

Федеральное агентство научных организаций  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
**Пермский федеральный исследовательский центр  
Уральского отделения  
Российской академии наук**

Принято на заседании  
Объединенного ученого совета  
ПФИЦ УрО РАН  
Протокол № 7  
«24» сентября 2019 г.



**ФОНД  
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**«ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ  
ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»**

Направление 21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых  
(код и наименование)

**Профиль программы аспирантуры** Геомеханика, разрушение горных пород,  
рудничная аэрогазодинамика и горная  
теплофизика (25.00.20)

**Квалификация выпускника:** Исследователь. Преподаватель-исследователь

**Форма обучения:** Очная

**Курс:** 2                      **Семестр(ы):** 4

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 3 ЗЕ  
Часов по рабочему учебному плану: 108 ч

**Виды контроля:**

Экзамен: - **нет**      Зачёт: **да**      Курсовой проект: - **нет**      Курсовая работа: - **нет**

**Пермь 2019**

Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Экспериментальные методы исследования геомеханических процессов» разработан на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «30» июля 2014 г. номер приказа «886» по направлению подготовки 21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых (уровень подготовки кадров высшей квалификации);
- компетентностной модели выпускника ООП по направлению подготовки 21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых (уровень подготовки кадров высшей квалификации), программы аспирантуры «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика (25.00.20)», утверждённой «24» сентября 2019 г;
- учебного плана очной формы обучения по направлению подготовки 21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых (уровень подготовки кадров высшей квалификации), программы аспирантуры «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика (25.00.20)», утверждённого «24» сентября 2019 г.
- положения о формировании фонда оценочных средств ПФИЦ УРО РАН, утвержденного 14 мая 2018 г.

Разработчик



к.т.н., н.с. Евсеев А.В.

## 1. Перечень формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения

### 1.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Согласно профессиональной образовательной программе аспирантуры по направлению подготовки: 21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых, направленности «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика (25.00.20)», учебная дисциплина Б1.В.ДВ.1.1 «Экспериментальные методы исследования геомеханических процессов» направлена на получение знаний и навыков в области исследований геомеханики и позволяющая оценивать значение месторождения полезного ископаемого для горнодобывающей промышленности страны и влияние горногеологических факторов на условия его эксплуатации.

В процессе изучения дисциплины «Экспериментальные методы исследования геомеханических процессов» аспирант формирует части следующих компетенций:

- **ПК-1** способность осуществлять исследования структуры, свойств и состояния горных пород в лабораторных и натуральных условиях.
- **ПК-2** способность прогнозировать устойчивость конструктивных элементов систем разработки и опасные динамические явления в массиве при ведении горных работ и в подземном строительстве.
- **ПК-3** владение инструментальными и программными средствами реализации геологических, геофизических и маркшейдерских исследований массива горных пород и протекающих в нем природных и техногенных процессов различной физической природы.

#### 1.1.1. Дисциплинарная карта компетенции ПК-1

<b>Код ПК-1. Б1.В.ДВ.1.1</b>	<b>Формулировка дисциплинарной части компетенции</b> Способность осуществлять исследования структуры, свойств и состояния горных пород в лабораторных и натуральных условиях.
--------------------------------------	--

#### Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<b>В результате освоения компетенции аспирант:</b> <b>Знает:</b> - методы исследования состава, строения, свойств и состояния горных пород и массивов (З ПК-1).	Лекции, самостоятельная работа аспирантов по изучению теоретического материала	Устный опрос для текущего и промежуточного контроля.
<b>Умеет:</b> - проводить испытания, планировать, проводить и обрабатывать натурные и лабораторные эксперименты по установлению структуры, свойств и состояния горных пород с использованием современных методов и оборудования; анализировать и обобщать результаты исследований физических свойств горных пород (У ПК-1).	Самостоятельная работа аспирантов, ведение текущей научно-исследовательской работы, научно-практические занятия	Выполнение индивидуального плана аспирантов в части публикаций и участия в конференциях
<b>Владеет:</b> - навыками определения прочностных, деформационных, электрических, магнитных, тепловых свойств горных	Самостоятельная работа аспирантов, ведение текущей	Выполнение индивидуального плана аспирантов в части публикаций и

