

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра прочности летательных аппаратов

“УТВЕРЖДАЮ”

ДЕКАН ФЛА

д.т.н. Саленко С. Д.

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Дополнительные главы строительной механики**

Образовательная программа: 15.03.03 Прикладная механика, профиль: Динамика и прочность

Курс: 4, семестр : 7

Факультет летательных аппаратов,

|    |                                                                                                      | Семестр   |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| №  | Вид деятельности                                                                                     | 7         |
| 1  | Всего зачетных единиц (кредитов)                                                                     | 6         |
| 2  | Всего часов                                                                                          | 216       |
| 3  | Всего занятий в контактной форме, час.                                                               | 121       |
| 4  | Лекции, час.                                                                                         | 72        |
| 5  | Практические занятия, час.                                                                           | 36        |
| 6  | Лабораторные занятия, час.                                                                           | 0         |
| 7  | из них в активной и интерактивной форме, час.                                                        | 0         |
| 8  | Аттестация, час.                                                                                     | 2         |
| 9  | Консультации, час.                                                                                   | 11        |
| 10 | Самостоятельная работа, час.                                                                         | 95        |
| 11 | Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе) | КП контр. |
| 12 | Вид аттестации                                                                                       | Э         |

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 15.03.03 Прикладная механика

ФГОС введен в действие приказом №220 от 12.03.2015 г. , дата утверждения: 16.04.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная, по выбору студента

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 15.03.03 Прикладная механика

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ПЛА, протокол заседания кафедры №5/1 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета летательных аппаратов, протокол № 5 от 21.06.2017

Программу разработал:

доцент, к.т.н. Пель А. Н.

Заведующий кафедрой:

профессор, д.т.н. Пустовой Н. В.

Ответственный за образовательную программу:

профессор Левин В. Е.

## 1. Внешние требования

Таблица 1.1

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>Компетенция ФГОС: ОПК.10 способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности; в части следующих результатов обучения:</b>                                                                                                                      |  |
| у2. уметь пользоваться наиболее распространенными офисными и математическими пакетами прикладных программ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |
| <b>Компетенция ФГОС: ОПК.2 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики; в части следующих результатов обучения:</b>                                                                                                                                                                                          |  |
| з1. знать базовые положения фундаментальных разделов математики в объеме, необходимом для владения математическим аппаратом для обработки информации и анализа данных в области профессиональной деятельности                                                                                                                                                                                                                              |  |
| з2. знать универсальность математических методов в познании окружающего мира                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |
| <b>Компетенция ФГОС: ПК.1 способность выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат; в части следующих результатов обучения:</b>                                                                                                                                                                               |  |
| з8. знать основные уравнения строительной механики машин и конструкций                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |
| у1. уметь проводить расчеты деталей машин и элементов конструкций на основе методов строительной механики машин                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |
| у7. уметь строить эпюры внутренних силовых факторов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |
| <b>Компетенция ФГОС: ПК.3 готовность выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям; в части следующих результатов обучения:</b>       |  |
| з5. знать методы расчета оболочечных конструкций на прочность                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |
| у5. уметь применять методы расчета оболочечных конструкций на прочность                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |
| <b>Компетенция ФГОС: ПК.4 готовность выполнять научно-исследовательские работы в области прикладной механики с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, широко распространенных в промышленности систем мирового уровня, и экспериментального оборудования для проведения механических испытаний; в части следующих результатов обучения:</b> |  |
| з1. знать вывод уравнений метода конечных элементов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |

## 2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

| Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)                            | Формы организации занятий                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <i>Дополнительные главы строительной механики</i>                                                                          |                                                      |
| <b>ПК.1.38 знать основные уравнения строительной механики машин и конструкций</b>                                          |                                                      |
| 1. знать основные уравнения строительной механики машин и конструкций                                                      | Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа |
| <b>ПК.1.у1 уметь проводить расчеты деталей машин и элементов конструкций на основе методов строительной механики машин</b> |                                                      |
| 2. уметь проводить расчеты деталей машин и элементов конструкций на основе методов строительной механики машин             | Лекции; Практические занятия                         |
| <b>ПК.1.у7 уметь строить эпюры внутренних силовых факторов</b>                                                             |                                                      |
| 3. уметь строить эпюры внутренних силовых факторов                                                                         | Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа |

