	Чтение основной и дополнительной литературы. Конспектирование	ПСК-4.1-6	31 (ПСК-4.1-6)
	Самостоятельная работа обучающихся (подготовка к практическому занятию)	3	Освоение материала раздела дисциплины. Подготовка к практическому занятию	ПСК-4.1-6	31 (ПСК-4.1-6)
	Самостоятельная работа обучающихся (выполнение контрольной работы)	3	Выполнение контрольной работы	ПСК-4.1-6	У1 (ПСК-4.1-6) Н1 (ПСК-4.1-6)
<b>ИТОГО по разделу 2</b>	Занятия лекционного типа	4	-	-	-
	Занятия семинарского типа	2	-	-	-

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
	Самостоятельная работа обучающихся	10	-	-	-
<b>Раздел 3 Дальность и продолжительность полёта</b>					
<b>Тема</b> Максимальные дальность и продолжительность полёта. Радиус действия самолета. Влияние загрузки самолета на его дальность.	Лекция	2	Интерактивная (презентация)	ПСК-4.1-6	31 (ПСК-4.1-6)
	Практическое занятие	1	Групповое и индивидуальное решение типовых задач	ПСК-4.1-6	У1 (ПСК-4.1-6) Н1 (ПСК-4.1-6)
	Самостоятельная работа обучающихся (изучение теоретических разделов дисциплины)	2	Чтение основной и дополнительной литературы. Конспектирование	ПСК-4.1-6	31 (ПСК-4.1-6)
	Самостоятельная работа обучающихся (подготовка к практическому занятию)	2	Освоение материала раздела дисциплины. Подготовка к практическому занятию	ПСК-4.1-6	У1 (ПСК-4.1-6)
	Самостоятельная работа обучающихся (выполнение контрольной работы)	2	Выполнение контрольной работы	ПСК-4.1-6	У1 (ПСК-4.1-6) Н1 (ПСК-4.1-6)
<b>ИТОГО по разделу 3</b>	Занятия лекционного типа	2	-	-	-
	Занятия семинарского типа	1	-	-	-
	Самостоятельная работа обучающихся	6	-	-	-
<b>Раздел 4 Взлётно-посадочные характеристики самолёта.</b>					
<b>Тема</b> Взлет и начальный набор высо-	Лекция	2	Интерактивная (презентация)	ПСК-4.1-6	31 (ПСК-4.1-6)



Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
ты. Заход на посадку и посадка. Прерванный и продолженный взлет.	Практическое занятие	1	Групповое и индивидуальное решение типовых задач	ПСК-4.1-6	У1 (ПСК-4.1-6) Н1 (ПСК-4.1-6)
	Самостоятельная работа обучающихся (изучение теоретических разделов дисциплины)	2	Чтение основной и дополнительной литературы. Конспектирование	ПСК-4.1-6	31 (ПСК-4.1-6)
	Самостоятельная работа обучающихся (подготовка к практическому занятию)	2	Освоение материала раздела дисциплины. Подготовка к практическому занятию	ПСК-4.1-6	У1 (ПСК-4.1-6)
	Самостоятельная работа обучающихся (выполнение контрольной работы)	2	Выполнение контрольной работы	ПСК-4.1-6	У1 (ПСК-4.1-6) Н1 (ПСК-4.1-6)
<b>ИТОГО по разделу 4</b>	Занятия лекционного типа	2	-	-	-
	Занятия семинарского типа	1	-	-	-
	Самостоятельная работа обучающихся	6	-	-	-
<b>Раздел 5 Маневренные характеристики самолёта.</b>					
<b>Тема</b> Горизонтальная приемистость. Криволинейный полет в горизонтальной плоскости.	Лекция	2	Интерактивная (презентация)	ПСК-4.1-6	31 (ПСК-4.1-6)
	Практическое занятие	1	Групповое и индивидуальное решение типовых задач	ПСК-4.1-6	У1 (ПСК-4.1-6) Н1 (ПСК-4.1-6)
<b>Тема</b> Характерные маневры самолёта в вертикаль-	Лекция	2	Интерактивная (презентация)	ПСК-4.1-6	31 (ПСК-4.1-6)
	Практическое	1	Групповое и	ПСК-	У1 (ПСК-4.1-6)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
ной плоскости. Перегрузочная поляра. Петля Нестерова.	занятие		индивидуальное решение типовых задач	4.1-6	Н1 (ПСК-4.1-6)
	Самостоятельная работа обучающихся (изучение теоретических разделов дисциплины)	4	Чтение основной и дополнительной литературы. Конспектирование	ПСК-4.1-6	31 (ПСК-4.1-6)
	Самостоятельная работа обучающихся (подготовка к практическому занятию)	3	Освоение материала раздела дисциплины. Подготовка к практическому занятию	ПСК-4.1-6	У1 (ПСК-4.1-6)
	Самостоятельная работа обучающихся (выполнение контрольной работы)	5	Выполнение контрольной работы	ПСК-4.1-6	У1 (ПСК-4.1-6) Н1 (ПСК-4.1-6)
<b>ИТОГО по разделу 5</b>	Занятия лекционного типа	4	-	-	-
	Занятия семинарского типа	2	-	-	-
	Самостоятельная работа обучающихся	12	-	-	-
<b>Раздел 6 Продольная статическая устойчивость и балансировка самолёта</b>					
<b>Тема</b> Момент тангажа самолёта. Аэродинамические моменты тангажа.	Лекция	2	Интерактивная (презентация)	ПСК-4.1-6	31 (ПСК-4.1-6)
	Практическое занятие	1	Групповое и индивидуальное решение типовых задач	ПСК-4.1-6	У1 (ПСК-4.1-6) Н1 (ПСК-4.1-6)
<b>Тема</b> Момент тангажа двигателей, самолета без горизонтального	Лекция	2	Интерактивная (презентация)	ПСК-4.1-6	31 (ПСК-4.1-6)
	Практическое занятие	1	Групповое и индивидуальное	ПСК-4.1-6	У1 (ПСК-4.1-6) Н1 (ПСК-4.1-6)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
оперения (г. о.). Продольный момент г. о. Демпфирующий момент тангажа.			альное решение типовых задач		
<b>Тема</b> Продольная устойчивость самолёта.	Лекция	2	Интерактивная (презентация)	ПСК-4.1-6	31 (ПСК-4.1-6)
	Практическое занятие	1	Групповое и индивидуальное решение типовых задач	ПСК-4.1-6	У1 (ПСК-4.1-6) Н1 (ПСК-4.1-6)
<b>Тема</b> Продольная балансировка самолета в горизонтальном полёте. Балансировочная поляра.	Лекция	2	Интерактивная (презентация)	ПСК-4.1-6	31 (ПСК-4.1-6)
	Практическое занятие	1	Групповое и индивидуальное решение типовых задач	ПСК-4.1-6	У1 (ПСК-4.1-6) Н1 (ПСК-4.1-6)
<b>Тема</b> Шарнирный момент органов продольного управления. Усилие на ручке управления рулём высоты.	Лекция	2	Интерактивная (презентация)	ПСК-4.1-6	31 (ПСК-4.1-6)
	Практическое занятие	1	Групповое и индивидуальное решение типовых задач	ПСК-4.1-6	У1 (ПСК-4.1-6) Н1 (ПСК-4.1-6)
<b>Тема</b> Статические характеристики продольной управляемости. Выбор диапазона центровок и параметров г. о.	Лекция	2	Интерактивная (презентация)	ПСК-4.1-6	31 (ПСК-4.1-6)
	Практическое занятие	1	Групповое и индивидуальное решение типовых задач	ПСК-4.1-6	У1 (ПСК-4.1-6) Н1 (ПСК-4.1-6)
	Самостоятельная работа обучающихся (изучение теоретических разделов дисциплины)	12	Чтение основной и дополнительной литературы. Конспектирование	ПСК-4.1-6	31 (ПСК-4.1-6)
	Самостоятельная работа обучающихся (подготовка к	9	Освоение материала раздела дис-	ПСК-4.1-6	У1 (ПСК-4.1-6)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
	практическому занятию)		дисциплины. Подготовка к практическому занятию		
	Самостоятельная работа обучающихся (выполнение контрольной работы)	14	Выполнение контрольной работы	ПСК-4.1-6	У1 (ПСК-4.1-6) Н1 (ПСК-4.1-6)
<b>ИТОГО по разделу 6</b>	Занятия лекционного типа	12	-	-	-
	Занятия семинарского типа	6	-	-	-
	Самостоятельная работа обучающихся	35	-	-	-
<b>Раздел 7 Динамика продольного возмущённого движения самолёта.</b>					
<b>Тема</b> Линеаризация уравнений движения самолёта.	Лекция	3	Интерактивная (презентация)	ПСК-4.1-6	31 (ПСК-4.1-6)
<b>Тема</b> Свободное продольное возмущённое движение самолёта.	Лекция	3	Интерактивная (презентация)	ПСК-4.1-6	31 (ПСК-4.1-6)
	Практическое занятие	1	Групповое и индивидуальное решение типовых задач	ПСК-4.1-6	У1 (ПСК-4.1-6) Н1 (ПСК-4.1-6)
	Самостоятельная работа обучающихся (изучение теоретических разделов дисциплины)	6	Чтение основной и дополнительной литературы. Конспектирование	ПСК-4.1-6	31 (ПСК-4.1-6)
	Самостоятельная работа обучающихся (подготовка к практическому занятию)	4	Освоение материала раздела дисциплины. Подготовка к практическому занятию	ПСК-4.1-6	У1 (ПСК-4.1-6)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
			тию		
	Самостоятельная работа обучающихся (подготовка к коллоквиуму)	2	Изучение теоретического материала	ПСК-4.1-6	31 (ПСК-4.1-6)
	Самостоятельная работа обучающихся (выполнение контрольной работы)	4	Выполнение контрольной работы	ПСК-4.1-6	У1 (ПСК-4.1-6) Н1 (ПСК-4.1-6)
	Текущий контроль по разделу 7	2	Коллоквиум	ПСК-4.1-6	31 (ПСК-4.1-6)
<b>ИТОГО по разделу 7</b>	Занятия лекционного типа	6	-	-	-
	Занятия семинарского типа	3	-	-	-
	Самостоятельная работа обучающихся	16	-	-	-
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине</b>			Зачет с оценкой (дифференцированный зачет)		
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	Занятия лекционного типа	34	-	-	-
	Занятия семинарского типа	17	-	-	-
	Самостоятельная работа обучающихся	93	-	-	-
<b>ИТОГО:</b> общая трудоемкость дисциплины 144 часов, в том числе с использованием активных методов обучения 34 часов					

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

Самостоятельная работа обучающихся, осваивающих дисциплину «Динамика полёта самолётов», состоит из следующих компонентов: изуче-

ние теоретических разделов дисциплины; подготовка к практическим занятиям; подготовка и оформление контрольной работы.

Для успешного выполнения всех разделов самостоятельной работы учащимся рекомендуется использовать следующее учебно-методическое обеспечение:

1. РД 013-2016 «Текстовые студенческие работы. Правила оформления». – Введ. 2016-03-10. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2016 – 56 с.

2. СТО 7.5-17 Положение о самостоятельной работе студентов ФГБОУ ВПО «КНАГТУ». – Введ. 2015-04-06. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2015. – 24 с.

Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы представлен в таблице 4.

Таблица 5 – Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы студентов при 17-недельном семестре

Вид самостоятельной работы	Часов в неделю																	Итого по видам работ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Изучение теоретических разделов дисциплины	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	34
Подготовка к коллоквиуму	2	2													2	2		8
Подготовка к практическим занятиям			1,5	1,5	2	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1		21
Выполнение контрольной работы			1	2	2	2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	1,5	2	2		30
<b>ИТОГО в 7 семестре</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4,5</b>	<b>5,5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>93</b>

## 7 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Таблица 5 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Уравнения движения центра масс самолёта	31 (ПСК-4.1-6)	Коллоквиум по разделу 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- знание основных законов движения самолёта;</li> <li>- знание уравнений движения самолёта;</li> <li>- умение логически построить ответ;</li> <li>- владение монологической речью</li> </ul>
Расчёт лётно-технических характеристик самолёта	У1 (ПСК-4.1-6)	Контрольная работа	<ul style="list-style-type: none"> <li>- понимание метода тяг Жуковского и методов расчета лётно-технических характеристик самолёта и умение их правильно применить;</li> <li>- качество оформления;</li> <li>- достаточность пояснений;</li> </ul>
	Н1 (ПСК-4.1-6)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- понимание методики решения задач по методу Жуковского, методики расчета лётно-технических характеристик самолёта и умение их правильно применить;</li> <li>- качество оформления;</li> <li>- достаточность пояснений;</li> </ul>
Динамика продольного возмущённого движения самолёта	31 (ПСК-4.1-6)	Коллоквиум по разделу 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>- знание основных законов динамики продольного возмущённого движения самолёта;</li> <li>- знание уравнений и зависимостей динамики продольного возмущённого движения самолёта;</li> <li>- умение логически построить ответ;</li> <li>- владение монологической речью</li> </ul>



Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с оценкой (дифференцированного зачёта).

