МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИГДиТ
_____ А.А. Зубков

02.02.2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

УПРАВЛЕНИЕ СОСТОЯНИЕМ МАССИВА В УСЛОВИЯХ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Направление подготовки (специальность)
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль/специализация) программы
Маркшейдерское дело

Уровень высшего образования - специалитет

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт горного дела и транспорта
Кафедра	Геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных ископаемых
Курс	4
Семестр	7

Магнитогорск
2026 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - специалитет по специальности 21.05.04 Горное дело (приказ Минобрнауки России от 12.08.2020 г. № 987)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных ископаемых
30.01.2026, протокол № 5

Зав. кафедрой _____ И.А. Гришин

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИГДиТ
02.02.2026 г. протокол № 5

Председатель _____ А.А. Зубков

Рабочая программа составлена:
доцент кафедры ГМДиОПИ, канд. техн. наук _____Е.А. Романько

Рецензент:
директор ООО «Магнитогорская маркшейдерско-геодезическая компания» ,

А.А. Шекунова

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ И.А. Гришин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ И.А. Гришин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2029 - 2030 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ И.А. Гришин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2030 - 2031 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ И.А. Гришин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2031 - 2032 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ И.А. Гришин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2032 - 2033 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ И.А. Гришин

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Получение знаний по основным геомеханическим процессам, происходящим при открытой и подземной геотехнологии и способам управления ими.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Управление состоянием массива в условиях открытых горных работ входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Геология

Горное право

Безопасность ведения горных работ

Открытая разработка месторождений полезных ископаемых

Теоретическая механика

Технология и безопасность взрывных работ

Основы геомеханики

Маркшейдерские работы при открытой разработке месторождений полезных ископаемых

Прикладная механика

Сопротивление материалов

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

Производственная - производственно- технологическая практика

Сдвижения и деформации земной поверхности

Мониторинг сдвижений и деформаций, геодинамические полигоны

Производственная - научно-исследовательская работа

Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Производственная - преддипломная практика

Маркшейдерское обеспечение безопасности ведения горных работ

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Управление состоянием массива в условиях открытых горных работ» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-1 Способен выполнять инженерно-геодезические изыскания, планировать развитие горных работ, осуществлять маркшейдерский контроль состояния горных выработок, зданий сооружений и земной поверхности на всех этапах освоения и охраны недр с обеспечением промышленной и экологической безопасности	
ПК-1.1	Составляет проекты производства маркшейдерских и геодезических работ, осуществляет контроль за выполнением изыскательских работ
ПК-1.2	Планирует развитие горных работ и контролирует соответствие фактического развития горных работ проектам и календарным планам

ПК-1.3	Обосновывает и использует методы геометризации и прогнозирования размещения показателей месторождения в пространстве
ПК-1.4	Анализирует и типизирует условия разработки месторождений полезных ископаемых для их комплексного использования, выполняет различные оценки недропользования
ПК-2 Способен выполнять маркшейдерско-геодезические работы, определять пространственно-временные характеристики состояния земной поверхности и недр, горно-технических систем, подземных и наземных сооружений и отображать информацию в соответствии действующими нормативными документами	
ПК-2.1	Использует законы и иные нормативные правовые акты в области геологического изучения, использования и охраны недр и окружающей среды; нормативные правовые акты, руководящие, методические и нормативные материалы, касающиеся деятельности маркшейдерской службы;
ПК-2.2	Осуществляет необходимые маркшейдерские камеральные и полевые работы, оформляет производственную документацию и отчетность
ПК-2.3	Использует геоинформационные системы для выполнения маркшейдерских работ
ПК-2.4	Устанавливает пригодность геодезического оборудования и приборов к работе
ДПК-5 Обладает знаниями по устойчивости подземных горных выработок, карьеров и отвалов, сдвижениям и деформациям горных пород, геомеханическим, геодинамическим процессам и проявлениям горного давления	
ДПК-5.1	Демонстрирует знания факторов, оказывающих влияние на устойчивость карьеров и отвалов, основных методик расчета устойчивости, области их применения; владеет знаниями нормативной документацией, способов управления состоянием массива горных пород и обнажений; способен разработать противодеформационные мероприятия
ДПК-5.2	Демонстрирует знания основных факторов, оказывающих влияние на устойчивость выработок, очистного пространства, сдвижение горных пород и земной поверхности; методик расчета предельных параметров выработок и конструктивных элементов систем разработки; способов управления состоянием массива горных пород и обнажений, прогноза параметров сдвижения массива горных пород и земной поверхности; методов прогноза, предупреждения горных ударов, теорию и механизм горных ударов