|                                                                                                                                                                                                                           |                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <b>ОПК.2.31 знать базовые положения фундаментальных разделов математики в объеме, необходимом для владения математическим аппаратом для обработки информации и анализа данных в области профессиональной деятельности</b> |                                                      |
| 4.знать базовые положения фундаментальных разделов математики в объеме, необходимом для владения математическим аппаратом для обработки информации и анализа данных в области профессиональной деятельности               | Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа |
| <b>ОПК.2.32 знать универсальность математических методов в познании окружающего мира</b>                                                                                                                                  |                                                      |
| 5.знать универсальность математических методов в познании окружающего мира                                                                                                                                                | Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа |
| <b>ПК.3.35 знать методы расчета оболочечных конструкций на прочность</b>                                                                                                                                                  |                                                      |
| 6.знать методы расчета оболочечных конструкций на прочность                                                                                                                                                               | Лекции; Самостоятельная работа                       |
| <b>ПК.3.у5 уметь применять методы расчета оболочечных конструкций на прочность</b>                                                                                                                                        |                                                      |
| 7. уметь применять методы расчета оболочечных конструкций на прочность                                                                                                                                                    | Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа |
| <b>ПК.4.31 знать вывод уравнений метода конечных элементов</b>                                                                                                                                                            |                                                      |
| 8.знать вывод уравнений метода конечных элементов для расчета оболочек                                                                                                                                                    | Практические занятия; Самостоятельная работа         |
| <b>ОПК.10.у2 уметь пользоваться наиболее распространенными офисными и математическими пакетами прикладных программ</b>                                                                                                    |                                                      |
| 9.уметь пользоваться наиболее распространенными офисными и математическими пакетами прикладных программ                                                                                                                   | Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа |

### 3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

| Темы лекций                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Активные формы, час. | Часы | Ссылки на результаты обучения | Учебная деятельность                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| <b>Семестр: 7</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                      |      |                               |                                                              |
| <b>Дидактическая единица: поперечный изгиб пластин</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                      |      |                               |                                                              |
| 1. Методы решения задач изгиба пластин. Методы двойных тригонометрических рядов. Метод ординарных тригонометрических рядов. Метод Папковича. Применение прямых вариационных методов в задачах изгиба пластин. Изгиб пластин с учетом действия высоких температур. Применение метода конечных разностей в задачах изгиба пластин. Применение методов ТФКП в задачах изгиба пластин. Изгиб пластин переменной толщины. Изгиб орто-тропных и конструктивно анизотропных пластин. Изгиб подкреп-ленных пластин. Уравнение балки Тимошенко. Учет влияния попе-речного сдвига в уравнениях изгиба пластин. Уравнения изгиба трехслойных плас | 0                    | 6    | 1, 4                          | Слушание лекции, ведение конспекта, формулирование вопросов. |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |   |   |         |                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---------|--------------------------------------------------------------|
| 2. Уравнения изгиба пластинки и граничные условия в полярных координатах. Осесимметричный изгиб круговых и кольцевых пластин. Общий случай изгиба круговых и кольцевых пластин. Особенности изгиба пластин в виде кольцевого сектора.                                                                                                                                                                                                                                                      | 0 | 4 | 1, 4    | Слушание лекции, ведение конспекта, формулирование вопросов. |
| 3. Нелинейные уравнения продольно-поперечного изгиба пластин. Уравнение устойчивости пластин. Энергетический критерий устойчивости Брайана. Вариационные методы решения задач устойчивости пластин. Методы решения задач устойчивости пластин. Устойчивость шарнирно опертой пластинки. Устойчивость пластинки с двумя шарнирно опертыми кромками. Устойчивость при сдвиге. Устойчивость пластинки при комбинированном нагружении. Вариационные методы решения задач устойчивости пластин. | 0 | 4 | 1, 4    | Слушание лекции, ведение конспекта, формулирование вопросов. |
| <b>Дидактическая единица: Напряженно-деформированное состояние осесимметричных оболочек</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |   |         |                                                              |
| 4. Осесимметричный изгиб цилиндрической оболочки.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0 | 6 | 1, 2    | Слушание лекции, ведение конспекта, формулирование вопросов. |
| 5. Преобразование уравнений осесимметричной деформации оболочек вращения. Теория краевого эффекта для непологих оболочек. Аналитические решения задачи об осесимметричной деформации некоторых оболочек вращения.                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0 | 6 | 1, 2, 6 | Слушание лекции, ведение конспекта, формулирование вопросов. |
| <b>Дидактическая единица: Безмоментная теория оболочек</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |   |   |         |                                                              |
| 6. Безмоментная теория оболочек. Безмоментная теория оболочек вращения. Симметрично нагруженные безмоментные оболочки вращения. Расчет сосудов с давлением.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 0 | 8 | 1, 2    | Слушание лекции, ведение конспекта, формулирование вопросов. |
| <b>Дидактическая единица: Общая теория тонких оболочек</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |   |   |         |                                                              |
| 7. Первая и вторая квадратичные формы поверхностей.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0 | 6 | 4, 5    | Слушание лекции, ведение конспекта, формулирование вопросов. |
| 8. Дифференцирование единичных векторов и тождественные соотношения Кодацци-Гаусса.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0 | 6 | 4, 5    | Слушание лекции, ведение конспекта, формулирование вопросов. |

