

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
аэрокосмических технологий
С.С. Негодяев**

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Прочность конструкции БВС
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Беспилотные авиационные системы Физтех-школа авиационных и цифровых технологий кафедра прочности летательных аппаратов
курс:	3
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 5 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 45 всего, в том числе:

лекции: 15 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: К.А. Балунов, старший преподаватель

Программа обсуждена на заседании кафедры прочности летательных аппаратов 14.03.2024

Аннотация

Дисциплина “Прочность конструкции БВС” включает в себя изучение норм прочности самолетов и ракет, основы статистической и усталостной прочности, знакомит с современными методами обеспечения прочности конструкций. Отдельная часть курса посвящена изучению аэроупругости летательных аппаратов.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- знакомство студентов с основными разделами в прикладной науке о прочности авиационных конструкций, включая Нормы прочности, статическую прочность, сопротивление усталости и аэроупругость. Содержание курса представляет собой вводный курс, который предваряет обширную специальную литературу по прочности летательных аппаратов. Современные методы расчетов прочности самолетных конструкций рассматриваются на простейших моделях, позволяющих вместе с тем показать характерные особенности каждого раздела авиационной прочности.

Задачи дисциплины

- формирование у студентов базовых знаний в области нормы прочности, статической прочности, сопротивление усталости и аэроупругость. Обеспечение прочности ЛА в процессе его проектирования и испытаний является важной и сложной задачей, так как его конструкция должна удовлетворять требованиям высокой безопасности при минимальных массах силовых элементов. В современном понимании прочность ЛА - это способность его конструкции сохранять целостность (не разрушаться) во всех ожидаемых условиях эксплуатации в течение назначенного срока службы. В этом определении необходимо обратить внимание на следующие положения. Во-первых, прочность конструкции обеспечивается только в пределах определенных допускаемых условий эксплуатации ЛА: при выходе основных определяющих параметров эксплуатации за установленные ограничения прочность не гарантируется. Во-вторых, целостность конструкции ЛА должна сохраняться для различных возможных внешних воздействий: действие экстремальных нагрузок и температур, возникновение явлений аэроупругости (потеря устойчивости деформационного движения различных частей упругой конструкции в потоке воздуха), воздействие большого числа переменных нагрузок.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
ОПК-5 Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе, математические методы исследований, и работать на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре	ОПК-5.2 Обладает способностью к освоению новых знаний на основе изучения литературы, научных статей и других источников
	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.2 Имеет глубокое знание и понимание базовых математических дисциплин
	ПК-1.3 Владеет культурой постановки научной задачи и моделирования естественнонаучных объектов и систем

ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях
	ПК-1.5 Владеет навыками безопасной работы с современными научными приборами и другим экспериментальным оборудованием
	ПК-1.6 Знает основные правила поведения и работы в современной научной лаборатории
	ПК-1.7 Способен оценивать требуемые ресурсы (материальные и временные) для планирования и проведения научного эксперимента
	ПК-1.8 Владеет навыками работы с современными языками программирования и программными пакетами для научных расчетов
	ПК-1.9 Знает перечень ведущих периодических научных изданий и способен выделять актуальные научные публикации в профессиональной области
ПК-2 Способен анализировать полученные в ходе научно-исследовательской работы данные и делать научные выводы (заключения)	ПК-2.1 Владеет методами статистической обработки и анализа научных данных
	ПК-2.2 Умеет находить ключевые параметры, определяющие изучаемое явление, и производить численные оценки по порядку величины
	ПК-2.3 Способен представлять научные утверждения, их обоснования и доказательства, научные проблемы и их решения ясно и точно в терминах, понятных для профессиональной аудитории, в письменной и устной форме
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.1 Знает принципы работы и диапазоны рабочих параметров используемого научного оборудования
	ПК-3.2 Знает области и критерии применимости используемых теоретических подходов и умение оценивать точность приближенных аналитических методов вычислений
	ПК-3.3 Умеет производить оценку точности численных методов, используемых на ЭВМ, вычислительной сложности используемых алгоритмов и объема требуемых вычислительных ресурсов
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.2 Знает источники происхождения и умеет производить оценку погрешности измерений и достоверности экспериментальных результатов
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- использование методов проектирования элементов летательных аппаратов;
- обучающиеся должны уметь использовать методы проектирования элементов ЛА в соответствии с требованиями их (ЛА) в процессе проектирования и эксплуатации.