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

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

– контактная работа – 91,9 акад. часов:

– аудиторная – 90 акад. часов;

– внеаудиторная – 1,9 акад. часов;

– самостоятельная работа – 52,1 акад. часов;

– в форме практической подготовки – 0 акад. час;

Форма аттестации - зачет

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. Управление состоянием массива горных пород								
1.1 Введение. Основные понятия.	7	2			6			ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4, ДПК-5.1, ДПК-5.2
1.2 Факторы, оказывающие влияние на развитие деформационных процессов на карьерах		7		6	6	самостоятельное изучение дополнительной и основной литературы по дисциплине	устный опрос (собеседование)	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4, ДПК-5.1, ДПК-5.2
1.3 Основные методы определения устойчивости прибортового массива		7		16	10	самостоятельное изучение дополнительной и основной литературы по дисциплине, выполнение практических работ	устный опрос и защита практической работы	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4, ДПК-5.1, ДПК-5.2

1.4 Классификация деформаций бортов карьера		8		6	10	самостоятельное изучение дополнительной и основной литературы по дисциплине	устный опрос (собеседование)	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4, ДПК-5.1, ДПК-5.2
1.5 Способы укрепления массивов горных пород		8		15	10	самостоятельное изучение дополнительной и основной литературы по дисциплине, выполнение практических работ	устный опрос и защита практической работы	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4, ДПК-5.1, ДПК-5.2
1.6 Инструктивные и нормативные документы	7	4		11	10,1	самостоятельное изучение дополнительной и основной литературы по дисциплине, выполнение курсового проекта	устный опрос, защита курсового проекта	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4, ДПК-5.1, ДПК-5.2
Итого по разделу		36		54	52,1			
Итого за семестр		36		54	52,1		зачёт	
Итого по дисциплине		36		54	52,1		зачет	

5 Образовательные технологии

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

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу возможно с использованием мультимедийного оборудования.

Лекции проходят в традиционной форме, 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. По возможности необходимо использовать междисциплинарное обучение – использование знаний из разных областей, их группировка и концентрация в контексте конкретной решаемой задачи.

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

а) Основная литература:

1. Мартьянов, В. Л. **Геомеханика**. Управление состоянием массива горных пород при открытой геотехнологии : учебное пособие / В. Л. Мартьянов, О. И. Литвин, С. О. Марков. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2019. — 260 с. — ISBN 978-5-00137-112-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/145126 (дата обращения: 22.02.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Кириченко, Ю. В. Геомеханика: инженерно-геологическое обеспечение управления состоянием массивов горных пород : учебное пособие / Ю. В. Кириченко, В. В. Ческидов, С. А. Пуневский. — Москва : МИСИС, 2017. — 90 с. — ISBN 978-5-906846-37-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/105287 (дата обращения: 16.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Управление геомеханическими процессами при разработке месторождений полезных ископаемых : учебное пособие / Д. М. Казикаев, А. А. Козырев, Э. В. Каспарьян, М. А. Иофис. — Москва : Горная книга, 2016. — 490 с. — ISBN 978-5-98672-441-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/101757 (дата обращения: 16.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Бахаева, С. П. **Расчет устойчивости откосов при открытой геотехнологии** : лабораторный практикум : учебное пособие / С. П. Бахаева, Е. В. Ананенко. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2022. — 170 с. — ISBN 978-5-00137-318-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/295730 (дата обращения: 22.02.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Гальперин, А. М. Геомеханика открытых горных работ : учебник / А. М. Гальперин. — Москва : Горная книга, 2003. — 474 с. — ISBN 5-7418-0228-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/3261 (дата обращения: 16.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Воронков, В. Ф. Геомеханика открытых горных работ. Конспект лекций : учебное пособие / В. Ф. Воронков. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2011. — 61 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/69411 (дата обращения: 16.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Казикаев, Д. М. Практический курс комбинированной разработки рудных месторождений : учебное пособие / Д. М. Казикаев. — 2-е изд., стер. — Москва : Горная книга, 2012. — 186 с. — ISBN 978-5-98672-328-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/66434 (дата обращения: 16.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Геомеханика : учебное пособие : в 2 частях / Э. В. Каспарьян, А. А. Козырев, М. А. Иофис [и др.]. — Мурманск : МГТУ, 2016 — Часть 1 : Геомеханика — 2016. — 172 с. — ISBN 978-5-86185-901-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/142614 (дата обращения: 16.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Геомеханика : учебное пособие : в 2 частях / Э. В. Каспарьян, А. А. Козырев, М. А. Иофис [и др.]. — Мурманск : МГТУ, 2016 — Часть 2 : Геомеханика — 2016. — 320 с. — ISBN 978-5-86185-902-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/142615 (дата обращения: 16.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7. Периодические издания