|                                                                                                                                                                        |   |   |            |                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|------------|--------------------------------------------------------------|
| 9. Деформации и кривизны срединной поверхности оболочек. Напряжения и внутренние силовые факторы в нормальных сечениях оболочки.                                       | 0 | 8 | 1, 4, 5    | Слушание лекции, ведение конспекта, формулирование вопросов. |
| 10. Уравнения равновесия элемента оболочки. Граничные условия в задачах общей теории оболочек. Формы физических соотношений в общей теории оболочек.                   | 0 | 6 | 1, 2, 7    | Слушание лекции, ведение конспекта, формулирование вопросов. |
| 11. Структура уравнений теории оболочек и методы их решения. Моментная теория оболочек вращения. Моментная теория круговых цилиндрических оболочек постоянной толщины. | 0 | 8 | 2, 4, 5, 9 | Слушание лекции, ведение конспекта, формулирование вопросов. |
| 12. Теория пологих оболочек.                                                                                                                                           | 0 | 4 | 2, 3, 6, 7 | Слушание лекции, ведение конспекта, формулирование вопросов. |

Таблица 3.2

| Темы практических занятий                                                                                                                                                                               | Активные формы, час. | Часы | Ссылки на результаты обучения | Учебная деятельность                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Семестр: 7</b>                                                                                                                                                                                       |                      |      |                               |                                                                                |
| <b>Дидактическая единица: поперечный изгиб пластин</b>                                                                                                                                                  |                      |      |                               |                                                                                |
| 1. Решение задач изгиба пластин. Методы двойных тригонометрических рядов. Метод ординарных тригонометрических рядов. Метод Папковича. Применение прямых вариационных методов в задачах изгиба пластин.. | 0                    | 6    | 2, 3                          | Учатся решать задачи поперечного изгиба пластин                                |
| 2. Уравнения изгиба пластинки и граничные условия в полярных координатах. Осесимметричный изгиб круговых и кольцевых пластин. Общий случай изгиба круговых и кольцевых пластин.                         | 0                    | 4    | 2, 3                          | Учатся решать задачи поперечного изгиба пластин в полярной системе координат   |
| <b>Дидактическая единица: Напряженно-деформированное состояние осесимметричных оболочек</b>                                                                                                             |                      |      |                               |                                                                                |
| 3. Осесимметричный изгиб цилиндрической оболочки.                                                                                                                                                       | 0                    | 6    | 2, 3, 9                       | учится решать задачи о НДС цилиндрических оболочек                             |
| 4. Аналитические решения задачи об осесимметричной деформации некоторых оболочек вращения.                                                                                                              | 0                    | 6    | 3, 7, 9                       | Учиться решать задачи об осесимметричной деформации оболочек вращения.         |
| <b>Дидактическая единица: Безмоментная теория оболочек</b>                                                                                                                                              |                      |      |                               |                                                                                |
| 5. Решение задач о симметрично нагруженных безмоментных оболочках вращения. Расчет сосудов с давлением.                                                                                                 | 0                    | 6    | 2, 3                          | Учатся решать задачи о симметрично нагруженных безмоментных оболочках вращения |
| <b>Дидактическая единица: Общая теория тонких оболочек</b>                                                                                                                                              |                      |      |                               |                                                                                |

|                                                                                                         |   |   |            |                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6. Вычисление коэффициентов первой и второй квадратичных форм поверхностей оболочек различной геометрии | 0 | 2 | 1, 4, 5, 7 | Учатся вычислять коэффициенты первой и второй квадратичных форм поверхностей оболочек различной геометрии |
| 7. Решение задач теории пологих оболочек.                                                               | 0 | 2 | 1, 2, 3    | Учатся решать задачи теории пологих оболочек.                                                             |
| 8. Решение задач деформирования оболочек в общей постановке                                             | 0 | 4 | 3, 7, 8, 9 | Учатся решать задачи деформирования оболочек в общей постановке                                           |

