Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра геотехнологии

УТВЕРЖДАЮ
Директор института горного дела и геосистем
_____ Ю.Е. Прошунин
подпись
«____» _____ 20___ г.

ПРОГРАММА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Кандидатский экзамен по специальной дисциплине - Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика

2.8.6 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»

Форма обучения
Очная форма

Срок обучения: 4 года

Год начала подготовки 2026

Новокузнецк
2026

СибГИУ
Подлинник электронного документа хранится в системе электронного согласования документов СибГИУ
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭП
Сертификат: 0b707ca8f2846cdf5c47aaa38eb23652f0871fb8
Владелец: Директор ИГДиГ Прошунин Юрий Евгеньевич
Действителен: с 4 июня 2025 г. по 28 августа 2026 г.
Дата и время: 19-05-2026 08:39:56 ПРОВЕРИТЬ ПОДПИСЬ

1 Цель экзамена по учебной дисциплине

Целью экзамена по учебной дисциплине является оценивание результатов освоения аспирантами учебной дисциплины.

2 Планируемые результаты освоения учебной дисциплины

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на достижение следующих **образовательных результатов**:

Код и наименование ОР3	Планируемые результаты обучения
ОР3: планирует и выполняет исследования в области управления геомеханическими и газодинамическими процессами в массиве горных пород при вскрытии, подготовке и отработке месторождений полезных ископаемых открытым и подземным способами	– знать: методы и приборы проведения натурных и вычислительных экспериментов для выявления закономерностей проявления геомеханических и газодинамических процессов в массиве горных пород в окрестности подземных объектов. – уметь: проводить имитационное моделирование геомеханических и газодинамических процессов в условиях шахт и рудников.

3 Объем и содержание экзамена по учебной дисциплине

Объем экзамена по учебной дисциплине

Семестр / курс		***ИТОГО***	***7 семестр***
Трудоёмкость	*академ. час.*	***18***	*18*
Лекции, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Лабораторные работы, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Практические занятия, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Курсовая работа / проект, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Консультации, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Самостоятельная работа, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Контроль, *академ. час.*		***18***	*18*
в форме практической подготовки		***0***	*0*

Содержание экзамена по учебной дисциплине

Раздел 1 Геомеханика как наука;

Тема 1.1 Основные представления о геомеханике как науке о механических процессах и явлениях в земной коре;

Тема 1.2 Понятия о массивах горных пород;

Тема 1.3 Начальные поля напряжений в массивах горных пород;

Тема 1.4 Особенности деформирования и разрушения горных пород при добыче полезных ископаемых;

Раздел 2 Разрушение горных пород;

Тема 2.1 Современные представления о разрушении горных пород взрывом;

Тема 2.2 Разрушение горных пород при бурении шпуров, скважин и комбайновой проходке горных выработок;

Тема 2.3 Разрушение целиков в шахтах;

Тема 2.4 Выделение зон газодинамических явлений;

Раздел 3 Рудничная атмосфера;

Тема 3.1 Физические и химические свойства газов. Основные законы аэростатики и аэродинамики применительно к рудничной атмосфере;

Тема 3.2 Вентиляция шахт и рудников;

Тема 3.3 Аэрогазодинамические явления в шахтах и рудниках;

Тема 3.4 Состав атмосферы рудников и предъявляемые к ней требования.

4 Форма проведения экзамена по учебной дисциплине, оценочные средства, шкала и критерии оценивания

Экзамен по учебной дисциплине проводится в _____ *(устной форме, письменной форме, тестовой форме)*, позволяющей оценить результаты освоения учебной дисциплины.

Оценивание результатов освоения учебной дисциплины осуществляется на основе следующей оценочной шкалы:

Оценивание аспирантов на экзамене

Требования к знаниям	Оценка
Оценка «отлично» выставляется аспиранту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал различной литературы, правильно обосновывает принятое нестандартное решение, обладает приемами выполнения практических задач по формированию образовательных результатов.	отлично
Оценка «хорошо» выставляется аспиранту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, обладает	хорошо

Требования к знаниям	Оценка
необходимыми умениями и приемами их выполнения.	
Оценка «удовлетворительно» выставляется аспиранту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, испытывает сложности при выполнении практических работ и затрудняется связать теорию вопроса с практикой.	удовлетворительно
Оценка «неудовлетворительно» выставляется аспиранту, который не знает значительной части программного материала, неуверенно отвечает, допускает серьезные ошибки, не имеет представлений по методике выполнения практической работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится аспирантам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по данной учебной дисциплине.	неудовлетворительно

Вопросы / задачи к экзамену по учебной дисциплине приведены в приложении.