Горный журнал. Известия ВУЗов. Маркшейдерия и недропользование. Геодезия и картография. Вестник МГУ. Выпуск 4. Геология. Горный информационно-аналитический бюллетень.

в) Методические указания:

Методические указания студентам по выполнению практических и курсовой работ приведены в приложении к программе.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам», Образование в области техники и технологий, Горное дело. – URL: http://window.edu.ru/catalog/resources?p_rubr=2.2.75.5

2. Международная справочная система экономических сообщений и отраслевой аналитики средств массовой информации polpred («Полпред»), отрасль «Металлургия, горное дело в РФ и за рубежом». – URL:http://metal.polpred.com/

3. Научная электронная библиотека:https://elibrary.ru/project_risc.asp.

4. Поисковая система Академия Google (Google Scholar). – URL: https://scholar.google.ru/

5. Горная энциклопедия http://www.mining-enc.ru/

6. Горнопромышленный портал России http://www.miningexpo.ru/

7. Горный информационно-аналитический бюллетень http://www.giab-online.ru/

8. Информационно-издательский центр по геологии и недропользованию http://www.geoinform.ru/

9. Научно-технический журнал «Горная промышленность» http://mining-media.ru/ru/

Информационно-аналитический портал для горняков https://mwork.su/

11. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору http://www.gosnadzor.ru/about_gosnadzor/history/

12. Geomix: Программное обеспечение и инжиниринговые услуги для горной отрасли. Горное дело. https://geomix.ru/blog/gornoe-delo/

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Браузер Yandex	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://host.megaprolib.net/MP0109/Web
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Российская Государственная библиотека. Каталоги	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа 063, 067: Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации

Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 067, 080: Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

Аудитории для самостоятельной работы 063, 067: компьютерные классы; читальные залы библиотеки: 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: Стеллажи для хранения учебно-наглядных пособий и учебно-методической документации.

Приложение 1

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов предусматривает:

- подготовку к практическим занятиям, изучение необходимых разделов в конспектах, рекомендованной литературе, учебных пособиях и методических указаниях; работа со справочной литературой
- исправление ошибок, замечаний, оформление отчетов по практическим работам.

- подготовку к промежуточному контролю.

Возможно использование технологии опережающая самостоятельная работа – изучение студентами нового материала до его изложения преподавателем на лекции и других аудиторных занятиях.

Перечень вопросов для самопроверки

Перечень контрольных вопросов для проверки остаточных знаний студентов по дисциплине «Управление состоянием массива в условиях открытых горных работ»:

1. Основные факторы, оказывающие влияние на устойчивость бортов карьеров.
2. Горно-технические и природные факторы возникновения деформаций бортов карьеров.
3. Геологические и гидрогеологические факторы возникновения деформаций бортов карьеров.
4. Классификация деформаций бортов карьеров.
5. Основные причины развития различных деформационных процессов при добыче разных типов руд.
6. Методы расчета устойчивости карьерных откосов.
7. Схемы расчета устойчивости карьерных откосов.
8. Классификация способов укрепления горных пород и условия их применения.
9. Способы укрепления, не вызывающие изменения состава, строения и свойств пород.
10. Способы укрепления, вызывающие частичное изменение состава, строения и свойств пород
11. Способы укрепления, вызывающие существенное изменение состава, строения и свойств пород
12. Методы управления деформационными процессами, связанные с изменением схемы вскрытия, системы разработки и режима горных работ.
13. Коэффициент запаса устойчивости, суть, основные способы расчета, нормативные величины.
14. Наблюдения за деформациями карьерных откосов.
15. Основные проложения Правил обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и откосов отвалов, (приказ РТН от 13.11.2020 №439)
16. Нарушения устойчивости отвальных осыпей.
17. Требования к расчету устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и откосов отвалов.
18. Мониторинг устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и откосов отвалов.