#### 4. Самостоятельная работа обучающегося

| №                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Виды самостоятельной работы | Ссылки на результаты обучения | Часы на выполнение | Часы на консультации |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|
| <b>Семестр: 7</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                             |                               |                    |                      |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Контрольные работы          | 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9        | 5                  | 0                    |
| : Погорелов В. И. Строительная механика тонкостенных конструкций : [учебное пособие для вузов по направлению 160800 "Ракетостроение и космонавтика"] / В. И. Погорелов. - СПб., 2007. - 518 с. : ил. Строительная механика машин : методические указания к решению задач для 3 и 4 курсов ФЛА дневной формы обучения (направления 150300 Прикладная механика) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. К. А. Матвеев, А. Н. Пель, Н. В. Пустовой]. - Новосибирск, 2007. - 52, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000070202">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000070202</a>                                        |                             |                               |                    |                      |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Курсовой проект             | 1, 3                          | 75                 | 9                    |
| Решение задач теории пластин и оболочек: Погорелов В. И. Строительная механика тонкостенных конструкций : [учебное пособие для вузов по направлению 160800 "Ракетостроение и космонавтика"] / В. И. Погорелов. - СПб., 2007. - 518 с. : ил. Строительная механика машин : методические указания к решению задач для 3 и 4 курсов ФЛА дневной формы обучения (направления 150300 Прикладная механика) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. К. А. Матвеев, А. Н. Пель, Н. В. Пустовой]. - Новосибирск, 2007. - 52, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000070202">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000070202</a> |                             |                               |                    |                      |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Подготовка к занятиям       | 1, 3                          | 0                  | 0                    |
| : Погорелов В. И. Строительная механика тонкостенных конструкций : [учебное пособие для вузов по направлению 160800 "Ракетостроение и космонавтика"] / В. И. Погорелов. - СПб., 2007. - 518 с. : ил. Строительная механика машин : методические указания к решению задач для 3 и 4 курсов ФЛА дневной формы обучения (направления 150300 Прикладная механика) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. К. А. Матвеев, А. Н. Пель, Н. В. Пустовой]. - Новосибирск, 2007. - 52, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000070202">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000070202</a>                                        |                             |                               |                    |                      |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Подготовка к аттестации     | 1, 3                          | 15                 | 2                    |
| Подготовка к аттестации: Погорелов В. И. Строительная механика тонкостенных конструкций : [учебное пособие для вузов по направлению 160800 "Ракетостроение и космонавтика"] / В. И. Погорелов. - СПб., 2007. - 518 с. : ил. Строительная механика машин : методические указания к решению задач для 3 и 4 курсов ФЛА дневной формы обучения (направления 150300 Прикладная механика) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. К. А. Матвеев, А. Н. Пель, Н. В. Пустовой]. - Новосибирск, 2007. - 52, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000070202">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000070202</a>                 |                             |                               |                    |                      |

## 5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

| Деятельность                  | Информационно-коммуникационные технологии |
|-------------------------------|-------------------------------------------|
| Информирование                | e-mail; Портал НГТУ                       |
| Консультирование              | e-mail; Портал НГТУ                       |
| Контроль                      | e-mail; Портал НГТУ                       |
| Размещение учебных материалов | Личный типовой сайт; Портал НГТУ; ЭБС     |

## 6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

| Оцениваемые виды деятельности обучающихся | Мин. балл | Максимальный балл |
|-------------------------------------------|-----------|-------------------|
| <b>Семестр: 7</b>                         |           |                   |
| <i>Контрольные работы:</i>                | 13        | 25                |
| <i>Курсовой проект:</i>                   | 0         | 35                |
| <i>Экзамен:</i>                           | 20        | 40                |

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

| Коды компетенций ФГОС | Результаты обучения                                                                                                                                                                                           | Формы контроля |              |         |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------|---------|
|                       |                                                                                                                                                                                                               | Контр. раб.    | Защита КП/КР | Экзамен |
| <b>ОПК.10</b>         | у2. уметь пользоваться наиболее распространенными офисными и математическими пакетами прикладных программ                                                                                                     |                |              | +       |
| <b>ОПК.2</b>          | з1. знать базовые положения фундаментальных разделов математики в объеме, необходимом для владения математическим аппаратом для обработки информации и анализа данных в области профессиональной деятельности |                |              | +       |
|                       | з2. знать универсальность математических методов в познании окружающего мира                                                                                                                                  |                |              | +       |
| <b>ПК.1</b>           | з8. знать основные уравнения строительной механики машин и конструкций                                                                                                                                        |                |              | +       |
|                       | у1. уметь проводить расчеты деталей машин и элементов конструкций на основе методов строительной механики машин                                                                                               |                | +            | +       |
|                       | у7. уметь строить эпюры внутренних силовых факторов                                                                                                                                                           | +              |              | +       |
| <b>ПК.3</b>           | з5. знать методы расчета оболочечных конструкций на прочность                                                                                                                                                 |                |              | +       |



