



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ

Директор ИММиМ

А.С. Савинов

20.02.2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ С ОСНОВАМИ ПЛАСТИЧНОСТИ И
ПОЛЗУЧЕСТИ**

Направление подготовки (специальность)

08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений

Направленность (профиль/специализация) программы

08.05.01 Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений

Уровень высшего образования - специалитет

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалообработки
Кафедра	Механики
Курс	3
Семестр	6

Магнитогорск
2019 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - специалитет по специальности 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений (приказ Минобрнауки России от 31.05.2017 г. № 483)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Механики
19.02.2020, протокол № 7

Зав. кафедрой _____ А.С. Савинов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ
20.02.2020 г. протокол № 5

Председатель _____ А.С. Савинов

Согласовано:

Зав. кафедрой Проектирования зданий и строительных конструкций

_____ В.Б. Гаврилов

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры Механики, канд. техн. наук _____

_____ С.В. Конев

Рецензент:

Директор ЗАО НПО "Центр химических технологий" , канд. техн. наук
_____ В.П. Дзюба

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2020 - 2021 учебном году на заседании кафедры Механики

Протокол от 05 сентября 2020 г. № 2
Зав. кафедрой _____ А.С. Савинов

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Механики

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.С. Савинов

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Механики

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.С. Савинов

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Механики

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.С. Савинов

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Механики

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.С. Савинов

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Механики

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.С. Савинов

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины «Теория упругости с основами пластичности и ползучести» является подготовка будущего специалиста к применению основных положений механики сплошной упругой среды в инженерных расчетах строительных конструкций и их элементов на прочность и жёсткость, выработать у него правильный подход к выбору методов расчёта и практические навыки при их реализации.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Теория упругости с основами пластичности и ползучести входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Математика

Теоретическая механика

Сопротивление материалов

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Основания и фундаменты зданий и сооружений

Железобетонные и каменные конструкции (общий курс)

Металлические конструкции (общий курс)

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Теория упругости с основами пластичности и ползучести» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ОПК-1	Способен решать прикладные задачи строительной отрасли, используя теорию и методы фундаментальных наук
ОПК-1.3	Решает прикладные задачи с помощью математического аппарата, используя теорию и методы фундаментальных наук
ОПК-1.2	Выполняет расчеты строительных конструкций и объектов строительства, оценивает их надежность используя математическое моделирование, аналитическую геометрию и математический анализ
ОПК-1.1	Определяет характеристики физического и химического процесса (явления), характерного для объектов строительной отрасли, на основе теоретического и экспериментального исследований

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 57,2 акад. часов;
- аудиторная – 54 акад. часов;
- внеаудиторная – 3,2 акад. часов
- самостоятельная работа – 51,1 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Теория напряжений								
1.1 Напряжения в точке упруго деформируемого тела	6	2		4/2И	3,1	изучение лекции	текущий опрос	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3
Итого по разделу		2		4/2И	3,1			
2. деформации								
2.1 Линейные и угловые деформации в точке. Уравнение совместности деформаций	6	2		4/2И	6	самостоятельное изучение литературы	текущий опрос	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3
Итого по разделу		2		4/2И	6			
3. функция напряжений плоской задачи								
3.1 Бигармоническое уравнение	6	2		4/2И	6	самостоятельное изучение литературы	текущий опрос	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3
Итого по разделу		2		4/2И	6			
4. приближенные методы решения задач								
4.1 Метод конечных разностей	6	2		4/2И	6	изучение конспекта лекции	текущий опрос	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3
Итого по разделу		2		4/2И	6			
5. задача о сосредоточенной силе								
5.1 Сосредоточенная сила, приложенная к полуплоскости	6	2		4/2И	6	изучение литературы	текущий опрос	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3
Итого по разделу		2		4/2И	6			
6. напряжения в балке-стенке								
6.1 Определение напряжений в балке-стенке методом конечных разностей	6	2		4/2И	6	выполнение РГР "Расчет балки-стенки"	контроль выполнения РГР "Расчет балки-стенки"	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3
Итого по разделу		2		4/2И	6			

7. напряжения в изогнутых пластинах								
7.1 Изгиб тонких жестких круглых и прямоугольных пластин по С.-Жермен	6	2		4/2И	6	изучение литературы	текущий опрос	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3
Итого по разделу		2		4/2И	6			
8. теория напряжений в теории пластичности								
8.1 Теория малых упруго-пластических деформаций	6	2		4/2И	6	изучение конспекта лекции	текущий опрос	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3
Итого по разделу		2		4/2И	6			
9. теория течения в теории пластичности								
9.1 Теория течения	6	2		4	6	изучение конспекта лекции	текущий опрос	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3
Итого по разделу		2		4	6			
Итого за семестр		18		36/16И	51,1		экзамен	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3
Итого по дисциплине		18		36/16И	51,1		экзамен	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Прикладная механика» используются традиционная и модульно - компетентностная технологии.