Приложение 2

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

Код индикатора	**Индикатор достижения компетенций**	**Оценочные средства**
ПК-1 Способен выполнять инженерно-геодезические изыскания, планировать развитие горных работ, осуществлять маркшейдерский контроль состояния горных выработок, зданий сооружений и земной поверхности на всех этапах освоения и охраны недр с обеспечением промышленной и экологической безопасности		
ПК-1.1	Составляет проекты производства маркшейдерских и геодезических работ, осуществляет контроль за выполнением изыскательских работ	Примерный перечень вопросов 1. Составить проектную документацию для обеспечения безопасной эксплуатации объектов открытых горных работ в области обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах и карьерах. 2. Составить проектную документацию для обеспечения безопасной эксплуатации горных работ для наблюдения за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости.
ПК-2 Способен выполнять маркшейдерско-геодезические работы, определять пространственно-временные характеристики состояния земной поверхности и недр, горно-технических систем, подземных и наземных сооружений и отображать информацию в соответствии действующими нормативными документами		
ПК-2.1	Использует законы и иные нормативные правовые акты в области геологического изучения, использования и охраны недр и окружающей среды; нормативные правовые акты, руководящие, методические и нормативные материалы, касающиеся деятельности маркшейдерской службы;	1. Расскажите тезисно основные положения актуальных версий нормативных документов по особенностям обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах и карьерах. 2. Расскажите тезисно основные положения актуальных версий по наблюдению за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости.
ПК-2.2	Осуществляет необходимые маркшейдерские камеральные и полевые работы, оформляет производственную документацию и отчетность	1. Составить проект на разработку противодеформационных мероприятий с учетом требований нормативных документов 2. Составить проект на оценку устойчивости борта (ов) карьеров с учетом требований нормативных документов
ДПК-5 Обладает знаниями по устойчивости подземных горных выработок, карьеров и отвалов, сдвижениям и деформациям горных пород, геомеханическим, геодинамическим процессам и проявлениям горного давления		
ДПК-5.1	Демонстрирует знания факторов, оказывающих влияние на устойчивость карьеров и отвалов, основных методик расчета	1. Перечислите основные факторы оказывающие влияние на устойчивость бортов карьеров 2. Перечислите основные факторы оказывающие влияние на устойчивость

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
	устойчивости, области их применения; владеет знаниями нормативной документацией, способов управления состоянием массива горных пород и обнажений; способен разработать противодеформационные мероприятия	отвалов 3. Назовите основные методики расчета устойчивости бортов карьеров и отвалов 4. Какова область применения методик расчета устойчивости 5. Перечислите нормативные документы регламентирующие устойчивость бортов карьеров 6. Что такое коэффициент запаса устойчивости, какие его виды существуют 7. Основные величины коэффициента запаса устойчивости для различных условий 8. Перечислите противодеформационные мероприятия, область их эффективного применения
ДПК-5.2	Демонстрирует знания основных факторов, оказывающих влияние на устойчивость выработок, очистного пространства, сдвижение горных пород и земной поверхности; методик расчета предельных параметров выработок и конструктивных элементов систем разработки; способов управления состоянием массива горных пород и обнажений, прогноза параметров сдвижения массива горных пород и земной поверхности; методов прогноза, предупреждения горных ударов, теорию и механизм горных ударов	Данный индикатор в указанной дисциплине не реализуется.

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

Согласно учебному плану по дисциплине «Управление состоянием массива в условиях открытых горных работ» предусмотрена промежуточная аттестация в форме зачета. Для получения зачета необходимо наличие отчета с правильно выполненными практическими работами.