уметь:

- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными.

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

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Нормы прочности конструкции	6	8		15
2	Статистическая прочность конструкции	5	8		15
3	Усталостная прочность конструкции	2	6		15
4	Аэроупругость	2	8		15
Итого часов		15	30		60
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 5 (Осенний)

1. Нормы прочности конструкции

Нормы прочности, их место и связь с другими науками. Методы нормирования. Определение перегрузки, физический смысл приращения перегрузки. Классификация ЛА определение максимальной эксплуатационной перегрузки. Расчетный полетный и посадочный вес. Максимальный и предельный скоростные напоры. Выводы соотношения для маневренной перегрузки. Роль статистических данных. Эффективные порывы неспокойного воздуха. Расчетные случаи крыла и их физический смысл; диаграммы расчетных случаев.

2. Статистическая прочность конструкции

Основные силовые элементы различных типов авиационных конструкций. Расчет на прочность прямого крыла. Расчет на прочность фюзеляжей. Определение положения центра жесткости для открытого и замкнутого контуров. Прочность конструкции при высоких температурах. Статистические испытания конструкции, измерения напряжений и деформаций.

3. Усталостная прочность конструкции

Физическая интерпретация усталости конструкции, предел выносливости. Элементы линейной механики трещин.

Представление системы переменных нагрузок. Гипотеза Одинга. Гипотеза линейного суммирования повреждений. Методы определения срока службы БВС. Методы определения запасов долговечности.

Пути и методы повышения долговечности конструкции. Типовые машины для усталостных испытаний и испытания натурных конструкций.

4. Аэроупругость

Классификация колебаний: собственные, вынужденные колебания, автоколебания, параметрические колебания.

Определение аэродинамических нагрузок, действующих на тонкий профиль в несжимаемом потоке. Флаттер профиля с двумя степенями свободы, составление уравнений движения и их анализ. Составление уравнений движения для прямого крыла. Метод Галеркина.

Методы повышения критической скорости флаттера.

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

учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Аэроупругость [Текст], Aeroelasticity/Р. Л. Бисплингхофф, Х. Эшли, Р. Л. Халфмэн, -М., Изд-во иностр. лит., 1958

Дополнительная литература

1. Физические основы прочности и пластичности [Текст], межвуз. сборник научных трудов/редкол.: И. Е. Куров (отв. ред.) [и др.], -Нижний Новгород, НГПИ, 1991
2. Расчет самолета на прочность [Текст] : учебник для вузов / С. Н. Кан, И. А. Свердлов. — М. : Машиностроение, 1966. — 519 с.

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

Не используются

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

на лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

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

Студент, изучающий дисциплину "Прочность конструкции БВС", должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения, понятия, аксиомы.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- подготовку к экзамену.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Беспилотные авиационные системы Физтех-школа авиационных и цифровых технологий кафедра прочности летательных аппаратов
курс:	<u>3</u>
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 5 (осенний) - Экзамен