|             |                                                                         |   |  |   |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------|---|--|---|
|             | у5. уметь применять методы расчета оболочечных конструкций на прочность | + |  | + |
| <b>ПК.4</b> | з1. знать вывод уравнений метода конечных элементов                     |   |  | + |

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

## 7. Литература

### Основная литература

1. Погорелов В. И. Строительная механика тонкостенных конструкций : [учебное пособие для вузов по направлению 160800 "Ракетостроение и космонавтика"] / В. И. Погорелов. - СПб., 2007. - 518 с. : ил.

### Дополнительная литература

1. Усюкин В. И. Строительная механика конструкций космической техники : [Учеб. для вузов] / В. И. Усюкин. - М., 1988. - 390 с. : ил. - Библиогр.: с. 382-383 (45 назв.). - Предм. указ.: с. 387-390.

2. Строительная механика летательных аппаратов : [учебник для авиационных специальностей вузов] / И. Ф. Образцов, Л. А. Булычев, В. В. Васильев ; под ред. И. Ф. Образцова. - М., 1986. - 535, [1] с. : ил. - Загл. корешка: Строительная механика ЛА. - Авт. указаны на обороте тит. л. - Библиогр.: с. 524-525 (34 назв.). - Предм. указ.: с. 526-530.

3. Бидерман В. Л. Механика тонкостенных конструкций. Статика / В. Л. Бидерман. - М., 1977. - 488 с. : ил.

### Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>
5. :

## 8. Методическое и программное обеспечение

### 8.1 Методическое обеспечение

1. Строительная механика машин : методические указания к решению задач для 3 и 4 курсов ФЛА дневной формы обучения (направления 150300 Прикладная механика) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. К. А. Матвеев, А. Н. Пель, Н. В. Пустовой]. - Новосибирск, 2007. - 52, [2] с. : ил. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000070202](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000070202)

### 8.2 Специализированное программное обеспечение

1 MathCAD

## 9. Материально-техническое обеспечение

Компьютерный класс

| № | Наименование                                                                         | Назначение    |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления) | Чтение лекций |

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра прочности летательных аппаратов

“УТВЕРЖДАЮ”  
ДЕКАН ФЛА  
д.т.н., профессор С.Д. Саленко  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ \_\_\_\_ г.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

#### **Дополнительные главы строительной механики**

Образовательная программа: 15.03.03 Прикладная механика, профиль: Динамика и прочность

# 1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине **Дополнительные главы строительной механики** приведена в Таблице.

Таблица

| Формируемые компетенции                                                                                                                                                                                                                             | Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)                                                                                                                                              | Темы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Этапы оценки компетенций                                      |                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.) | Промежуточная аттестация (экзамен, зачет) |
| ОПК.10 способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности | у2. уметь пользоваться наиболее распространенными офисными и математическими пакетами прикладных программ                                                                                                     | Аналитические решения задачи об осесимметричной деформации некоторых оболочек вращения. Осесимметричный изгиб цилиндрической оболочки. Решение задач деформирования оболочек в общей постановке Структура уравнений теории оболочек и методы их решения. Моментная теория оболочек вращения. Моментная теория круговых цилиндрических оболочек постоянной толщины.                                                                                                                                                                      |                                                               | Экзамен, вопросы 15-18.                   |
| ОПК.2 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики                                                                     | з1. знать базовые положения фундаментальных разделов математики в объеме, необходимом для владения математическим аппаратом для обработки информации и анализа данных в области профессиональной деятельности | Вычисление коэффициентов первой и второй квадратичных форм поверхностей оболочек различной геометрии Деформации и кривизны срединной поверхности оболочек. Напряжения и внутренние силовые факторы в нормальных сечениях оболочки. Дифференцирование единичных векторов и тождественные соотношения Кодацци-Гаусса. Первая и вторая квадратичные формы поверхностей. Структура уравнений теории оболочек и методы их решения. Моментная теория оболочек вращения. Моментная теория круговых цилиндрических оболочек постоянной толщины. |                                                               | Экзамен, вопросы 20-22.                   |
| ОПК.2                                                                                                                                                                                                                                               | з2. знать универсальность математических методов в познании окружающего мира                                                                                                                                  | Вычисление коэффициентов первой и второй квадратичных форм поверхностей оболочек различной геометрии Деформации и кривизны срединной поверхности оболочек. Напряжения и внутренние силовые факторы в нормальных сечениях оболочки. Дифференцирование единичных векторов и тождественные соотношения                                                                                                                                                                                                                                     |                                                               | Экзамен, вопросы 20-22.                   |