Критерии оценки при проведении зачета:

– на оценку **«зачтено» –** обучающийся демонстрирует достаточный уровень сформированности компетенций, на вопросы преподавателя в рамках изученного курса дает правильные ответы, может допускать неточности, затруднения, но в целом знания, умения и навыки согласно изучаемым компетенциям усвоены; на зачетное занятие представлен отчет с правильно выполненными практическими работами по дисциплине;

– на оценку **«не зачтено»** – результат обучения не достигнут, обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач, отчет не представлен с выполненными практическими работами по дисциплине.

Приложение 3

Методические рекомендации по выполнению и защите практических работ

Практическая работа

«Оценка устойчивости борта карьера и разработка противодеформационных мероприятий»

I. Для заданного откоса подобрать типы пород, которыми он сложен. Из таблиц с физико-механическими характеристиками выбрать сцепление, угол внутреннего трения, плотность (объемный вес), все их привести к единым единицам измерения системы СИ.

II. Усреднение физико-механических характеристик. Для пород занимающих наибольшее распространение в теле массива, или наименее устойчивых определяются ширина призмы обрушения *a* (формула 10.1)

5.Определите ширину призмы возможного обрушения:

$$a = \frac{2H\left(1 - ctg\,\alpha tg\left(\frac{\alpha + \varphi_\eta}{2}\right)\right) - 2H_{90}}{ctg\left(45 - \frac{\varphi_\eta}{2}\right) + tg\left(\frac{\alpha + \varphi_\eta}{2}\right)} = 11{,}2\text{ м.} \qquad (10.1)$$

высота вертикальной трещины отрыва H_{90} (п.2.).

2. Вычислите глубину H_{90}, на которой формируются площадки скольжения, по формуле (4.2):

$$H_{90} = 2C_\eta\, ctg(45 - \varphi_\eta/2)/\gamma = 7{,}7\text{ м.}$$

Согласно методики, представленной на рис 12, проводится наиболее вероятная круглоцилиндрическая поверхность скольжения.

7. Построение поверхности скольжения производится в следующем порядке:

а) от верхней бровки A откоса отложите величину $a = AB$ – ширину призмы обрушения, вычисленную по формуле (10.1);

б) из точек A и B вертикально отложите величину H_{90}, вычисленную по формуле (6.3), а из точек A' и B' проведите линии под углом $45° + \varphi_\eta / 2$ к горизонту до пересечения их в точке C;

в) из точки M (нижняя бровка уступа) проведите направление MN под углом $45° - \varphi_\eta / 2$ к откосу;

г) из точки C восстановите перпендикуляр к направлению $B'C$, а из точки M – к направлению MN до пересечения в точке O;

д) радиусом $R = OC = OM$ проведите дугу окружности CM с центром в точке O.

Линия $BB'\,CM$ является искомой поверхностью скольжения (рис. 12).