Образовательные технологии ориентируются на организацию образовательного процесса, предлагающую прямую трансляцию знаний от преподавателя к обучающемуся (преимущественно на основе объяснительно-иллюстративных методов обучения)

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Прикладная механика» происходит с использованием мультимедийного оборудования.

Информационная лекции проходят в традиционной форме (монолог преподавателя), в форме лекций-консультаций и проблемных лекций. Теоретический материал на проблемных лекциях является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения. На лекциях – консультациях изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы.

При проведении практических занятий используется работа в команде и методы информационных технологий. Часть практических занятий ведутся в интерактивной форме. Интерактивная технология предполагает активное и нелинейное взаимодействие всех участников, достижение на этой основе лично значимого для них образовательного результата. Учебные занятия с использованием специализированных интерактивных технологий ведутся в форме учебных дискуссий, эвристических бесед, обучение на основе опыта.

Самостоятельная работа стимулирует обучающихся в процессе подготовки домашних заданий (РГР), при решении задач на практических занятиях, при подготовке к контрольным работам и итоговой аттестации.

Для достижения поставленных задач применяются методы аудиторной работы – лекционное изложение материала по назначению, особенностям использования и интерфейсу программ, по приемам работы в данных программах (с применением проектора), а также проектные работы обучающихся непосредственно на компьютерной технике в рамках лабораторных работ. Для лучшего закрепления материала обучающиеся получают задания, которые выполняются на протяжении всех лабораторных работ в отрезки времени, отведенные для закрепления материала и получения навыков работы. Такие задания сдаются обучающимися преподавателю в конце изучения данной дисциплины.

Способы, применяемые для достижения цели:

- однотипное структурирование лекционного материала, лабораторных работ и самостоятельных работ;
- последовательное проведение лабораторных работ вслед за лекциями, посвященных программам ЭВМ по данным работам.

Передовые технологии, применяемые для достижения цели:

- проектный подход (группа обучающихся разбивается на пары, которым выдается комплексное задание);
- на лекциях используется компьютер с проектором для отображения программ ЭВМ и приемов работы с ними.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Бажанов, В. Л. Механика деформируемого твердого тела: учебное пособие для вузов / В. Л. Бажанов. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 178 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04104-0. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/453913> (дата обращения: 13.10.2020).
2. Малинин, Н. Н. Прикладная теория пластичности и ползучести: учебник для вузов / Н. Н. Малинин. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 402 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05330-2. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/454134> (дата обращения: 13.10.2020).

б) Дополнительная литература:

1. Валишвили, Н. В. Сопротивление материалов и конструкций: учебник для вузов / Н. В. Валишвили, С. С. Гаврюшин. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 429 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-8247-3. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450893> (дата обращения: 13.10.2020).

в) Методические указания:

1. Конев, С. В. Введение в решение задач теории упругости: учебное пособие [для вузов] / С. В. Конев, Ф. Г. Ибрагимов; МГТУ. - Магнитогорск: МГТУ, 2019. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3791.pdf&show=dcatalogues/1/1529942/3791.pdf&view=true> (дата обращения: 09.10.2020). - Макрообъект. - ISBN 978-5-9967-1497-1. - Текст: электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.
2. Ибрагимов, Ф. Г. Механика деформируемых стержней: учебное пособие [для вузов] / Ф. Г. Ибрагимов, А. С. Постникова; МГТУ. - Магнитогорск: МГТУ, 2019. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL : <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3877.pdf&show=dcatalogues/1/1530012/3877.pdf&view=true> (дата обращения: 09.10.2020). - Макрообъект. - ISBN 978-5-9967-1504-6. - Текст: электронный. - Сведения доступны также на

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Браузер Mozilla Firefox	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных	http://scopus.com

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа. Оснащение: Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: Доска, мультимедийный проектор, экран.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся. Оснащение: Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

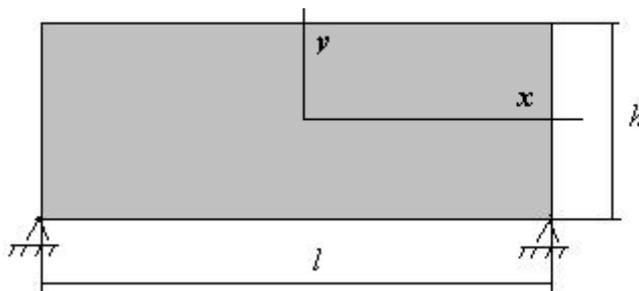
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Оснащение: Стеллажи для хранения учебно-методических пособий и учебно-методической документации

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Теория упругости с основами пластичности и ползучести» предусмотрено выполнение расчётно-графической работы обучающихся.