|                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                             |                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
|                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                 | Кодацци-Гаусса. Первая и вторая квадратичные формы поверхностей. Структура уравнений теории оболочек и методы их решения. Моментная теория оболочек вращения. Моментная теория круговых цилиндрических оболочек постоянной толщины.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                             |                         |
| ПК.1/НИ<br>способность выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат | 38. знать основные уравнения строительной механики машин и конструкций                                          | Безмоментная теория оболочек. Безмоментная теория оболочек вращения. Симметрично нагруженные безмоментные оболочки вращения. Расчет сосудов с давлением. Вычисление коэффициентов первой и второй квадратичных форм поверхностей оболочек различной геометрии. Осесимметричный изгиб цилиндрической оболочки. Преобразование уравнений осесимметричной деформации оболочек вращения. Теория краевого эффекта для непологих оболочек. Аналитические решения задачи об осесимметричной деформации некоторых оболочек вращения. Решение задач теории пологих оболочек. Уравнения равновесия элемента оболочки. Граничные условия в задачах общей теории оболочек. Формы физических соотношений в общей теории оболочек. |                                                                                             | Экзамен, вопросы 15-18. |
| ПК.1/НИ                                                                                                                                                                                          | у1. уметь проводить расчеты деталей машин и элементов конструкций на основе методов строительной механики машин | Уравнения изгиба пластинки и граничные условия в полярных координатах. Осесимметричный изгиб круговых и кольцевых пластин. Общий случай изгиба круговых и кольцевых пластин. Безмоментная теория оболочек. Безмоментная теория оболочек вращения. Симметрично нагруженные безмоментные оболочки вращения. Расчет сосудов с давлением. Осесимметричный изгиб цилиндрической оболочки. Преобразование уравнений осесимметричной деформации оболочек вращения. Теория краевого эффекта для непологих оболочек. Аналитические решения задачи об осесимметричной деформации некоторых оболочек вращения. Решение задач о симметрично нагруженных безмоментных оболочках вращения. Расчет                                  | Контрольная работа "Построение функции прогиба", курсовой проект "Поперечный изгиб пластин" | Экзамен, вопросы 1-18   |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                    |                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                               | <p>сосудов с давлением. Решение задач теории пологих оболочек. Структура уравнений теории оболочек и методы их решения. Моментная теория оболочек вращения. Моментная теория круговых цилиндрических оболочек постоянной толщины. Теория пологих оболочек. Уравнения равновесия элемента оболочки. Граничные условия в задачах общей теории оболочек. Формы физических соотношений в общей теории оболочек.</p>                                                                                                                                                                  |                                                                                                    |                        |
| ПК.1/НИ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | у7. уметь строить эпюры внутренних силовых факторов           | <p>Решение задач изгиба пластин. Методы двойных тригонометрических рядов. Метод ординарных тригонометрических рядов. Метод Папковича. Применение прямых вариационных методов в задачах изгиба пластин. Аналитические решения задачи об осесимметричной деформации некоторых оболочек вращения. Осесимметричный изгиб цилиндрической оболочки. Решение задач деформирования оболочек в общей постановке. Решение задач о симметрично нагруженных безмоментных оболочках вращения. Расчет сосудов с давлением. Решение задач теории пологих оболочек. Теория пологих оболочек.</p> | <p>Контрольная работа "Построение функции прогиба", курсовой проект "Поперечный изгиб пластин"</p> | Экзамен, вопросы 1-15  |
| ПК.3/НИ<br>готовность выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям | з5. знать методы расчета оболочечных конструкций на прочность | <p>Преобразование уравнений осесимметричной деформации оболочек вращения. Теория краевого эффекта для непологих оболочек. Аналитические решения задачи об осесимметричной деформации некоторых оболочек вращения. Теория пологих оболочек.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                    | Экзамен, вопросы 17-25 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------|
| ПК.3/НИ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | у5. уметь применять методы расчета оболочечных конструкций на прочность | Аналитические решения задачи об осесимметричной деформации некоторых оболочек вращения. Вычисление коэффициентов первой и второй квадратичных форм поверхностей оболочек различной геометрии Решение задач деформирования оболочек в общей постановке Теория пологих оболочек. Уравнения равновесия элемента оболочки. Граничные условия в задачах общей теории оболочек. Формы физических соотношений в общей теории оболочек. |  | Экзамен, вопросы 13-25 |
| ПК.4/НИ<br>готовность выполнять научно-исследовательские работы в области прикладной механики с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, широко распространенных в промышленности систем мирового уровня, и экспериментального оборудования для проведения механических испытаний | з1. знать вывод уравнений метода конечных элементов                     | Решение задач деформирования оболочек в общей постановке                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  | Экзамен, вопросы 18-22 |