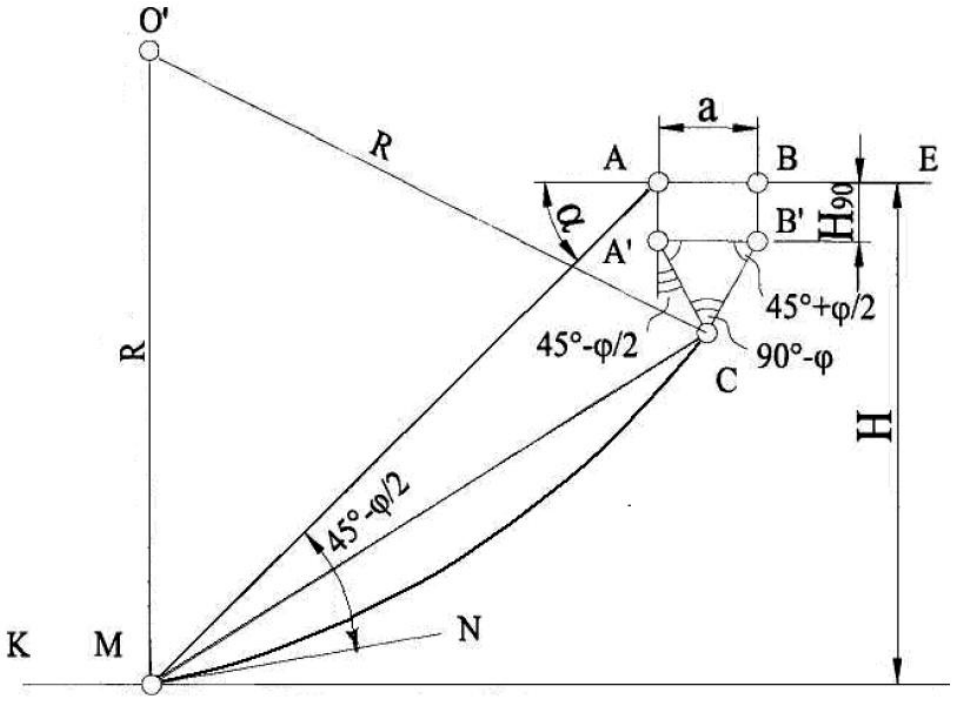


Рис. 12. Построение круглоцилиндрической поверхности скольжения в однородном массиве плоского откоса

По которой производится замер длины линии скольжения, расположенной в каждой из разновидностей пород. По формулам 9.5-9.7 усредняют сцепление, угол внутреннего трения, плотность пород.

Величины $\gamma_{ср}$, $\varphi_{ср}$ и $C_{ср}$ по наиболее напряженной поверхности, не совпадающие с поверхностями ослабления массива, определяются как средневзвешенные:

$$\gamma_{ср} = \gamma_1 m_1 + \gamma_2 m_2 + ... + \gamma_i m_i / m_1 + m_2 + ... + m_i; \quad (9.5)$$

$$C_{ср} = \frac{\sum C_i l_i}{\sum l_i}; \quad (9.6)$$

$$tg\varphi_{ср} = \frac{\sum tg\varphi_i l_i}{\sum l_i}, \text{ или } tg\varphi_{ср} = \frac{\sum tg\sigma_i l_i}{\sum \sigma_i l_i}, \quad (9.7)$$

где γ_i – плотность пород i-го слоя, м^3/т; m_i – мощность пород i-го слоя в пределах призмы возможного обрушения, м; l_i – длина участка поверхности скольжения в пределах i-го слоя, м; φ_i и C_i – соответственно угол внутреннего трения и сцепления i-го слоя; σ_i – ориентировочное значение величины нормального напряжения в пределах участка поверхности скольжения, проходящей по i-му слою:

III. Для усредненных для откоса данных по сцеплению, углу внутреннего трения, плотности пересчитывают ширину призмы обрушения *a*, высоту вертикальной трещины отрыва H_{90} , проводят наиболее вероятную круглоцилиндрическую поверхность скольжения.

IV. Оценка устойчивости борта карьера производится методом алгебраического сложения сил.

8. Поверочный расчет устойчивости откоса производится путем сложения и сравнения сдвигающих сил по наиболее напряженной поверхности (метод алгебраического сложения сил) и определения в результате этого сравнения действительного коэффициента запаса устойчивости откоса. Действительный коэффициент запаса устойчивости определяется по формуле

$$\eta = \frac{\sum P_i \cos\delta_i tg\varphi_\eta + \sum C_\eta l_i}{\sum P_i \sin\delta_i}, \qquad (10.2)$$

где P_i – вес элементарных блоков, на которые разделяется призма в примыкающем к откосу массиве, ограниченная наиболее напряженной поверхностью, т: $P_i = a_i\, h_i \gamma$; δ_i – угол наклона элементарной площадки, град.; l_i – площадь основания элементарных блоков, м^2; при расчете толщины призмы между откосом и наиболее напряженной поверхностью принимается равной 1 м; a_i, h_i – размеры элементарного блока, м; γ – плотность пород, т/м^3.

Определение сдвигающих и удерживающих сил и коэффициента устойчивости производится в следующем порядке:

а) призму $ABB'M$ в примыкающем к откосу массиве пород, ограниченную наиболее напряженной поверхностью, разбейте вертикальными линиями на ряд блоков. При этом ширину первого (начиная от верхней бровки) блока для удобства расчетов можно принимать равной ширине призмы возможного обрушения, а остальных – 10÷20 м (рис. 13);

б) в каждом блоке в масштабе рисунка определите a_i, h_i,, δ_i, l_i;

в) по формуле (6.10) вычислите коэффициент запаса устойчивости η.

Расчет составляющих величин в формуле 10.2 рекомендуется производить по табл. 6.