5 Учебно-методическое и информационное обеспечение экзамена по учебной дисциплине

а) литература:

1 Янченко, Г.А. Горная теплофизика. Основы технической термодинамики. Часть 2 : учебное пособие / Г. А. Янченко. – Москва : МИСиС, 2020. – 152 с. – ISBN 978-5-907226-71-5. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785907226715.html (дата обращения: 16.05.2026);

2 Янченко, Г.А. Горная теплофизика. Основы технической термодинамики. Часть 1 : учебное пособие / Г. А. Янченко. – Москва : МИСиС, 2020. – 147 с. – ISBN 978-5-907226-63-0. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785907226630.html (дата обращения: 16.05.2026);

3 Попов, А.Н. Разрушение горных пород : учебное пособие / А. Н. Попов. – Москва : Инфра-Инженерия, 2021. – 184 с. – ISBN 978-5-9729-0762-5. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972907625.html (дата обращения: 16.05.2026);

4 Боровков, Ю. А. Геомеханика : учебник / Ю. А. Боровков. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 356 с. – ISBN 978-5-8114-4124-2. – URL: https://e.lanbook.com/book/133896 (дата обращения: 16.05.2026);

5 Павлова, Л. Д. Применение метода конечных элементов для численного моделирования напряженно-деформированного состояния геомассива : учебное пособие : для обучающихся по направлениям подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная техника, 21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых, для выполнения научно-исследовательских и научно-квалификационных работ / Л. Д. Павлова ; Министерство науки и высшего образования Российской

Федерации, Сибирский государственный индустриальный университет. – СибГИУ : Новокузнецк, 2019. – URL: https://library.sibsiu.ru/LibrEduMethodSectionsEditionsFilesDownload.asp?lngSection=25&lngEdition=6262&lngFile=6121&strParent=LibrEduMethodSectionsEditionsFiles (дата обращения: 16.05.2026);

6 Риб, С. В. Геомеханическое обеспечение подземной отработки угольных пластов сложного строения в условиях Кузбасса : монография / С. В. Риб, В. М. Серяков, В. Н. Фрянов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский государственный индустриальный университет. – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2022. – ISBN 978-5-7806-0596-6. - URL: https://library.sibsiu.ru/LibrMonografSectionsEditionsFilesDownload.asp?lngSection=28&lngEdition=109&lngFile=104&strParent=LibrMonografSectionsEditionsFiles (дата обращения: 16.05.2026).

б) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1 Электронный каталог : сайт / Научно-техническая библиотека СибГИУ. – Новокузнецк, [199 –]. – URL: http://libr.sibsiu.ru. – URL: https://libr.sibsiu.ru;

2 Электронная библиотека // Научно-техническая библиотека СибГИУ : сайт. – Новокузнецк, [200 –]. – URL: http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: https://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp;

3 Консультант студента : электронно-библиотечная система / ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА». – Москва, [200 –]. – URL: http://www.studentlibrary.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

4 ЛАНЬ : электронно-библиотечная система : [коллекция «Единая профессиональная база знаний для технических вузов - Издательство Лань" ЭБС»] / ООО «Издательство ЛАНЬ». – Санкт-Петербург, [200 –]. – URL: http://e.lanbook.com. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

5 Образовательная платформа ЮРАЙТ / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Москва, [200 –]. – URL: https://urait.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

6 Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система / ООО «Директ-Медиа». – Москва, [200 –]. – URL: https://biblioclub.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: http://www.biblioclub.ru;

7 Электронная библиотека УМЦ ЖДТ : [коллекция «Эксплуатация железных дорог»] / ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». – Москва, [2013 –]. – URL: https://umczdt.ru/books/. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

8 НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА eLIBRARY.RU : база данных / ООО «НЭБ». – Москва, [200 –]. – URL: http://elibrary.ru. – Режим доступа: по подписке;

9 Электронные периодические издания ИВИС : универсальная база данных / ООО «ИВИС». – Москва, [200 –]. – URL: http://eivis.ru. – Режим доступа: по подписке.

в) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– 7-Zip;
– Adobe Acrobat Reader;
– Astra Linux Special Edition;
– Kaspersky Endpoint Security;
– Microsoft Office;
– Microsoft Windows;
– OnlyOffice;
– Платформа nanoCAD;
– Р7-Офис.

г) базы данных и информационно-справочные системы:

1 ГАРАНТ : справочно-правовая система / ООО «Правовой центр «Гарант». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.;

2 КонсультантПлюс : справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». – Новокузнецк, [199 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.;

3 Техэксперт : информационно-справочная система / ООО «Группа компаний «Кодекс». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

6 Материально-техническое обеспечение экзамена по учебной дисциплине

Материально-техническое обеспечение экзамена включает учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций, промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, научно-техническую библиотеку СибГИУ.

Программа промежуточной аттестации по учебной дисциплине составлена в соответствии с **федеральными государственными требованиями** к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий

аспирантов, утвержденными Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951.

Составитель(и):

профессор Фрянов Виктор Николаевич (кафедра геотехнологии).

Программа промежуточной аттестации рассмотрена и утверждена на заседании кафедры.