Разработчик: К.А. Балунов, старший преподаватель

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
ОПК-5 Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе, математические методы исследований, и работать на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре	ОПК-5.2 Обладает способностью к освоению новых знаний на основе изучения литературы, научных статей и других источников
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.2 Имеет глубокое знание и понимание базовых математических дисциплин
	ПК-1.3 Владеет культурой постановки научной задачи и моделирования естественнонаучных объектов и систем
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях
	ПК-1.5 Владеет навыками безопасной работы с современными научными приборами и другим экспериментальным оборудованием
	ПК-1.6 Знает основные правила поведения и работы в современной научной лаборатории
	ПК-1.7 Способен оценивать требуемые ресурсы (материальные и временные) для планирования и проведения научного эксперимента
	ПК-1.8 Владеет навыками работы с современными языками программирования и программными пакетами для научных расчетов
ПК-2 Способен анализировать полученные в ходе научно-исследовательской работы данные и делать научные выводы (заключения)	ПК-1.9 Знает перечень ведущих периодических научных изданий и способен выделять актуальные научные публикации в профессиональной области
	ПК-2.1 Владеет методами статистической обработки и анализа научных данных
	ПК-2.2 Умеет находить ключевые параметры, определяющие изучаемое явление, и производить численные оценки по порядку величины
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в	ПК-2.3 Способен представлять научные утверждения, их обоснования и доказательства, научные проблемы и их решения ясно и точно в терминах, понятных для профессиональной аудитории, в письменной и устной форме
	ПК-3.1 Знает принципы работы и диапазоны рабочих параметров используемого научного оборудования
	ПК-3.2 Знает области и критерии применимости используемых теоретических подходов и умение оценивать точность приближенных аналитических методов вычислений

избранной предметной области	ПК-3.3 Умеет производить оценку точности численных методов, используемых на ЭВМ, вычислительной сложности используемых алгоритмов и объема требуемых вычислительных ресурсов
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.2 Знает источники происхождения и умеет производить оценку погрешности измерений и достоверности экспериментальных результатов
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Прочность конструкции БВС» обучающийся должен:

знать:

- использование методов проектирования элементов летательных аппаратов;
- обучающиеся должны уметь использовать методы проектирования элементов ЛА в соответствии с требованиями их (ЛА) в процессе проектирования и эксплуатации.

уметь:

- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

1. Роль трубного эксперимента в задачах определения критической скорости.
2. Моделирование явлений аэроупругости в аэродинамических трубах.
3. Схемы упруго подобных моделей для испытаний в аэродинамических трубах.
4. Вывод уравнений шимми для свободно ориентирующегося носового колеса. Характерные особенности задачи.
5. Шимми носового шасси самолета.
6. Шимми и основные методы борьбы с автоколебаниями шасси.
7. Дивергенция крыла.
8. Определение критической скорости дивергенции прямого консольно закрепленного крыла.
9. Реверс элеронов. Определение критической скорости.
10. Метод редукционных коэффициентов в статической прочности.
11. Предельные состояния конструкции (критерии прочности) по условиям статической прочности.
12. Касательные напряжения в тонкостенных авиационных конструкциях. Формула Жуковского и формула Брэдта.
13. Определение нормальных и касательных напряжений в прямом крыле. Значение различных элементов силового набора.
14. Особенности расчета на прочность стреловидного крыла.
15. Методы расчета на прочность треугольного крыла. Метод конечных элементов.