пород, горно-технологических свойств горных пород, плотностных, влажностных и фильтрационных показателей горных пород ( <b>В1 ПК-1</b> ).	научно-исследовательской работы, научно-практические занятия	участия в конференциях
<b>Владеет:</b> - методами лабораторных и натурных испытаний горных пород ( <b>В2 ПК-1</b> ).	Самостоятельная работа аспирантов, ведение текущей научно-исследовательской работы, научно-практические занятия	Выполнение индивидуального плана аспирантов в части публикаций и участия в конференциях

### 1.1.2. Дисциплинарная карта компетенции ПК-2

<b>Код ПК-2.</b> <b>Б1.В.ДВ.1.1</b>	<b>Формулировка дисциплинарной части компетенции</b> Способность прогнозировать устойчивость конструктивных элементов систем разработки и опасные динамические явления в массиве при ведении горных работ и в подземном строительстве.
--	---

#### Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<b>В результате освоения компетенции аспирант:</b> <b>Знает:</b> - природу и механизмы физических процессов при прогнозировании и предупреждения опасных геодинамических явлений при разработке месторождений полезных ископаемых ( <b>31 ПК-2</b> ).	Лекции, самостоятельная работа аспирантов по изучению теоретического материала	Устный опрос для текущего и промежуточного контроля.
<b>Знает:</b> - технологические процессы добычи и переработки полезных ископаемых ( <b>32 ПК-2</b> ).	Лекции, самостоятельная работа аспирантов по изучению теоретического материала	Устный опрос для текущего и промежуточного контроля.
<b>Знает:</b> - методику оценки устойчивости конструктивных элементов систем разработки ( <b>33 ПК-2</b> ).	Лекции, самостоятельная работа аспирантов по изучению теоретического материала	Устный опрос для текущего и промежуточного контроля.
<b>Умеет:</b> - оценивать и прогнозировать поведение материалов и изделий из них под воздействием на них различных внешних эксплуатационных факторов; обосновывать технологические решения для разработки методов прогнозирования и предупреждения геодинамических явлений в различных горногеологических условиях	Самостоятельная работа аспирантов, ведение текущей научно-исследовательской работы, научно-практические занятия	Выполнение индивидуального плана аспирантов в части публикаций и участия в конференциях

ведения горных работ (У ПК-2).		
<b>Владеет:</b> - методами анализа, знанием закономерностей поведения и управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных сооружений; навыками оценки влияния свойств горных пород и состояния породного массива на выбор технологии и механизации разработки месторождений полезных ископаемых (В1 ПК-2).	Самостоятельная работа аспирантов, ведение текущей научно-исследовательской работы, научно-практические занятия	Выполнение индивидуального плана аспирантов в части публикаций и участия в конференциях

### 1.1.3. Дисциплинарная карта компетенции ПК-3

<b>Код ПК-3.</b> <b>В1.В.ДВ.1.1</b>	<b>Формулировка дисциплинарной части компетенции</b> Владение инструментальными и программными средствами реализации геологических, геофизических и маркшейдерских исследований массива горных пород и протекающих в нем природных и техногенных процессов различной физической природы.
--	---

#### Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<b>В результате освоения компетенции аспирант:</b> <b>Знает:</b> - современные технические средства для проведения полевых измерений и лабораторных исследований; технологию производства полевых мониторинговых и лабораторных измерений; программные средства для сбора, обработки, анализа данных исследования физических процессов и явлений горных массивов (З ПК-3).	Лекции, самостоятельная работа аспирантов по изучению теоретического материала	Устный опрос для текущего и промежуточного контроля.
<b>Умеет:</b> - производить измерения физических свойств горного массива с использованием специализированного оборудования; применять основные методы контроля и мониторинга за состоянием массива горных пород; работать с программными продуктами общего и специального назначения для моделирования месторождений полезных ископаемых, технологий эксплуатационной разведки, добычи и переработки полезных ископаемых, при строительстве и	Самостоятельная работа аспирантов, ведение текущей научно-исследовательской работы, научно-практические занятия	Выполнение индивидуального плана аспирантов в части публикаций и участия в конференциях