Примерное задание расчётно-графической работы (РГР) «расчет балки-стенки»

Дана симметрично нагруженная балка-стенка. Балка нагружена симметрично относительно оси y .



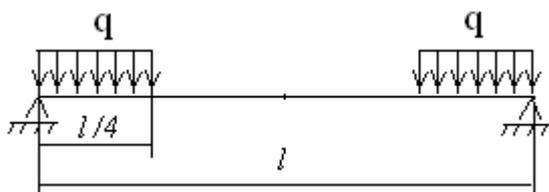
Балка-стенка

Требуется:

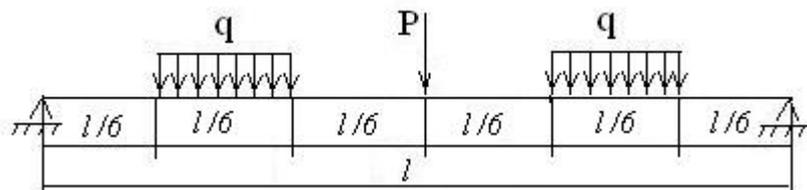
1. Изобразить в масштабе балку-стенку, согласно варианту контрольного задания (схемы нагружения балок заданы вариантами). Составить схему разбиения балки-стенки сеткой с квадратной ячейкой.
2. Вычислить изгибающие моменты и продольные силы в раме-аналоге в долях Pl . Построить эпюры изгибающих моментов и продольных сил на стержнях рамы.
3. Установить значение функции напряжений и ее производных в узловых точках контура балки-стенки.
4. Вычислить значения функции в законтурных точках. Записать бигармоническое уравнение для каждого внутреннего узла сетки балки-стенки.
5. Решить полученную систему уравнений, то есть найти значение функции напряжений во всех внутриконтурных узловых точках сетки.
6. Вычислить числовые значения нормальных и касательных напряжений в узловых точках сетки в сечениях, заданных по таблице.
7. Построить в эпюры нормальных и касательных напряжений вдоль заданных сечений.

Примерные схемы нагрузок верхней грани двухопорных балок-стенок:

а) размером $l * h = 4\text{ м} * 4\text{ м}$, при четырех одинаковых по длине участках вдоль оси x



б) размером $l * h = 6\text{ м} * 4\text{ м}$, при шести одинаковых по длине участках вдоль оси x



в) размером $l * h = 6\text{ м} * 6\text{ м}$, при шести одинаковых по длине участках вдоль оси x

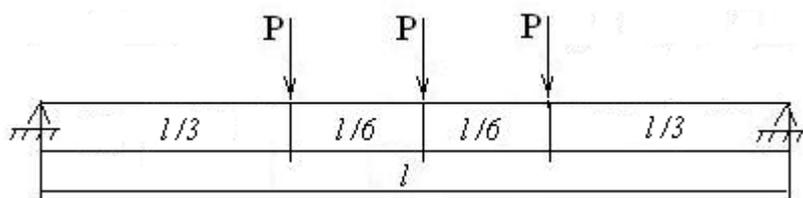


Таблица
Размеры заданной балки-стенки и координаты сечений
для построений эпюр напряжений

Схема	P, кН	q, Н/м	l, м	h, м	x, м	y, м
1	1	1	4	2	3	1
2	2	1	4	3	3	2
3	2	1	4	4	2	1
4	1	2	4	2	2	1
5	1	2	6	2	1	1
6	2	2	6	4	4	3
7	2	1	6	4	2	3
8	2	1	6	2	3	1
9	1	2	6	2	2	1
0	2	1	6	4	4	2

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) *Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации*

Промежуточная аттестация имеет целью определить степень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине «Теория упругости с основами пластичности и ползучести» и проводится в форме экзамена в 6 семестре

<i>Структурный элемент компетенции</i>	<i>Планируемые результаты обучения</i>	<i>Оценочные средства</i>
ОПК-1 Способен решать прикладные задачи строительной отрасли, используя теорию и методы фундаментальных наук		
ОПК-1.1	<p>Определяет характеристики физического и химического процесса (явления), характерного для объектов строительной отрасли, на основе теоретического и экспериментального исследований</p>	<p><u>Перечень теоретических вопросов для подготовки к защите расчетно-графической работы и к экзамену:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Основные положения теории упругости 2. Дифференциальные уравнения равновесия. 3. Тензор напряжений. 4. Главные площадки и главные напряжения. 5. Инварианты напряжённого состояния. 6. Перемещения и деформации. 7. Тензор деформаций. 8. Главные деформации. Частные случаи деформированного состояния. 9. Обобщённый закон Гука. 10. Различные формы записи обобщённого закона Гука. 11. Потенциальная энергия деформации.

