



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
2020 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

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

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
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
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-1.2 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-1.2 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-1.2 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-1.3

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-1.3
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-1.3
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-1.3
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 «Теория упругости с основами пластичности и ползучести» 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 «Теория упругости с основами пластичности и ползучести» 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 личностно 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 CD-ROM.

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

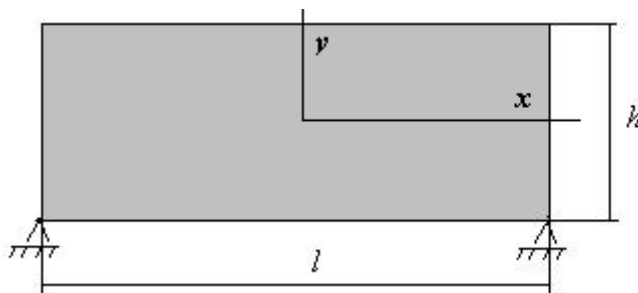
Приложение 1

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 .



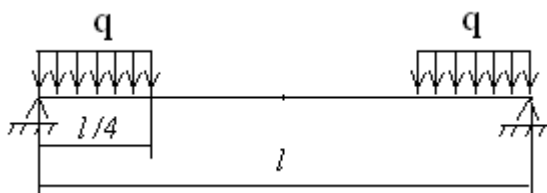
Балка-стенка

Требуется:

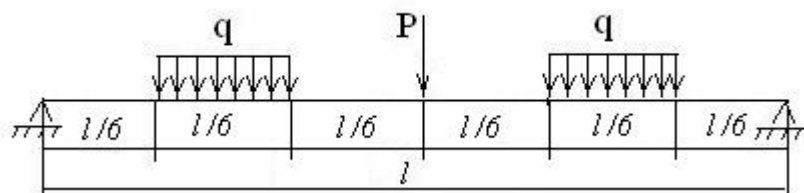
1. Изобразить в масштабе балку-стенку, согласно варианту контрольного задания (схемы нагружения балок заданы вариантами). Составить схему разбиения балки-стенки сеткой с квадратной ячейкой.
2. Вычислить изгибающие моменты и продольные силы в раме-аналоге в долях Pl . Построить эпюры изгибающих моментов 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

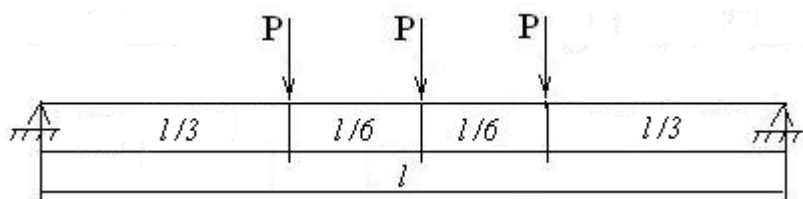


Таблица
Размеры заданной балки-стенки и координаты сечений
для построений эпюр напряжений

Схема	P, кН	q, Н/м	$l, \text{м}$	$h, \text{м}$	$x, \text{м}$	$y, \text{м}$
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	Определяет характеристики физического и химического процесса (явления), характерного для объектов строительной отрасли, на основе теоретического и экспериментального исследований	<u>Перечень теоретических вопросов для подготовки к защите расчетно-графической работы и к экзамену:</u> 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.

		12. Полная система уравнений теории упругости. 13. Граничные условия. 14. Интегральные граничные условия. 15. Постановка задач теории упругости в перемещениях. 16. Постановка задач теории упругости в напряжениях. 17. Простейшие задачи теории упругости. 18. Плоская деформация. 19. Плоское напряжённое состояние. 20. Постановка плоской задачи в напряжениях. 21. Функция напряжений. 22. Решение плоской задачи в полиномах. 23. Решение плоской задачи с помощью тригонометрических рядов. 24. Обоснование принципа Сен-Венана. 25. Общие уравнения плоской задачи в полярных координатах. 26. Перемещения и деформации в пластине при изгибе. 27. Напряжения в пластинах при изгибе. 28. Дифференциальное уравнение изгиба пластины. 29. Внутренние усилия в пластинах при изгибе. 30. Граничные условия на контуре пластины. 31. Расчёт прямоугольных пластин методом Навье, методом Мориса Леви. 32. Метод конечных разностей. 33. Метод конечных элементов. 34. Простейшие задачи пластичности. 35. Основы деформационной теории пластичности. 36. Приближённые методы решения задач теории пластичности.
--	--	---

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. 1П) 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.

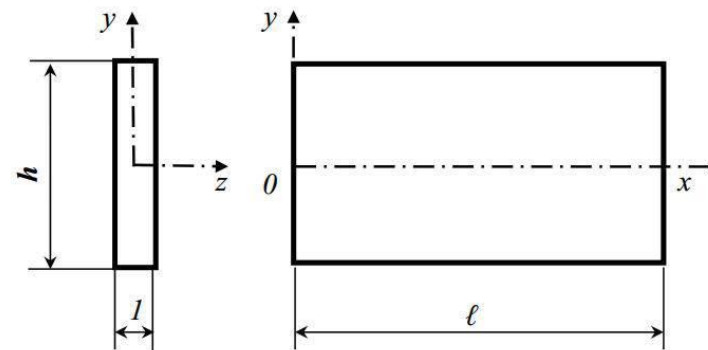


Рис. П1. Пластина (полоса-балка)

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 σ_x , σ_y , τ_{xy} , пользуясь формулами для определения напряжений (9).
3. Построить эпюры напряжений σ_x , σ_y , τ_{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

		четырем граням полосы-балки, дать их изображение на рисунке полосы-балки. В этих целях использовать условия (2).
ОПК-1.3	Решает прикладные задачи с помощью математического аппарата, используя теорию и методы фундаментальных наук	Примерное практическое задание для экзамена Круглая тонкая жесткая пластинка, опертая по контуру, находится под действием внешней симметричной нагрузки (рис. ПЗ). Жесткость пластинки равна D. Требуется: 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 диаметрально поперечном сечении пластинки.. Размеры и схемы нагружения пластинок

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.