Если вычисленный коэффициент запаса устойчивости откоса меньше расчетного более чем на 5% (как, например, при расчете по варианту 1), то необходимо уменьшить угол наклона уступа и вновь вычислить коэффициент запаса устойчивости.

Таблица 6

Расчет сдвигающих и удерживающих сил

№ блока	$P_i = a_i h_i \gamma$	$\cos\delta_i$	$tg\varphi_\eta$	$P_i \cos\delta_i tg\varphi_\eta$	$l_i\, C_\eta$	$\sin\delta_i$	$P_i \sin\delta_i$

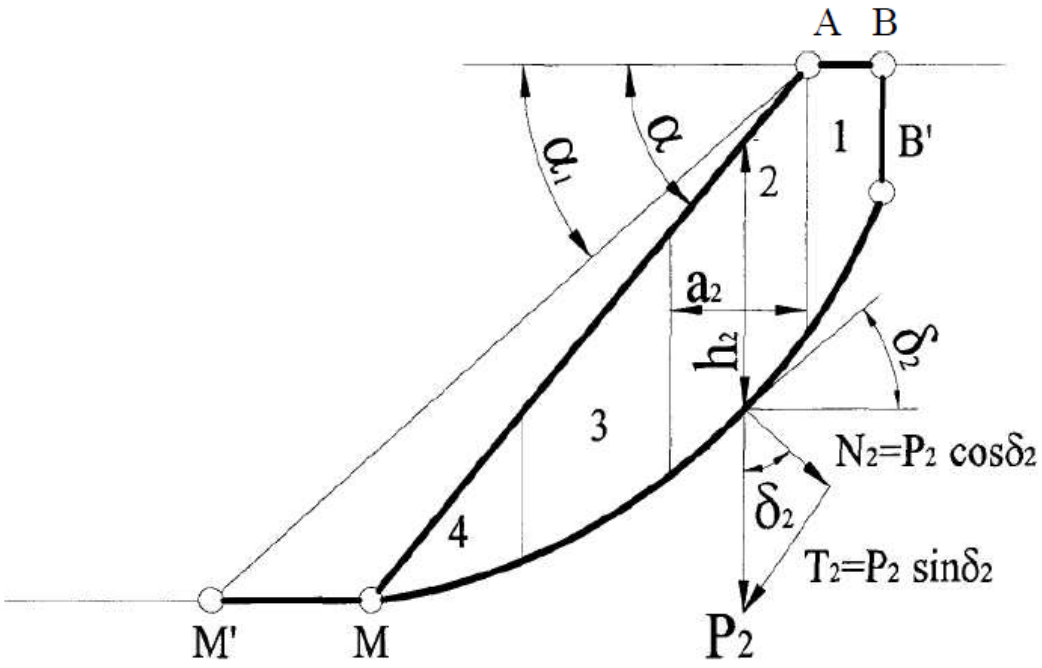


Рис. 13. Схема к расчету устойчивости методом алгебраического сложениясил по наиболее напряженной поверхности:
1, 2, 3, 4 – номера расчетных блоков; α – расчетный угол наклона откоса по условиям его устойчивости

Если во втором случае получилось, что $\eta_{ср} > 1{,}2$, то решение находят методом графической интерполяции (рис. 14). По оси абсцисс откладывают угол откоса α, а по оси ординат – величину коэффициента запаса устойчивости η. Построив две точки – 1 и 2 и соединив их прямой, получим на оси абсцисс точку 3, соответствующую искомому значению угла наклона устойчивости откоса.