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 6).

Таблица 6 – Технологическая карта

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
7 семестр <i>Промежуточная аттестация в форме зачета с оценкой (дифференцированного зачёта).</i>				
1	Коллоквиумы по разделам 1,7	4-я и 16 недели	5 баллов	5 баллов – студент правильно ответил на вопросы. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. 4 балла – студент ответил на вопросы с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. 3 балла – студент ответил на вопросы с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. 2 балла – при ответе на вопросы студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний.
2	Контрольная работа	17 неделя	5 баллов	5 баллов – студент выполнил работу в полном объеме. Показал отличное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы на защите. 4 балла – студент выполнил работу с небольшими неточностями. Показал хорошее владение навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство вопросов на защите. 3 балла – студент выполнил работу с существенными неточностями. Показал удовлетворительное владение

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				<p>навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на вопросы было допущено много неточностей</p> <p>2 балла – при выполнении работы студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы на защите было допущено множество неточностей.</p>
	ИТОГО:	-	15 баллов	-
<p>Средняя оценка, полученная студентом по итогам текущего контроля, определяется делением полученной суммы баллов на три.</p> <p><b>Критерии выведения итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачёта с оценкой (дифференцированного зачёта):</b></p> <p>«Отлично» - средняя оценка =&gt; 4,5.</p> <p>«Хорошо» - средняя оценка =&gt; 3,7 и &lt; 4,5.</p> <p>«Удовлетворительно» - средняя оценка =&gt; 3,0 и &lt; 3,7, при отсутствии хотя бы одной неудовлетворительной оценки за компоненты компетенций.</p> <p>«Неудовлетворительно» - средняя оценка &lt; 3,0, присутствует хотя бы одна неудовлетворительная оценка за компоненты компетенций.</p>				

## **Задания для текущего контроля**

### **Вопросы коллоквиума по разделу 1 «Уравнения движения центра масс самолёта»**

1. Что такое инерциальная система отсчёта (ИСО)?
2. Назовите причины, по которым геоцентрическая система является/не является ИСО.
3. Запишите уравнение движения центра масс (ц.м.) самолёта относительно вращающейся Земли.
4. Что такое стартовая/нормальная/связанная система координат?
5. Перечислите эйлеровы углы с их положениями в плоскостях.
6. Запишите векторное уравнение движения и эквивалентные ему скалярные уравнения.
7. Запишите определение перегрузки и её уравнение в скалярной форме.
8. Что является исходными данными для интегрирования уравнений движения?

### **Вопросы коллоквиума по разделу 7 «Динамика продольного возмущённого движения самолёта»**

1. Запишите систему нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами.
2. Запишите систему уравнений продольного возмущённого движения в том виде, который она принимает если в качестве опорного движения принимается установившийся горизонтальный полёт.
3. В чем заключается сущность метода решения системы линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами классическим/операторным методом?
4. Чем характеризуется быстрая/медленная составляющая продольного возмущённого движения самолёта?
5. Изобразите амплитудно-частотную фазовую характеристику системы.
6. Изобразите график вида и характеристик переходного колебательного процесса.

## **Задание на выполнение контрольной работы**

Расчет располагаемых и потребных тяг методом Жуковского, построение графиков располагаемых и потребных тяг, определение ЛТХ самолёта – минимальной теоретической скорости установившегося полёта, наивыгоднейшей скорости горизонтального установившегося полёта, крейсерской скорости установившегося горизонтального полёта, максимальной скорости установившегося горизонтального полёта, вертикальной скорости самолёта, наивыгоднейшей скорости набора высоты, времени подъёма; расчет дальности и продолжительности полёта, построение графика вертикальной скорости и барограммы подъема для определенного типа самолёта.

Варианты задания (тип самолёта) указан в таблице 7)

Таблица 7 – Варианты задания (типы самолётов)

Тип самолета	Ан-10	Ан-24	Ан-26	Ан-28	Ан-72	Ан-140-100	Ан-225	Ил-76Т	Ил-86	Ил-93-300	Ту-134	ТУ-142	Ту-154
ЛТХ:													
Размах крыла, м	38,00	29,20	29,20	22,0	31,89	25,505	88,40	50,50	48,00	60,10	29,00	51,10	37,55
Длина самолёта, м	34,00	23,53	23,80	13,0	28,07	22,605	84,00	46,59	59,40	55,30	35,00	49,50	47,90
Высота самолета, м	9,83	8,32	8,58	4,6	8,75	8,232	18,10	14,76	15,80	17,50	9,02	12,12	11,40
Площадь крыла, м <sup>2</sup>	121,73	72,46	74,98	39,7	98,62	51,00	905,0	300,0	320,0	391,6	127,3	311,10	201,45
Масса пустого самолета, кг	31614	13300	15020	3500	19050	13100	250000	104000		117000	29050		50775
Масса максимальная взлетная, кг	51000	21000	24000	6500	34500	21500	600000	170000	208000	216000	45000	185000	94000
Масса топлива, кг	10780	4760	5500	1529	12950	4522	300000	109480			12650	87000	39750
Тип двигателя	4 ТВД	2 ТВД	2 ТВД	2 ТВД	2 ТРД	2 ТВД	6 ТРДД	4 ТРДД	4 ТРДД	4 ТВД	2 ТРДД	4 ТВД	3 ТРДД
Мощность двигателя	4000 л.с.	2550 л.с.	2820 л.с.	960 л.с.	63,74 кН	2500 л.с.	229,47 кН	12000 кгс	13000 кгс	16000 кгс	66,68 кН	15000 кгс	9500 кгс
Максимальная скорость км/ч	675			350	705			850	950			825	
Крейсерская скорость, км/ч		498	440	335	550-600	533	800-850	750-800	900	900	780	711	950
Практическая дальность, км	2000	3000	2550	1500	4800-5000	1300-2340	4000	3000-6100	5250	7500	1970	12550	6600
Практический потолок, м	10000	8400	7500	9000	10000	7600	11600	12000		12000	11900	13500	12000
Экипаж, чел.	5	5	5	1-2	4	2	6-7	6-7	5	2-3	4	10	4