Согласована:

Начальник отдела промышленной безопасности дирекции по ОТ и ПБ ООО «Новая горная УК», к. т. н.  И. А. Поздеев

должность, степень, звание представителя работодателя	подпись	инициалы, фамилия

Приложение

Вопросы к экзамену по учебной дисциплине для промежуточной аттестации

1. Тензоры напряжений и деформаций. Упругая и неупругая деформация. Объемная деформация и сдвиг, дилатансионное изменение объема.

2. Пределы упругости при различных видах нагружения. Закон трения Кулона-Амонтона, внутреннее трение и условие предельного состояния Кулона.

3. Изотропный и анизотропный закон Гука. Понятия гиперупругих и гиполастических деформаций. Условия пластичности Треска-Сен-Венана, Губера-Мизеса, Кулона-Мора.

4. Понятия вязкопластической деформации и релаксации. Простейшие реологические модели.

5. Понятия пористости, просветности, трешиноватости. Основные методы лабораторных испытаний горных пород.

6. Понятия гравитационных и тектонических напряжений. Распределение Динника, коэффициент бокового распора.

7. Основные методы измерения естественного поля напряжений в натурных условиях. Проблемы интерпретации данных натурных измерений.

8. Естественное поле напряжений в массиве. Перераспределение напряжений в массиве в процессе ведения горных работ. Понятие опорного давления, основные виды распределения напряжений в окрестности горизонтальных выработок, барьерных и междукамерных целиков, откосов и бортов карьеров.

9. Динамические проявления горного давления, причины и механизмы. Основные проблемы устойчивости подземных сооружений (шахт, выработок, целиков), бортов карьеров.

10. Виды и типы крепей горных выработок, анкерная крепь. Механизмы взаимодействия крепи и окружающего массива. Расчетные схемы крепей.

11. Основы мониторинга и методов контроля за состоянием породных массивов. Рейтинги массивов горных пород. Опыт отечественного и зарубежного рейтингования массивов горных пород.

12. Бурение, взрывное воздействие, резка горных пород. Формирование зон дробления, трещинообразование, откольное разрушение. Прочностные свойства горных пород при различных способах нагружения.

13. Основные требования к буровзрывным работам. Методы ведения взрывных работ. Основы проектирования взрыва скважинных зарядов при открытой и подземной технологиях добычи полезного ископаемого.

14. Основные требования, предъявляемые к промышленным ВВ. Формирование зон дробления, трещинообразования и откола на волновой стадии действия взрыва. Методы расчета зон разрушения.

15. Общие принципы расчета удельного расхода ВВ. Технологии контурного взрывания. Заряды рыхления, выброса и камуфлета.

16. Механизмы гидроразрыва пластов, использование проппантов для предотвращения смыкания трещин гидроразрыва.

17. Использование резцового инструмента в технологиях добычи полезных ископаемых. Рабочие органы выемочных машин для добычи прочных горных пород. Основные формы резцов и шарошек.

18. Основные проблемы измельчения горной массы. Дробилки, мельницы самоизмельчения. Гранулометрический состав разрушенной горной массы.

19. Газоносность угольных пластов, горных пород, горных выработок и шахт. Виды выделения метана в шахтах. Прогноз газовыделения в горные выработки. Управление газовыделением. Способы дегазации и их эффективность.

20. Шахтная пыль. Горючие и взрывчатые свойства угольной и сланцевой пыли. Особенности взрывов угольной пыли в шахтах.

21. Режимы движения воздуха в шахтах (рудниках). Природа турбулентности. Основные характеристики турбулентности в шахтных вентиляционных потоках. Фильтрационные течения. Критическое число Рейнольдса.

22. Природа аэродинамических сопротивлений элементов шахтной вентиляционной сети: сопротивление трения, местные и лобовые сопротивления. Закон сопротивления горных выработок, выработанных пространств.

23. Статика и динамика рудничных вентиляционных систем. Основные закономерности аэрогазодинамики тупиковых выработок и камер, выемочных участков, выработанных пространств. Моделирование аэрогазодинамических процессов в шахтах. Критерии подобия при моделировании. Числа Архимеда, Нуссельта, Пекле, Прандтля, Стентона, Струхаля, Фруда, Шмидта, Эйлера.

24. Энтальпия и энтропия термодинамических процессов. Фазовые переходы в горных породах. Тепловые свойства твердых тел. Изменение свойств горных пород и минералов в зависимости от температуры.

25. Основной закон теплопроводности. Дифференциальной уравнение теплопроводности. Краевые условия. Виды теплоносителей и теплообмена. Определение термодинамических параметров теплоносителей. Методы расчета параметров нагрева твердых тел.

26. Термодинамические параметры земной коры. Источники тепла земных недр. Теплоперенос в недрах Земли. Использование тепла земных недр.

27. Требования к тепловому режиму в подземных выработках. Каналы теплообмена человека. Источники тепла в горных выработках. Методы нормализации температурного режима рудничного воздуха.

28. Тепломассоперенос в горных породах при замораживании. Расчет параметров замораживания пород вокруг одиночной скважины. Расчет параметров замораживания при формировании ледопородных ограждений.