эксплуатации подземных объектов, оценке экономической эффективности горных и горно-строительных работ, производственных, технологических, организационных и финансовых рисков в рыночных условиях (У ПК-3).		
<b>Владеет:</b> - инструментальными методами и средствами определения физических свойств горных пород и массивов; современными компьютерными методами обработки геологической информации и моделирования геологических и геомеханических процессов в массиве горных пород при освоении недр, в том числе с применением ГИС технологий (В ПК-3).	Самостоятельная работа аспирантов, ведение текущей научно-исследовательской работы, научно-практические занятия	Выполнение индивидуального плана аспирантов в части публикаций и участия в конференциях

## 1.2 Этапы формирования компетенций.

Учебный материал дисциплины осваивается за 4-й семестр, в котором предусмотрены аудиторские занятия, научно-практические занятия и самостоятельная работа аспирантов. При изучении дисциплины формируются компоненты компетенций знать, уметь, владеть, указанные в дисциплинарных картах соответствующих компетенций в РПД. Уровень освоения дисциплины проверяется по результатам приобретения указанных компонент компетенций.

### Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)

Контролируемые результаты обучения дисциплине (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Вид контроля	
	4 семестр	
	Текущий	Зачёт
<b>Усвоенные знания</b>		
<b>3.1</b> Знать базовые методы организации и постановки научных экспериментов и основы научно-исследовательской деятельности.	УО	ТВ
<b>3.2</b> Знать средства определения механических свойств горных пород и массивов в натуральных и лабораторных условиях.	УО	ТВ
<b>3.3</b> Знать математический аппарат при проведении научных исследований и обработке результатов исследований.	УО	ТВ
<b>3.4</b> Знать методы расчета геомеханических процессов.	УО	ТВ
<b>3.5</b> Знать основные способы моделирования свойств горного массива.	УО	ТВ
<b>Усвоенные умения</b>		
<b>У.1</b> Уметь выполнять теоретические и экспериментальные исследования физических процессов горного производства, анализировать и оформлять полученные результаты.	НПЗ	ПЗ
<b>У.2</b> Уметь пользоваться приборами и	НПЗ	ПЗ

оборудованием, выбирать материалы для постановки научных экспериментов, делать выводы и обосновывать принятые решения.		
<b>У.3</b> Уметь формировать типовые модели горного массива с использованием специализированного программного обеспечения в области проводимых исследований.	НПЗ	ПЗ
<b>У.4</b> Уметь совершенствовать методики исследования геомеханических процессов как в лабораторных, так и в натуральных условиях.	НПЗ	ПЗ
<b>Усвоенные владения</b>		
<b>В.1</b> Владеть методами определения механических свойств и параметров деформирования породного массива в лабораторных условиях и по результатам натуральных измерений.	НПЗ	ПЗ
<b>В.2</b> Владеть навыками создания моделей горного массива с заданными физико-механическими свойствами, знаниями методов обработки массивов исходных данных.	НПЗ	ПЗ
<b>В.3</b> Владеть навыками постановки научных экспериментов, обобщения и анализа полученных результатов исследований, аргументированного изложения собственной точки зрения.	НПЗ	ПЗ
<b>В.4</b> Владеть математическим аппаратом при проведении научных исследований и обработки результатов исследований.	НПЗ	ПЗ

УО - устный опрос; ТВ - теоретический вопрос; НПЗ – научно-практические занятия, ПЗ - практическое задание.

Устный опрос - средство контроля, организованное для выяснения объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

Теоретический вопрос - средство контроля, направленное на выяснение усвоенных знаний в области теоретических аспектов предмета.

Научно-практическое занятие – занятия, позволяющие обучаемым практиковаться в основных умениях прикладного характера и применять теоретические знания на типовых задачах.

Практическое задание – задачи позволяющие оценить у обучающегося уровень умений и владений.

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных частей компетенций (результатов обучения по дисциплине) является аттестация в виде зачета, проводимая с учетом результатов текущего контроля.

## **2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.**

В процессе формирования заявленных компетенций используются различные формы оценочных средств текущего и промежуточного контроля. Компоненты дисциплинарных компетенций, указанные в дисциплинарных картах компетенций в рабочей программе дисциплины, выступают в качестве контролируемых результатов обучения в рамках освоения учебного материала дисциплины: знать, уметь, владеть.