16. Восприятие внешних нагрузок различными силовыми элементами фюзеляжа.
17. Определение нормальных напряжений в элементах конструкции фюзеляжа.
18. Расчет на прочность хвостовой части фюзеляжа.
19. Определение касательных напряжений в фюзеляже.
20. Определение положения центра жесткости сечения.
21. Методы определения общих и местных деформаций конструкции под действием статических нагрузок.
22. Влияние повышенных температур на прочность авиационных конструкций. Ползучесть.
23. Методы определения распределения температур по поверхности летательного аппарата.
24. Проверка прочности конструкции статическими испытаниями.
25. Методы испытания конструкции при высоких температурах.
26. Особенности напряженного состояния корпуса баллистических ракет.
27. Источники переменных внешних нагрузок, действующих на самолет, и методы представления переменных нагрузок.
28. Метод полных циклов, цикл "земля-воздух-земля (ЗВЗ)".
29. Кривые повторяемости нагрузок и их использование в усталостной прочности.
30. Кривая Веллера. Предел выносливости. Гипотеза Одингса.
31. Линейная теория суммирования усталостных повреждений.
32. Влияние различных конструктивных особенностей на усталостную прочность.
33. Методы повышения долговечности деталей.
34. Определение эквивалентного симметричного и отнулевого цикла.
35. Определение характерного режима испытаний. Программы испытаний самолета на выносливость.
36. Безопасный срок службы. Живучесть конструкции.
37. Остаточная прочность, регламентирование остаточной прочности в Нормах прочности.
38. Методы определения ресурса самолетных конструкций.
39. Назначение и величины коэффициентов надежности в усталостной прочности.
40. Влияние повышенных температур на характеристики усталостной прочности.
41. Методы испытаний авиационных конструкций на выносливость.
42. Какой вид прочности (статическая прочность, усталостная прочность или аэроупругость) является наиболее важной для конструкции крыла, фюзеляжа и оперения?
43. Прочность летательных аппаратов - комплексная проблема.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Современные методы регламентирования прочности летательных аппаратов. Нормы прочности самолетов.
2. Классификация самолетов в Нормах прочности.
3. Максимальная эксплуатационная перегрузка при маневре.
4. Вывод формулы для маневренной перегрузки с помощью теории подобия и размерностей.
5. Соотношение для отрицательных маневренных перегрузок.
6. Эффективный порыв неспокойного воздуха.
7. Максимальная эксплуатационная перегрузка при полете в неспокойном воздухе.
8. Соотношение для минимальной перегрузки при полете самолета в неспокойном воздухе.
9. Устройство простейших перегрузочных приборов типа $V - g$.
10. Оценка влияния "кривизны земли" на величины перегрузок современных самолетов.
11. Максимальные эксплуатационные нагрузки. Расчетные нагрузки.
12. Расчетные случаи нагружения крыла.
13. Определение нагрузок, действующих на конструкцию крыла самолета в полетных и посадочных случаях.
14. Построение эпюр Q_y , $M_{изг}$, $M_{кр}$ для крыла.
15. Определение угла отклонения элеронов в случаях нагружения В и С.
16. Случаи нагружения элеронов и взлетно-посадочной механизации крыла.

17. Как изменяется распределение погонных аэродинамических нагрузок на упругом крыле по сравнению с жестким крылом, если стреловидность крыла $\chi = 0$, $\chi > 0$, $\chi < 0$.
18. Случаи нагружения горизонтального оперения.
19. Случаи нагружения вертикального оперения.
20. Нагрузки, действующие на фюзеляж самолета.
21. Построение эпюр Q_y , Q_z , M_y , M_z , M_x для фюзеляжа в различных случаях нагружения.
22. Случаи нагружения проводки управления.
23. Определение нагрузок на шасси в посадочных случаях, перегрузки при посадке.
24. Вывод формулы для скорости парашютирования самолета.
25. Определение редуцированной массы самолета при посадке на основные шасси.
26. Случаи нагружения шасси.
27. Кривые повторяемости нагрузок и их использование в нормировании расчетных условий прочности.
28. Применение метода статистического моделирования для определения эксплуатационных нагрузок.
29. Вывод формулы для вероятности разрушения самолета. Надежность конструкции.
30. Вероятностные методы оценки величин коэффициентов безопасности.
31. Функция распределения прочности при хрупком разрушении и функция распределения прочности авиационных конструкций.
32. Вероятностно-статистические методы нормирования прочности.
33. Основные положения расчетных условий прочности сверхзвуковых пассажирских самолетов.
34. Особенности нагружения крылатых ракет.
35. Методы определения внешних нагрузок при транспортировке ракет наземным транспортом.
36. Особенности нагружения баллистических ракет.
37. Нагружение конструкции баллистических ракет при стоянке на открытой стартовой площадке.
38. Общая постановка задач аэроупругости. Метод Бубнова-Галеркина и метод уравнений Лагранжа.
39. Вывод уравнений изгибно-крутильных колебаний консольно защемленного крыла в потоке воздуха.
40. Упругая схема крыла большого удлинения в задачах аэроупругости.
41. Определение форм и частот собственных изгибных и крутильных колебаний крыла.
42. Вывод условий ортогональности собственных форм изгибных колебаний консольно закрепленной балки.
43. Метод Рэлея определения собственных частот колебаний упругой балки.
44. Определение форм и частот собственных изгибно-крутильных колебаний крыла.
45. Определение форм и частот собственных колебаний высших тонов.
46. Определение аэродинамических нагрузок на колеблющемся крыле. Стационарная и нестационарная теория.
47. Определение критической скорости флаттера для полужесткой схемы (профиль на пружинках).
48. Изгибно-крутильный флаттер прямого крыла.
49. Метод Бубнова-Галеркина в применении к задачам аэроупругости.
50. Причины флаттера и методы определения критической скорости флаттера.
51. Зависимость критической скорости флаттера от параметров конструкции.
52. Методы повышения критической скорости флаттера.
53. Влияние автоматических систем управления (САУ) на величину критической скорости флаттера.
54. Запасы по скорости и по параметрам в аэроупругости.
55. Вывод соотношений для потенциальной энергии крутильных и изгибных деформаций консольно закрепленной балки.