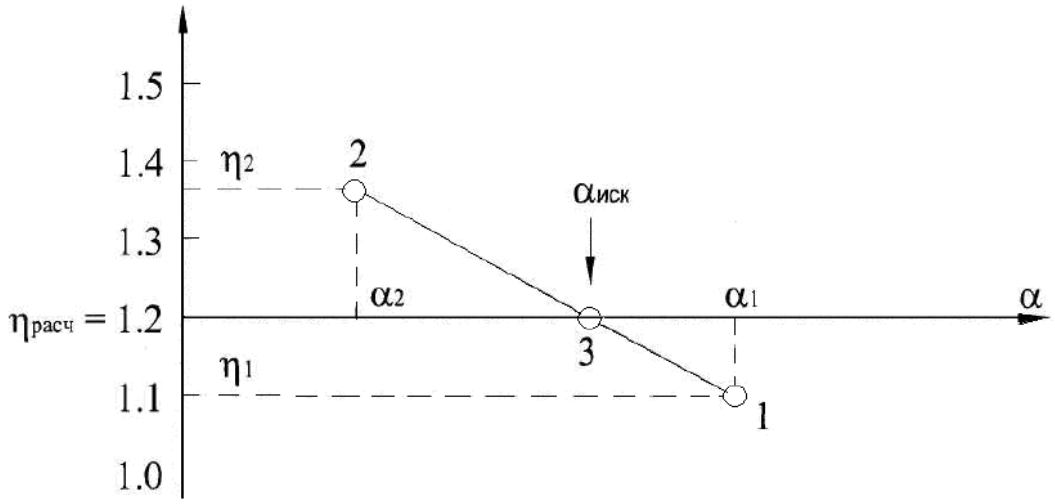


Рис. 14. Определение искомого угла откоса $\alpha_{иск}$ с учетом расчетного коэффициента запаса устойчивости

В табл. 1 приведены значения величины коэффициента устойчивости в зависимости от надежности исходных данных.

Таблица 1

Рекомендуемые величины коэффициента запаса устойчивости η в зависимости от надежности исходных геологических данных

Стадия освоения месторождения (степень надежности исходных данных	η		Примечание
	Нерабочий борт (срок стояния > 10 лет)	Рабочий борт	
Проектирование (по данным бурения скважини методом аналогий)	1,5	> 1,4	При трещиноватых, тектонических нарушенных вмещающих породах
	1,3	> 1,2	При слабых песчано-глинистых разностях
Эксплуатация (по данным изучения массива пород в обнажениях и анализу деформаций)	1,3	> 1,2	
Ликвидация (постановка борта в предельное положение по данным длительных инструментальных наблюдений за состоянием откосов)	1,2	> 1,2	

Если слагающие откос породы представлены глинистыми разностями и за исходные характеристики прочности в расчетах принимается предел ползучести этих пород, то коэффициент запаса может быть принят равным единице ($\eta = 1$).

Обеспечение устойчивости бортов с различными коэффициентами запаса полностью не исключает деформирование прибортового массива, так как перераспределение напряжений при проведении выработок вызывает деформации пород, но при этом они не достигают критических величин. Это необходимо учитывать в тех случаях, когда в непосредственной близости от борта находятся охраняемые объекты высокой категории. Ориентировочные величины ожидаемых деформаций при различных коэффициентах запаса устойчивости приведены в табл. 2.

Таблица 2

Прогнозируемые деформации прибортового массива

Коэффициент запаса устойчивости η	Состояние земной поверхности в пределах призмы возможного обрушения	Примечание
> 1,3	Прибортовый массив испытывает преимущественно упругие деформации, относительные горизонтальные деформации не превышают $1 - 10^{-3}$	Величина деформаций находится в пределах точности маркшейдерских измерений
< 1,3–1,2	Появляются трещины, общие смещения поверхности прибортовых массивов при высоте борта более 100 м достигают 200–300 мм. Относительные горизонтальные деформации могут достигать $(2–5)\ 10^{-3}$	Смещения, затухающие во времени
< 1,2-1,1	Появляются заколы, горизонтальные деформации могут достигать $30 \cdot 10^{3}$, а общие величины смещений – 1,5–2 м	Деформации преимущественно затухают во времени

Примечание. При крутом залегании горных пород ($\beta > 50°$) в слоистом массиве значительные деформации поверхности в пределах призмы возможного обрушения неизбежны и при n > 1,3, хотя общая устойчивость обеспечивается, смещения прибортового массива, предшествующие обрушению бортов глубоких разрезов, могут достигнуть весьма значительных величин порядка 5–10 м.

Для определения предельных параметров уступов величина коэффициента запаса устойчивости должна составлять не менее 1,5, так как в этом случае наиболее напряженная поверхность скольжения практически полностью располагается в зоне влияния процессов выветривания, разуплотнения и буровзрывных работ, проводимых в разрезе.

V. Разработка мероприятий по предупреждению деформаций. На основе проработанного лекционного материала по теме «Способы укрепления массивов горных пород» ([1], стр. 151-190; [2] стр. 249-334) разработать 1-2 варианта мероприятия.