Продолжение таблицы 7

Самолет	A300	Boeing 737-200	Boeing 747-100	C-1A	C-130H	C-17A	DC-8	DC-10-10	F-28-1000	L-1011-1	L-39C	L-410	Як-42
ЛТХ:													
Размах крыла, м	44,84	28,35	59,64	30,60	40,41	50,29	43,40	47,24	25,07	47,34	9,44	19,48	34,88
Длина самолёта, м	54,10	30,53	70,66	29,00	29,79	53,04	45,95	55,28	27,04	54,17	12,13	14,424	36,38
Высота самолета, м	16,54	11,28	19,33	9,99	11,56	16,79	12,90	17,70	8,47	16,87	4,47	5,83	9,83
Площадь крыла, м <sup>2</sup>	260,00	91,04	510,90	120,50	152,12	353,02	268,00	329,80	79,00	321,00	18,80	35,18	150,0
Масса пустого самолета, кг	90100	27692	162000	24300	34686	122016	67600	111400	16780	109000	3395	3800	28960
Масса максимальная взлетная, кг	165000	53070	333400	45000	79380	263083	142900	195200	33100	195000	4600	5800	53500
Масса топлива, кг				15200	20520	102615				90000	980	1300	18500
Тип двигателя	2 ТРДД	2 ТРДД	4 ТРДД	2 ТРДД	4 ТВД	4 ТРДД	4 ТРД	3 ТРД	2 ТВД	3 ТРДД	1 ТРД	2 ТВД	3 ТРДД
Мощность двигателя (тяга)	25400 кгс	7031 кгс	20925 кгс	64,5 кН	4508 л.с.	185,46 кН	6123 кгс	18160 кгс	4491 кгс	19050 кгс	16,87 кН	560 кгс	63,74 кН
Максимальная скорость, км/ч		943	955	806	621	830	940	978			757	457	
Крейсерская скорость, км/ч	895	927	895	704	602	648	876	925	843	954	700	380	810
Практическая дальность, км	7700	4262	8700		7876	4450	6200	5370		8500	1000	1380	3900
Практический потолок, м	12200	10200	13715		10060	13700	12200	12800	10670		11500	6320	9600
Экипаж, чел.	2	2	3		4-5	3-4	4	2-4	2	3-4	2	2	2-3

## **8 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### **8.1 Основная литература**

1 Чепурных, И.В. Динамика полёта самолётов : учебное пособие для вузов / И. В. Чепурных. - Комсомольск-на-Амуре: Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос.техн.ун-та, 2014. - 112с.

2 Динамика полёта самолётов : учебник для авиационных спец.вузов / Под ред А.М.Мхитаряна. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1978. - 424с.

3 Аэромеханика самолёта: Динамика полёта самолётов : учебник для авиац.вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1985. - 360с.

### **8.2 Дополнительная литература**

1 Саленко, С. Д. Динамика полёта самолётов. Ч.1. Траектории летательных аппаратов [Электронный ресурс] : учебное пособие / СаленкоС.Д., ОбуховскийА.Д. - Новосиб.: НГТУ, 2014. - 140 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа:

<http://www.znanium.com/catalog.php>, ограниченный. – Загл. с экрана.

2 Саленко, С. Д. Динамика полёта самолётов. Ч.2. Устойчивость и управляемость летательных аппаратов [Электронный ресурс] : учебное пособие / СаленкоС.Д., ОбуховскийА.Д. - Новосиб.: НГТУ, 2015. - 128 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php>, ограниченный. – Загл. с экрана.

## **9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Единое окно доступа к образовательным ресурсам // Электронный ресурс [Режим доступа: свободный] <http://window.edu.ru/>

## **10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Обучение дисциплине «Динамика полёта самолётов» предполагает изучение курса как на аудиторных занятиях, так и в ходе самостоятельной работы. Аудиторные занятия проводятся в форме лекций и практических занятий. Формы организации всех видов учебной деятельности представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Методические указания к отдельным видам деятельности

Вид учебного занятия	Описание деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекции: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения. Выделять ключевые слова, формулы, отмечать на полях уточняющие вопросы по теме занятия.
Практическое занятие	Работа с конспектом лекций, изучение разделов по теме занятия, решение типовых задач согласно установленных алгоритмов.
Самостоятельная работа	Для более глубокого изучения разделов дисциплины предусмотрены отдельные виды самостоятельной работы: изучение теоретических разделов дисциплины, подготовка к коллоквиумам, подготовка к практическим занятиям, выполнение контрольной работы.

Самостоятельная работа студента (СРС) является наиболее продуктивной формой образовательной и познавательной деятельности студента в период обучения. СРС направлена на углубление и закрепление полученных знаний, развитие практических умений. СРС по дисциплине «Динамика полёта самолётов» включает следующие виды деятельности:

- работу с лекционным материалом, изучение теоретических разделов дисциплины;
- подготовку к коллоквиуму;
- подготовку к практическим занятиям;
- выполнение контрольной работы.

Контроль самостоятельной работы студентов и качества усвоения ими дисциплины осуществляется посредством проведения коллоквиума, выполнения и защиты контрольной работы. Этот контроль осуществляется в течение семестра и качество усвоения материала (выполнения задания) оценивается в баллах в соответствии с таблицей 6.

Промежуточная аттестация (зачёт с оценкой или дифференцированный зачёт) производится в конце семестра и оценивается в баллах, в соответствии с таблицей 6.

Пример выполнения контрольной работы приведен в приложении 1.

В качестве опорного конспекта лекций используется следующее учебное пособие для вузов:

Чепурных, И.В. Динамика полёта самолётов : учебное пособие для вузов / И. В. Чепурных. - Комсомольск-на-Амуре: Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос.техн.ун-та, 2014. - 112с.