1. В горизонтальном полете с самолета сбрасывается груз. Определить перегрузку и радиус искривления траектории в момент сброса груза.
2. Определить величину перегрузок n_y и n_z при выполнении самолетом правильного виража с углом крена γ .

Билет 2

1. Самолет попадает в резкоограниченный порыв неспокойного воздуха W . Определить радиус искривления траектории в начальный момент.
2. С какой целью вводится случай нагружения C для крыла, если перегрузка при этом $n_y = 0$, а скоростной напор такой же, как и в случае A' ?

Билет 3

1. В каком случае A' или D' расчетная разрушающая нагрузка на крыло больше? Имеет ли смысл рассматривать эти два случая?
2. В каком случае A или A' крутящий момент, действующий на крыло будет больше?

Билет 4

1. Почему при расчете узловых соединений вводится дополнительный коэффициент безопасности?
2. Какие виды нагрузок действуют на двигательные установки?

Билет 5

1. Найти наиболее невыгодное соотношение между составляющими скорости порыва неспокойного воздуха W_x и W_y для определения Δn_δ при условии $W = \sqrt{W_x^2 + W_y^2} = 15 \text{ м/с}$.
2. Определить приращение перегрузки Δn_y при резком увеличении тяги двигателя на величину ΔP (исходный режим - горизонтальный полет).

Билет 6

1. Сравнить величины изгибающих моментов в корневом сечении крыла прямого и стреловидного крыльев при одинаковых $n_y G$ и одинаковых строительных размахах крыла.
2. Проанализировать влияние "кривизны земли" на величину перегрузки самолета.

Билет 7

1. Для профиля, укрепленного на пружине жесткости C , определить максимальные нагрузки от однократного порыва неспокойного воздуха.
2. Определить распределение перегрузок вдоль фюзеляжа самолета при посадке на главные шасси.

Билет 8

1. Определить распределение перегрузок вдоль фюзеляжа самолета при маневре в вертикальной плоскости.
2. Для самолета типа "летающее крыло" распределение веса конструкции и оборудования вдоль размаха имеет такую же форму как и распределение аэродинамических сил. Указать расчетный случай для крыла.

Билет 9

1. Для самолета с заданным расчетным весом горючее может быть размещено в крыле или в фюзеляже. Указать, какой вариант будет более тяжелым по прочности для крыла и для фюзеляжа в полетных и посадочных случаях нагружения.
2. Определить максимальные нагрузки при развороте самолета на рулежке, если задана скорость руления V , колея шасси $l_{ш}$, высота до центра масс самолета, вес самолета G и коэффициент сцепления шасси с поверхностью аэродрома μ .