## 2.1 Текущий контроль

Текущий контроль для комплексного оценивания показателей **знаний, умений и владений** дисциплинарных частей компетенций проводится в форме устного опроса.

### Шкала оценивания уровня знаний, умений и владений при устном опросе

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
<i>Зачтено</i>	Аспирант достаточно свободно использует фактический материал по заданному вопросу, умеет определять причинно-следственные связи событий, логично и грамотно с использованием профессиональной терминологии обосновывает свою точку зрения.
<i>Не зачтено</i>	Аспирант демонстрирует полное незнание материала или наличие бессистемных, отрывочных знаний, связанных с поставленным перед ним вопросом, при этом не ориентируется в профессиональной терминологии.

## 2.2 Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Аттестация проводится в виде зачета по дисциплине в устно-письменной форме по билетам. Билет содержит теоретический вопрос (ТВ) для проверки знаний и практическое задание (ПЗ) для проверки умений и владений заявленных дисциплинарных частей компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных дисциплинарных компетенций.

Оценка результатов обучения дисциплине в форме уровня сформированности компонентов знать, уметь, владеть заявленных дисциплинарных компетенций проводится по шкале оценивания «зачтено», «не зачтено» путем выборочного контроля во время зачета.

### Шкала оценивания уровня знаний, умений и владений на зачете

Оценка	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	Аспирант продемонстрировал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы <b>знания</b> в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно. Аспирант выполнил практическое задание билета правильно или с небольшими неточностями. Показал отличные или сопровождающиеся отдельными ошибками применение <b>навыков</b> полученных знаний и <b>умений</b> при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.
<i>Не зачтено</i>	При собеседовании с преподавателем аспирант продемонстрировал фрагментарные <b>знания</b> . При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов. При выполнении практического задания аспирант продемонстрировал частично освоенное <b>умение</b> и <b>применение</b> полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках учебного процесса. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.



При оценке уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций в рамках выборочного контроля при сдаче зачета считается, что полученная оценка проверяемой в билете дисциплинарной части компетенции обобщается на все дисциплинарные части компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины. Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных частей компетенций проводится с учетом результатов текущего контроля в виде интегральной оценки по системе оценивания «зачтено» и «не зачтено».

### **Оценочный лист уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций на зачете**

<b>Итоговая оценка уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций</b>	<b>Критерии оценивания</b>
<i>Зачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «зачтено»
<i>Не зачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «не зачтено»

### **3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.**

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. Уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. Степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. Приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

Задания для оценивания когнитивных умений (знаний) должны предусматривать необходимость проведения аспирантом интеллектуальных действий:

- по дифференциации информации на взаимозависимые части, выявлению взаимосвязей между ними и т.п.;
- по интерпретации и творческому усвоению информации из разных источников, ее системного структурирования;
- по комплексному использованию интеллектуальных инструментов учебной дисциплины для решения учебных и практических проблем.

При составлении заданий необходимо иметь в виду, что они должны носить практико-ориентированный комплексный характер и формировать закрепление осваиваемых компетенций.

### **4. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

Тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники для более детального понимания вопросов, озвученных на лекциях.

#### **4.1. Типовые вопросы для текущего контроля по дисциплине:**

1. Принципы определения свойств горных пород в лабораторных и натуральных условиях.