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

Освоение дисциплины «Динамика полёта самолётов» основывается на активном использовании Microsoft Office Excel, Word, PowerPoint, MathCAD в процесс изучения теоретических разделов дисциплины, подготовки к практическим занятиям и выполнения контрольной работы. С целью повышения качества ведения образовательной деятельности в университете создана электронная информационно-образовательная среда. Она подразумевает организацию взаимодействия между обучающимися и преподавателями через систему личных кабинетов студентов, расположенных на официальном сайте университета в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» по адресу <https://student.knastu.ru>. Созданная информационно образовательная среда позволяет осуществлять взаимодействие между участниками образовательного процесса посредством организации дистанционного консультирования по вопросам выполнения практических заданий и контрольной работы.

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

Для реализации программы дисциплины «Динамика полёта самолётов» используется материально-техническое обеспечение, перечисленное в таблице 9.

Таблица 9 – Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование	Назначение оборудования
Ауд. 326 3 корпус	Мультимедийный класс ССФ	Экран, мультимедиа проектор, персональный компьютер	Проведение лекционных и практических занятий в виде презентаций
Ауд 124 3 корпус	Вычислительный центр ССФ	12 персональных компьютеров	Проведение практических занятий и самостоятельное выполнение контрольной работы

**Пример выполнения контрольной работы.**

**1 Аэродинамический расчет самолета**

**1.1 Расчет потребных тяг (мощностей)**

Для расчета потребных тяг используем данные полученные в курсе аэродинамики.

Исходные данные самолёта Ан-24:

- взлетная масса  $m_0=21000$  кг;
- площадь крыла  $S=72,46$  м<sup>2</sup>;
- крейсерская скорость  $V_{кр}=460$  км/ч;
- $g = 9,81$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

Потребная тяга (мощность) определяется силой лобового сопротивления для установившегося горизонтального полёта на высоте  $H$  и вычисляется по формуле:

$$N_i = \frac{m \cdot g \cdot c_x}{c_y} \cdot V \quad (1.1)$$

где  $c_x$  – коэффициент аэродинамического сопротивления, берется с графика крейсерских полар для соответствующей  $V$  и режима полёта, определяемого значением  $c_y$ .

Где  $c_y$  определяется по формуле

$$c_y = 2G / (\rho_h \cdot S \cdot (V/3,6)^2) \quad (1.2)$$

и зависит от полетной массы самолета, скорости  $V$  и высоты полёта  $H$  через плотность воздуха.

Потребную мощность рассчитывают для среднего значения полетной массы самолета:

$$m = m_0 \cdot \left( 1 - \frac{\overline{m_T}}{2} \right) \quad (1.3)$$

Опираясь на данные формулы производим расчет и результаты вычислений сводим в таблицу 10.

Для расчета потребных мощностей принимаем высоты полёта  $H_i = 0$ ; 1500; 3000; 4500;  $H_{\text{расч}}$ , а скорости  $V_i = 199$ ; 200; 230; 260; 300; 360; 400 и  $M_{\text{рас}}$ .

Расчёт ведём в виде таблицы 10 После выполнения расчета строим графики зависимостей потребной тяги от скорости полёта для пяти высот полёта (рисунок 1).

Значения  $\rho_h$  выбираем в соответствии с таблицей стандартной атмосферы.

Таблица 10 – Расчет потребных тяг (мощностей)

$\rho_n$	$V, \text{ км/ч}$	199	200	230	260	300	330	360	400	430	460
$\rho_0 = 0,124$ 9	$c_y$	1,3434	1,33	1,0057	0,787	0,5911	0,4885	0,4105	0,3325	0,2877	0,2514
	$c_x$	0,145	0,144	0,121	0,11	0,102	0,099	0,097	0,095	0,094	0,094
	$N_{п}, \text{ кВт}$	1087,2	1096,09	1400,752	1839,5	2620,3	3385,1	4305,98	5784,9	7110,9	8705,5
$\rho_{1500} = 0,107$ 9	$c_y$	1,555	1,5395	1,1641	0,911	0,6842	0,5655	0,4752	0,3849	0,333	0,291
	$c_x$	0,164	0,093	0,093	0,092	0,092	0,092	0,092	0,092	0,092	0,092
	$N_{п}, \text{ кВт}$	1062,3	611,539	930,0745	1329,1	2041,8	2717,6	3528,15	4839,71	6012,4	7360,6
$\rho_{3000} = 0,092$ 7	$c_y$	1,81	1,7919	1,355	1,0603	0,7964	0,6582	0,5531	0,448	0,3877	0,3387
	$c_x$	0,194	0,191	0,146	0,125	0,11	0,104	0,101	0,097	0,096	0,095
	$N_{п}, \text{ кВт}$	1079,6	1079,03	1254,429	1551,5	2097,3	2639,3	3327,66	4383,91	5390	6529,9
$\rho_{4500} = 0,079$ 2	$c_y$	2,1185	2,0974	1,5859	1,2411	0,9322	0,7704	0,6473	0,5243	0,4537	0,3965
	$c_x$			0,167	0,137	0,117	0,109	0,104	0,1	0,098	0,096
	$N_{п}, \text{ кВт}$			1225,9	1452,8	1905,9	2363,3	2927,49	3861,31	4701	5637,7
$\rho_{6000} = 0,067$ 3	$c_y$	2,4931	2,4683	1,8664	1,4605	1,097	0,9066	0,7618	0,6171	0,534	0,4666
	$c_x$			0,207	0,156	0,127	0,115	0,109	0,103	0,1	0,098
	$N_{п}, \text{ кВт}$			1291,216	1405,7	1758	2118,8	2607,23	3379,58	4076,2	4890,4

## 1.2 Расчет и построение располагаемых тяг (мощностей)

Располагаемую мощность турбовинтовых двигателей (ТВД), установленных на самолете и работающих на расчетных высотах и скорости можно представить так:

$$N = \xi_v \cdot \xi_H \cdot \xi_{ad} \cdot N_0 \cdot \eta \cdot n \quad (1.4)$$

где  $N_0$  – паспортная мощность одного двигателя;

$\xi_v \cdot \xi_H$  – коэффициент, учитывающий изменение мощности двигателя по скорости и высоте полёта:

$$\xi_v \cdot \xi_H = 1,5 + 0,002 \cdot V - 0,087 \cdot H$$

$\xi_{op}$  – коэффициент, учитывающий изменение мощности двигателя в зависимости от режима его работы, принимается согласно таблице 11. Проводим расчет и результаты заносим в таблицу 12.