Билет 10

1. Имеются две идентичные конструкции, изготовленные из разных материалов: из дюралю и пластмассы. Учитывая, что коэффициент вариации прочности для пластмассовых конструкций выше, чем для дюралевых $\gamma_{пл} > \gamma_{д}$, указать, в каком случае коэффициент безопасности должен иметь большую величину. Как произвести оценку значений коэффициентов безопасности?
2. Указать ограничение режимов эксплуатации самолета, если на готовом самолете обнаружен недостаток прочности крыла.

Билет 11

1. Определить ограничение режимов эксплуатации самолета, если на готовом самолете обнаружен недостаток прочности вертикального оперения.
2. Определить ограничение режимов эксплуатации самолета, если на готовом самолете обнаружен недостаток прочности горизонтального оперения.

Билет 12

1. В каком случае стояночные нагрузки на шасси самолета с тремя ногами (две главных и носовая стойка) будут больше:
 - а. стойки жесткие,
 - б. стойки мягкие (упругие)
2. Определить стояночные нагрузки на четыре опоры вертолета, стоящего на горизонтальной поверхности, если его центр масс смещен относительно центральных осей как указано на виде в плане: жесткости основных опор K_1, K_2 и передних опор K_1', K_2' заданы.
Что такое силовые элементы конструкции? Какова роль различных силовых элементов в крыле большого удлинения?

Билет 13

1. Какие нагрузки в сечении крыла действуют в полетных случаях и какими силовыми элементами они в основном воспринимаются?
2. Какие элементы конструкции крыла определяют жесткости изгиба и кручения?

Билет 14

1. Как будет изменяться величина крутящего момента в корне крыла при смещении оси жесткости к носку крыла?
2. Каково назначение нервюр крыла? Из каких соображений определяется расстояние между нервюрами?

Билет 15

1. Какой стык обшивки - продольный или поперечный - оказывается более нагруженным?
2. Для сечения крыла с заданными размерами определить положение центра жесткости:
 - а) тонкостенный швеллер,
 - б) трехлонжеронное крыло (площади всех полок одинаковые).

Билет 16

1. Определить величину наибольшего напряжения в корпусе баллистической ракеты, если на него действуют изгибающий момент $M_{изг}$ и внутреннее избыточное давление ΔP : отсек корпуса считать цилиндрическим.
2. Построить эпюры $M_{изг}$ и Q для свободной балки постоянного сечения с заданными размерами, на которую действует вертикальная сила P . Какому случаю нагружения самолета соответствует условие задачи?

Билет 17

1. Построить эпюры $M_{изг}$ и Q для свободной балки постоянного сечения, лежащей на гладкой поверхности: на конец балки параллельно плоскости действует сила P . Какому случаю нагружения самолета соответствует условие задачи?
2. Балка постоянного сечения лежит на двух опорах (см. рис.). Построить эпюры $M_{изг}$ и Q для начального момента, времени, когда одна из опор мгновенно убирается.

Билет 18

1. При статических испытаниях прямого крыла опытного самолета выявлено, что изгибная жесткость превышает определенную расчетом и принятую при определении $V_{кр}$ флаттера, а крутильная жесткость соответствует расчетной. Как изменится критическая скорость изгибно-крутильного флаттера?
2. Как изменится критическая скорость изгибно-крутильного флаттера прямого крыла, если его жесткость на кручение увеличивается на 20%?

Билет 19

1. Почему противофлаттерные грузы-балансиры для повышения $V_{кр}$ изгибно-крутильного флаттера устанавливаются, как правило в носке концевой части крыла ?
2. Как проявляется приближение скорости полета к критической скорости реверса элеронов?

Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Во время проведения экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой, вычислительной техникой.

Экзамен может проводиться по итогам текущей успеваемости и сдачи заданий, или путем организации специального опроса, проводимого в устной форме.