		<ol style="list-style-type: none">12. <i>Полная система уравнений теории упругости.</i>13. <i>Граничные условия.</i>14. <i>Интегральные граничные условия.</i>15. <i>Постановка задач теории упругости в перемещениях.</i>16. <i>Постановка задач теории упругости в напряжениях.</i>17. <i>Простейшие задачи теории упругости.</i>18. <i>Плоская деформация.</i>19. <i>Плоское напряжённое состояние.</i>20. <i>Постановка плоской задачи в напряжениях.</i>21. <i>Функция напряжений.</i>22. <i>Решение плоской задачи в полиномах.</i>23. <i>Решение плоской задачи с помощью тригонометрических рядов.</i>24. <i>Обоснование принципа Сен-Венана.</i>25. <i>Общие уравнения плоской задачи в полярных координатах.</i>26. <i>Перемещения и деформации в пластине при изгибе.</i>27. <i>Напряжения в пластинах при изгибе.</i>28. <i>Дифференциальное уравнение изгиба пластины.</i>29. <i>Внутренние усилия в пластинах при изгибе.</i>30. <i>Граничные условия на контуре пластины.</i>31. <i>Расчёт прямоугольных пластин методом Навье, методом Мориса Леви.</i>32. <i>Метод конечных разностей.</i>33. <i>Метод конечных элементов.</i>34. <i>Простейшие задачи пластичности.</i>35. <i>Основы деформационной теории пластичности.</i>36. <i>Приближённые методы решения задач теории пластичности.</i>
--	--	---

ОПК-1.2

Выполняет расчеты строительных конструкций и объектов строительства, оценивает их надежность используя математическое моделирование, аналитическую геометрию и математический анализ

Примерное практическое задание для экзамена

Дана прямоугольная полоса-балка (рис. П1) длиной l , высотой h и толщиной, равной 1. Напряжения в точках пластины определяются функцией напряжений (табл. 1). Числовые значения размеров пластины и коэффициентов функции напряжений даны в табл. 2. Объемными силами пренебречь.

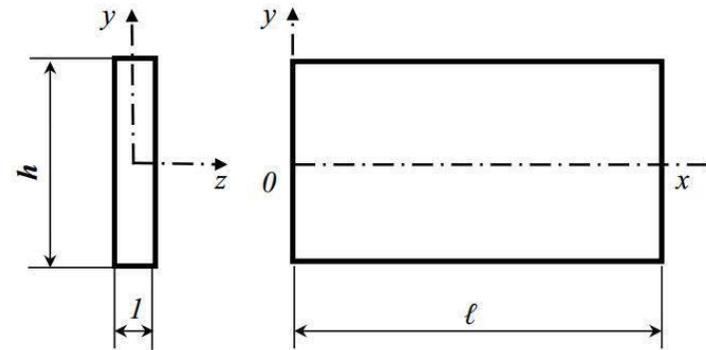


Рис. П1. Пластина (полоса-балка)

Требуется:

1. Проверить, можно ли предложенную функцию принять для решения плоской задачи теории упругости. В этих целях использовать бигармоническое уравнение (11).
2. Найти выражения для напряжений $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$, пользуясь формулами для определения напряжений (9).
3. Построить эпюры напряжений $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ для одного сечения: либо перпендикулярного оси Ox , либо перпендикулярного оси Oy (значения x и y заданы в табл. 2).
4. Определить внешние силы (нормальные и касательные), приложенные ко всем

		<p>четырем граням полосы-балки, дать их изображение на рисунке полосы-балки. В этих целях использовать условия (2).</p>
<p>ОПК-1.3</p>	<p>Решает прикладные задачи с помощью математического аппарата, используя теорию и методы фундаментальных наук</p>	<p>Примерное практическое задание для экзамена</p> <p>Круглая тонкая жесткая пластинка, опертая по контуру, находится под действием внешней симметричной нагрузки (рис. ПЗ). Жесткость пластинки равна D.</p> <p>Требуется:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Проверить соблюдение граничных условий. 2. Определить постоянный коэффициент C, используя заданное таблицей 4 дифференциальное уравнение изогнутой срединной поверхности пластинки. 3. Построить эпюры моментов M_r, M_t поперечных сил Q в диаметральном поперечном сечении пластинки.. <div data-bbox="846 794 1451 1133" style="text-align: center;"> </div> <p>Размеры и схемы нагружения пластинок</p>

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Теория упругости с основами пластичности и ползучести» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в виде экзамена в 6 семестре.

Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения)

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

- **на оценку «отлично» (5 баллов)** – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
- **на оценку «хорошо» (4 балла)** – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
- **на оценку «удовлетворительно» (3 балла)** – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
- **на оценку «неудовлетворительно» (2 балла)** – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.
- **на оценку «неудовлетворительно» (1 балл)** – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.