Таблица 11 – Основные режимы работы ТВД

Режим работы двигателя	$\xi_{др}$	Время работы, мин
Взлетный (максимальный)	1,00	На земле - 5 В воздухе - 15
Номинальный	0,85	60
0,85 Номинального	0,70	Не ограничено
0,7 Номинального	0,58	То же
0,6 Номинального	0,50	-//-
0,5 Номинального	0,33	-//-
0,35 Номинального	0,17	Не ограничено
0,2 Номинального	0,17	Не ограничено
Малый газ	0,03-0,05	30

Таблица 12 – Расчет потребных тяг (мощностей)

V, км/ч										
H, м	199	200	230	260	300	330	360	400	430	460
0	1,61	1,61	1,62	1,6444	1,66	1,68	1,70	1,72	1,73	1,75
$\xi_{др}$	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
N <sub>п</sub> , кВт	4163,8	4165,3	4208,3	4251,48	4308,93	4352,02	4395,11	4452,56	4495,65	4538,74
1,5	1,4801	1,4806	1,49	1,51	1,53	1,55	1,56	1,59	1,60	1,62
$\xi_{др}$	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
N <sub>п</sub> , кВт	3151,2	3152,4	3187,884	3223,3694	3270,68	3306,17	3341,65	3388,968	3424,453	3459,94
3	1,34	1,35	1,36	1,38	1,40	1,42	1,43	1,46	1,47	1,49
$\xi_{др}$	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
N <sub>п</sub> , кВт	2873,3	2874,5	2910,03	2945,51	2992,83	3028,32	3063,8	3111,11	3146,60	3182,09
4,5	1,21	1,21	1,23	1,25	1,27	1,29	1,30	1,33	1,34	1,36
$\xi_{др}$	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
N <sub>п</sub> , кВт	2595,5	2596,7	2632,1	2667,6	2714,9	2750,4	2785,9	2833,2	2868,7	2904,2
6	1,08	1,08	1,10	1,12	1,14	1,16	1,17	1,20	1,21	1,23
$\xi_{др}$	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
N <sub>п</sub> , кВт	2317,6	2318,8	2354,3	2389,8	2437,1	2472,6	2508,1	2555,4	2590,9	2626,4

Строим графики зависимостей располагаемых тяг и наносим на кривые потребных тяг (рисунок 1).

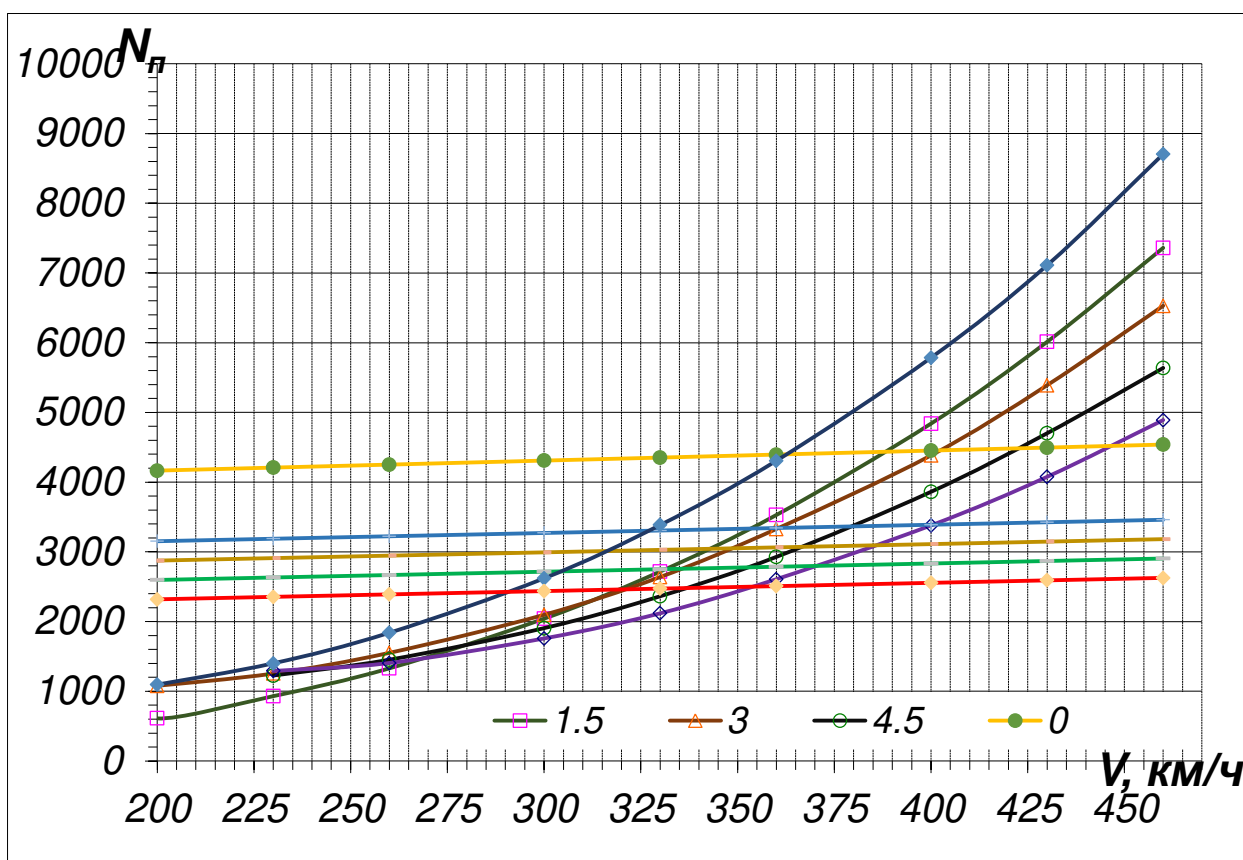


Рисунок 1 – Графики потребной и располагаемой тяг (мощностей)

### 1.3 Определение ЛТХ самолета

Используя построенные зависимости потребных и располагаемых мощностей для горизонтального установившегося полёта определяем ЛТХ самолета для каждой высоты полёта.