2. Методы определения напряжений в массиве горных пород.
3. Анализ и интерпретация результатов экспериментов по определению напряжений.
4. Современные представления об образовании вокруг выработок зон различного напряженного состояния.
5. Способы контроля состояния приконтурного массива и нагрузок на крепь.
6. Основные закономерности распределения напряжений и смещений вокруг выработок.
7. В чем заключаются интегральный и дифференциальный подходы к определению свойств пород при использовании представлений об их иерархично-блочной структуре?
8. Какие подходы (интегральный или дифференциальный) целесообразно применять для определения плотностных, деформационных и прочностных свойств горных пород?
9. Какие методы применяются при определении плотностных свойств для объемов массивов, включающих структурные неоднородности?
10. Какие методы применяются при определении деформационных свойств для объемов массивов, включающих структурные неоднородности?
11. Как определяются свойства пород при динамических нагрузках?
12. Как определяются реологические параметры пород?
13. Как определяются свойства пород в условиях объемного нагружения?
14. Как определяются геометрические параметры естественной трещиноватости?
15. Какие разработаны классификации горных пород?
16. Какие существуют группы методов измерения статических напряжений в массиве горных пород?
17. Что представляют собой компенсационные способы определения параметров напряженного состояния массива пород, в частности, метод гидроразрыва скважин?
18. Какие геофизические методы применяются для определения параметров напряженного состояния массива пород?
19. Какие существуют экспериментальные методы определения параметров зоны неупругих деформаций вокруг выработок?
20. В чем преимущества и недостатки аналитических методов исследования геомеханических процессов в массивах горных пород?
21. Какие математические модели необходимо рассматривать при решении вопросов геомеханики аналитическими методами?
22. Основные типы классических моделей сплошной среды, используемых в геомеханике.
23. В чем заключаются основные преимущества и недостатки упругой модели массива горных пород?
24. Какие модели дискретных сред находят применение в геомеханике?
25. Основные принципы определения напряженно-деформированного состояния пород вокруг одиночной горной выработки.
26. Что такое коэффициент концентрации напряжений?
27. Основные принципы определения параметров зон разрушения вокруг выработок в условиях массивов скальных горных пород.
28. Основные закономерности распределения напряжений в массиве пород в условиях взаимного влияния выработок.
29. Приближенные методы вычисления параметров напряженно-деформированного состояния горных пород вокруг системы выработок.

#### **4.3. Типовые практические задания для оценивания приобретенных умений и владений на зачете по дисциплине:**

1. Расчет параметров полей статических напряжений вокруг одиночных выработок и построение графиков напряжений в вертикальной выработке, горизонтальной выработке.
2. Расчет параметров зон разрушений пород вокруг одиночных выработок, построение графиков.
3. Расчет параметров предельных обнажений и целиков в условиях массивов скальных пород, обоснование параметров очистных камер и целиков.
4. Расчет и построение охранного околоствольного целика
5. Определение прочностных свойств на образцах горных пород и построение паспортов прочности.
6. Определение деформационных и акустических свойств на образцах горных пород статическими и динамическими методами.

#### **4.4. Перечень тем семинаров.**

При изучении данной дисциплины семинарские занятия не предусмотрены.

#### **4.4. Перечень тем исследовательских лабораторных занятий.**

При изучении данной дисциплины исследовательские лабораторные занятия не предусмотрены.

#### **4.5. Перечень тем научно-практических занятий.**

1. Исследования геомеханических процессов в натуральных условиях. Разработка наблюдательной станции. Конструкция реперов.
2. Методика измерений. Анализ данных полевых измерений. Визуальные наблюдения.
3. Физическое и математическое моделирование. Методы физического моделирования. Основы теории подобия. Моделирование на эквивалентных материалах.
4. Инструментальная база при изучении геомеханических процессов в лабораторных натуральных условиях. Современные маркшейдерские приборы. Стенды для производства моделирования на эквивалентных материалах.
5. Современное программное обеспечение для моделирования геомеханических процессов на горном производстве.
6. Методы физического моделирования.
7. Стенды для производства моделирования на эквивалентных материалах.
8. Изучение геомеханических процессов при открытом способе разработки месторождений.
9. Практика использования методов исследования геомеханических процессов. Изучения геомеханических процессов при открытом способе разработки месторождений. Изучения геомеханических процессов при открытом и комбинированном способах разработки месторождений.

#### **4.6. Перечень контрольных вопросов для зачета по дисциплине:**

1. Принципы определения напряженно-деформированного состояния массива горных пород.
2. Шкала крепости пород проф. М.М. Протодяконова.
3. Прочность горных пород и методы ее определения.

4. Особенности процесса деформирования и разрушения горных пород.
5. Влияние скорости нагружения на прочностные и деформационные характеристики горных пород.
6. Свойства горных пород при динамическом нагружении.
7. Свойства горных пород в условиях трехосного неравномерного сжатия.
8. Влияние трещиноватости на прочностные и деформационные характеристики горных пород.
9. Измерение деформаций и напряжений на поверхности горных выработок и в глубине массива.
10. Измерение перемещений в окрестности горных выработок.
11. Измерение нагрузки на крепь горной выработки.
12. Оценка структурно-механических особенностей породных массивов методами томографии.