## 2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 7 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.10, ОПК.2, ПК.1/НИ, ПК.3/НИ, ПК.4/НИ.

Экзамен проводится в устной форме, по билетам.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 7 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются контрольная работа, курсовой проект. Требования к выполнению контрольной работы, курсового проекта, состав и правила оценки сформулированы в паспорте контрольной работы, курсового проекта.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.10, ОПК.2, ПК.1/НИ, ПК.3/НИ, ПК.4/НИ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

### **Общая характеристика уровней освоения компетенций.**

**Ниже порогового.** Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

**Пороговый.** Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

**Базовый.** Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

**Продвинутый.** Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»  
Кафедра прочности летательных аппаратов

## Паспорт экзамена

по дисциплине «Дополнительные главы строительной механики», 7 семестр

### 1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет составляется из вопросов, список которых приведен ниже. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4) и задачи на понимание этих вопросов.

### Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Факультет ФЛА

Билет № \_\_\_\_\_

к экзамену по дисциплине «Дополнительные главы строительной механики»

---

1. Уравнение изгиба пластинки.
2. Расчет по безмоментной теории цилиндрической оболочки под постоянным давлением.

Утверждаю: зав. кафедрой \_\_\_\_\_ проф. Н.В. Пустовой  
(подпись) (дата)

### 2. Критерии оценки

- Ответ на билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при ответе допускает принципиальные ошибки, оценка составляет менее 0,5 максимального балла, указанного в описании БРС (табл. 6.1).
- Ответ на билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при ответе допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет менее 0,6 максимального балла.
- Ответ на билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные



характеристики процессов, не допускает ошибок при ответе, оценка составляет менее 0,8 максимального балла.

- Ответ на билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет не менее 0,8 максимального балла.

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины (табл. 6.1).

#### 4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Дополнительные главы строительной механики»

1. Гипотезы Кирхгоффа в теории пластин.
2. Геометрические и физические уравнения теории изгиба пластин.
3. Уравнение изгиба пластинки.
4. Внутренние силовые факторы и напряжения в пластинке при изгибе.
5. Граничные условия при решении задач изгиба пластин.
6. Метод Ритца для расчета прямоугольной пластины.
7. Изгиб круглой пластинки, защемленной по контуру.
8. Изгиб круглой пластинки, шарнирно опертой по контуру.
9. Пластика с отверстием, нагруженная краевыми моментами.
10. Нелинейные уравнения изгиба пластин под действием продольной нагрузки.
11. Устойчивость бесконечно длинной пластинки, сжатой по короткой стороне.
12. Устойчивость прямоугольной пластинки.
13. Расчет по безмоментной теории сферической оболочки под постоянным давлением.
14. Расчет по безмоментной теории цилиндрической оболочки под постоянным давлением.
15. Уравнения изгиба цилиндрических оболочек.
16. Изгиб цилиндрической оболочки краевой перерезывающей силой и моментом.
17. Краевой эффект в цилиндрической оболочке около эллиптического днища.
18. Первая и вторая квадратичные формы поверхности.
19. Производные векторов единичного триэдра.
20. Условия Кодацци-Гаусса.
21. Гипотезы Кирхгофа-Лява в теории оболочек.
22. Внутренние погонные усилия и моменты в теории оболочек.
23. Уравнения линейной теории оболочек.
24. Гипотезы теории пологих оболочек.
25. Уравнения теории пологих оболочек.

## Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Дополнительные главы строительной механики», 7 семестр

### 1. Методика оценки

Контрольная работа проводится по теме: Поперечный изгиб пластин. Включает в себя одно задание. Выполняется письменно.