### 1.3.1 Минимальная теоретическая скорость установившегося горизонтального полёта $V_{\min \text{ теор}}$

Точка касания вертикальной прямой и кривой потребных тяг соответствует теоретическому значению скорости или маха. Данная скорость реализуется при полете с  $c_y = c_{y \max}$ :

$$V_{\min \text{ теор}} = \sqrt{2m \cdot g / (\rho \cdot S \cdot c_{y \max})} \quad (1.5)$$

Это скорость, при которой подъемная сила еще может уравновесить силу веса самолета на заданной высоте  $H$ . Так как любая ошибка в пилотировании или вертикальный порыв ветра, увеличивающий угол атаки, могут привести к сваливанию из-за резкого уменьшения  $c_y$  на закритических углах атаки. Поэтому за практическую минимальную скорость принимают:

$$V_{\min \text{ доп}} = \sqrt{2m \cdot g / (\rho \cdot S \cdot 0,8 \cdot c_{y \max})} \quad (1.6)$$

Результаты расчета заносим в таблицу 1.4.

### 1.3.2 Наивыгоднейшая скорость горизонтально установившегося полёта $V_{\text{нв}}$

Наивыгоднейшая скорость установившегося горизонтального полёта вычисляется по формуле (1.7), затем результаты заносят в таблицу 13:

$$V_{\text{нв}} = \sqrt{2m \cdot g / (\rho \cdot S \cdot c_{\text{унв}})} \quad (1.7)$$

Наименьшая величина часового расхода топлива рассчитывается по формуле:

$$c_{\text{ч}} = c_e \cdot N_{\text{п min}} \quad (1.8)$$

Где удельный расход топлива равен:

$$c_e = (320 - 0,272 V - 1,822H) \cdot 10^3 \quad (1.9)$$



### 1.3.3 Крейсерская скорость установившегося горизонтального полёта $V_{кр}$

Крейсерская скорость определяется по формуле:

$$V_{\min \text{ доп}} = \sqrt{2m \cdot g / (\rho \cdot S \cdot 0,8 \cdot 0,71 \cdot c_{y\max})} \quad (1.10)$$

Результаты расчета заносим в таблицу 1.4.

### 1.3.4 Максимальная скорость установившегося горизонтального полёта $V_{\max}$

Максимальная скорость установившегося горизонтального полёта может ограничиваться максимальным скоростным напором из условия прочности или температурой кинетического нагрева. Значения снимаются с графика и заносятся в таблицу 13.

Таблица 13 – Определение ЛТХ самолета

H	0	1,5	3	4,5	6
$V_{\min \text{ теор}}$	201,04	216,32	233,38	252,49	273,9
$V_{\min \text{ доп.}}$	224,77	241,85	260,93	282,29	306,23
$V_{\text{нв}}$	198,332	213,4	230,233	339,77	368,59
$V_{\text{кр.}}$	270,54	291,1	314,06	339,77	368,59
$V_{\text{max}}$	362	353	347	351	354

### 1.3.5 Вертикальная скорость самолета. Наивыгоднейшая скорость набора высоты. Время подъема

Вертикальная составляющая скорость связана со скоростью по траектории  $V$ . И поэтому учитывая соотношения получим формулу для дальнейшего расчета:

$$V_y = \frac{\Delta N}{m \cdot g} \quad (1.11)$$

где  $\Delta N = N - N_i$ .

Каждой высоте полёта соответствует максимальное значение  $V_{y\max}$ , а скорость полёта по траектории при этом равна наивыгоднейшей. Для нагляд-

ности этого положения после проведения расчетов строим графики вертикальных скоростей для каждой высоты полёта (рисунок 2).

Значение времени набора высоты на практического потолка или любую другую высоту определяется по формуле (1.13) :

$$t_{наб} = \int_0^H \frac{dH}{V_{y \max}} \quad (1.12)$$

Определение времени набора высоты проводим графоаналитическим методом. Для этого строим график зависимости (рисунок 3)

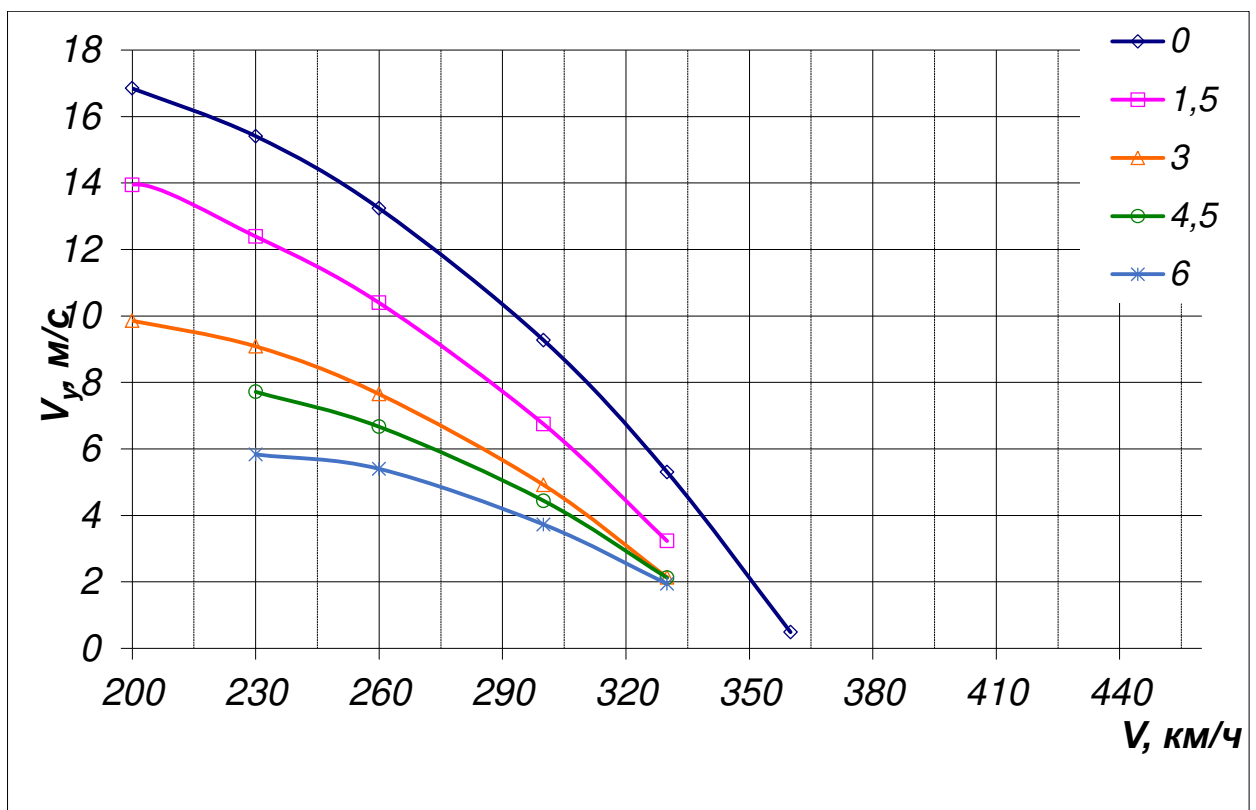


Рисунок 2 – График вертикальных скоростей

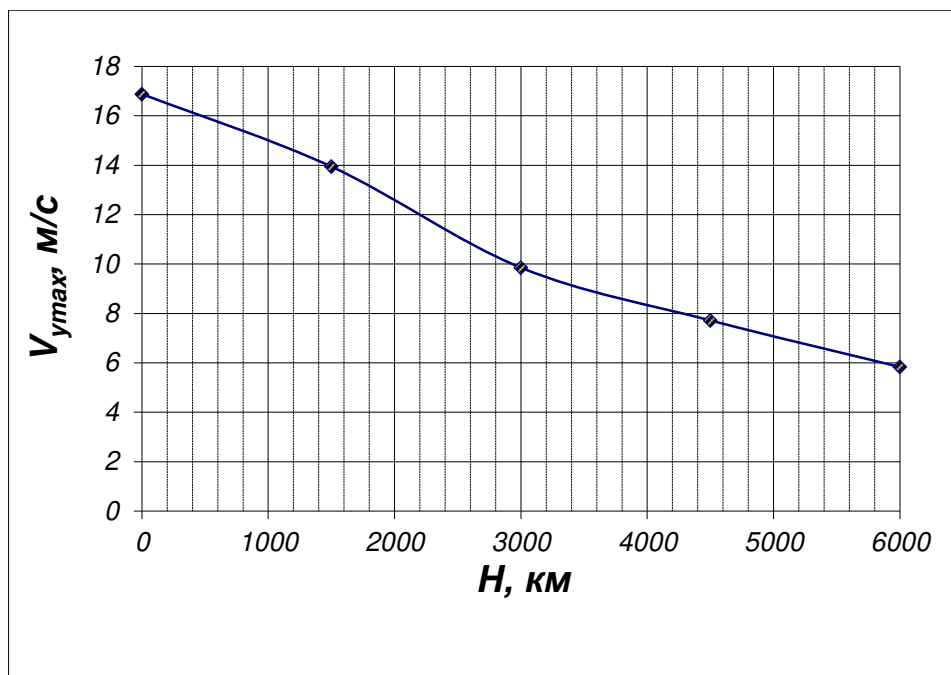


Рисунок 3 – График максимальной скороподъемности

### 1.3.6 Расчет дальности и продолжительности полёта

Полная дальность полёта складывается из проекций траекторий набора высоты, крейсерского участка и снижения:

$$L = L_{нб} + L_{кр} + L_{сн} \quad (1.13)$$

Набор высоты. Определяем путь, проходимый при наборе высоты:

$$L_{нб} = \frac{V_{нбср} \cdot t}{3600} \quad (1.14)$$

Масса топлива на набор высоты:

$$m_{тнаб} = \frac{(c_e \cdot N)_{ср} \cdot t_{наб}}{3600 \cdot V} \quad (1.15)$$

Снижение с работающими двигателями.

Задаваясь высотой конца крейсерского участка определяем приближенно путь, проходимый при снижении:

$$L_{сн} = H_{пр} \cdot K_{сн} \quad (1.16)$$

где аэродинамическое качество  $K$  при снижении с работающими двигателями принимается в пределах 20-30.

Масса топлива на снижение:

$$m_{мсн} = \frac{(ce \cdot N)_{cp} \cdot L_{сн}}{V_{кр}^2} \quad (1.17)$$

Время, затрачиваемое на снижение

$$t_{сн} = \frac{L_{сн}}{V_{кр}} \quad (1.18)$$

Крейсерский участок полёта.

Располагаемый запас топлива для полёта на крейсерском участке равен:

$$m_{мкр} = m_T - m_{тнаб} - m_{мсн} - m_{мнз} - m_{мпр} \quad (1.19)$$

где  $m_T = m_T \cdot m_0$

$$m_{мпр} = 0.006 \cdot m_0$$


$$m_{мнз} = \frac{0.9 \cdot m_0 \cdot ce}{K_{\max}}$$

Проводим расчет и результаты сводим в таблицу 14.

Таблица 14 – Расчет дальности полёта

	$L_{нб} =$	115,9	$L_{сн} =$	150	$t_{сн} =$	0,375	$m_T =$	4850	$m_{т.пр} =$	126
V	199	200	230	260	300	330	360	400	430	460
$m_{т.наб}$	528,3	528,7	538,8	548,9	562,6	573,0	583,5	597,6	608,3	619,0
$m_{т.сн}$	400,5	400,8	408,4	416,1	426,5	434,4	442,3	453,0	461,1	469,3
$m_{т.н.з}$	675,81	675,9	680,65	685,3	691,5	696,2	700,9	707,21	711,9	716,5
$m_{т.кр}$	3119,3	3118,6	3096,2	3073,6	3043,2	3020,3	2997,2	2966,2	2942,7	2919,1
$L_{кр}$	2747,3	2746,0	2707,4	2669,1	2618,7	2581,3	2544,3	2495,5	2459,4	2423,5
L	3013,3	3012,0	2973,3	2935,0	2884,6	2847,2	2810,2	2761,5	2725,3	2689,5

### Лист регистрации изменений к РПД

№ п/п	Содержание изменения / основание / дата внесения изменения	Количество страниц РПД	Подпись автора РПД
1	Изменения в КУГ - изменения в редакциях инструкции и КУГ одобрено дирекцией совхоза Листов № 01.09.2017. Изм. 08.09.2017	стр. 3, 5-13  Всего 10 стр.	
2	Изменение наименования ВУЗа по 1 месте - принята от 17.11.2017 № 476 - "О" Объявление изменений в редакциях Листов "Бланков документов"	Титульный лист  Всего 1 стр	