### 2. Критерии оценки

Работа считается **не выполненной**, если решено менее половины всех задач, оценка составляет менее 0,5 максимального балла, указанного в БРС (табл. 6.1).

Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если решена половина всех задач, оценка составляет менее 0,7 максимального балла.

Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если решены все задачи, имеются отдельные недочеты в решении, нет достаточного теоретического обоснования, оценка составляет менее 0,9 максимального балла.

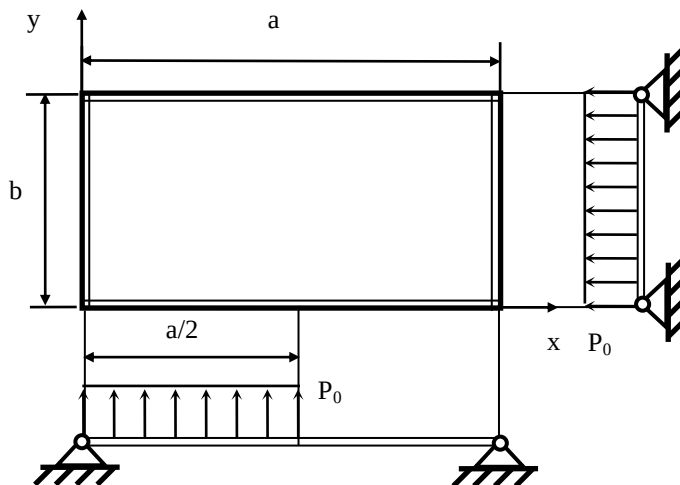
Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если все задачи решены, оформление соответствует требованиям, продемонстрировано понимание необходимого теоретического материала, оценка составляет не менее 0,9 максимального балла

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины. В качестве максимального берется балл из таблицы 6.1.

### 4. Пример варианта контрольной работы

Пластина шарнирно оперта по четырем сторонам и нагружена в соответствии с заданной расчетной схемой. С помощью метода двойных тригонометрических рядов построить функцию прогиба.



## Паспорт курсового проекта

по дисциплине «Дополнительные главы строительной механики», 7 семестр

### 1. Методика оценки.

Задание, структура, этапы выполнения и защиты, оцениваемые позиции подробно описаны в методических указаниях.

Структура курсовой работы:

- Титульный лист
- Задание
- Решение с подробным теоретическим обоснованием
- Выводы по выполненной работе
- Список литературы и интернет-источников

Этапы выполнения:

- Постановка задачи
- Изучение необходимого теоретического материала
- Изучение необходимого программного обеспечения
- Выполнение задания
- Оформление задания
- Защита по вопросам, приведенным ниже

Оцениваемые позиции:

- Правильность решения
- Подробность теоретического обоснования
- Правильность оформления: соответствие структуре
- Аккуратность и грамотность выполнения работы

### 2. Критерии оценки.

Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части, решение формальное, студент не продемонстрировал знание основных определений, оценка составляет менее 0,5 максимального балла, указанного в описании БРС (табл. 6.1).

Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части выполнены формально: задачи решены с отдельными недочетами, оценка составляет менее 0,6 максимального балла.

Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если все задачи решены, оформление соответствует требованиям, нет достаточного теоретического обоснования оценка составляет менее 0,8 максимального балла.

Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если все задачи решены, оформление отчета соответствует требованиям, продемонстрировано понимание необходимого теоретического материала, оценка составляет не менее 0,8 максимального балла

### 1. Шкала оценки.

В общей оценке по дисциплине баллы за работы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины. В качестве максимального берется балл из таблицы 6.1.

## **2. Примерный перечень тем курсового проекта (работы).**

- Решение задачи поперечного изгиба пластин с помощью метода Леви.
- Решение задачи поперечного изгиба пластин с помощью метода Ритца.
- Решение задачи поперечного изгиба круговых или кольцевых пластин при осесимметричном нагружении.
- Решение задачи поперечного изгиба круговых или кольцевых пластин при произвольном нагружении.

## **3. Перечень вопросов к защите курсового проекта.**

1. Гипотезы Кирхгофа в теории пластин.
2. Геометрические и физические уравнения теории изгиба пластин.
3. Уравнение изгиба пластинки.
4. Внутренние силовые факторы и напряжения в пластинке при изгибе.
5. Граничные условия при решении задач изгиба пластин.
6. Метод Ритца для расчета прямоугольной пластины.
7. Изгиб круглой пластинки, защемленной по контуру.
8. Изгиб круглой пластинки, шарнирно опертой по контуру.
9. Пластинка с отверстием, нагруженная краевыми моментами.