

УДК 624.1  
ББК 38.78  
3-57

Рецензенты:

профессор *Л. В. Маковский*, заведующий кафедрой мостов и транспортных тоннелей (ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет»);  
доктор технических наук, профессор *Н. В. Ханов*, заведующий кафедрой гидротехнических сооружений;  
кандидат технических наук *В. А. Зимнюков*, доцент кафедры гидротехнических сооружений (ФГБОУ ВПО «МСХА им. К. А. Тимирязева»);  
доктор технических наук, профессор *И. Я. Харченко*,  
заместитель начальника Научно-инженерного центра по освоению подземного пространства АО «Мосинжпроект» (г. Москва)

**Зерцалов, Михаил Григорьевич**

3-57 Введение в механику подземных сооружений [Электронный ресурс] : учебное пособие / М. Г. Зерцалов, М. В. Никишкин ; под ред. М. Г. Зерцалова ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Моск. гос. строит. ун-т. — 2-е изд. (эл.). — Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 117 с.). — М. : Издательство МИСИ—МГСУ, 2017. — Систем. требования: Adobe Reader XI либо Adobe Digital Editions 4.5 ; экран 10".

ISBN 978-5-7264-1709-7

Главная задача пособия — дать студенту базовые знания, позволяющие понять основные закономерности взаимодействия возводимых различными способами подземных сооружений с вмещающим породным массивом. Рассмотрено строительство подземных сооружений открытым и закрытым способами.

Для студентов строительных вузов, обучающихся по специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений».

УДК 624.1  
ББК 38.78

**Деривативное электронное издание на основе печатного издания:** Введение в механику подземных сооружений : учебное пособие / М. Г. Зерцалов, М. В. Никишкин ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Моск. гос. строит. ун-т. — М. : Издательство МИСИ—МГСУ, 2015. — 116 с. — ISBN 978-5-7264-1148-4.

В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации.

ISBN 978-5-7264-1709-7

© ФГБОУ ВПО «МГСУ», 2015

# Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	5
Глава 1. УСТОЙЧИВОСТЬ ОТКОСОВ ПРИ ОТРЫВКЕ КОТЛОВАНОВ.....	7
1.1. Расчет устойчивости откосов в нескальных грунтах.....	7
1.2. Расчет устойчивости откосов в скальных грунтах.....	13
Глава 2. НАГРУЗКИ НА ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ, ВОЗВОДИМЫЕ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ .....	29
2.1. Общие положения .....	29
2.2. Вертикальная нагрузка.....	32
2.3. Горизонтальная нагрузка.....	34
2.4. Расчет ограждающих конструкций котлованов .....	37
2.5. Расчет анкеров.....	46
2.6. Расчет подземных конструкций, сооружаемых методом опускных колодцев .....	50
Глава 3. МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В ПОРОДНОМ МАССИВЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗАКРЫТЫМ СПОСОБОМ. ГОРНОЕ ДАВЛЕНИЕ .....	57
3.1. Процессы, сопутствующие проходке выработок закрытым способом .....	57
3.2. Горное давление. Нагрузки на сооружения .....	59
Глава 4. РАСЧЕТЫ КРЕПЕЙ И ОБДЕЛОК ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАК СТЕРЖНЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	65
4.1. Типы крепей и обделок и используемые расчетные схемы ...	65
4.2. Расчет подземных сооружений с использованием схем стержневых конструкций .....	70
Глава 5. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ ВМЕЩАЮЩИМ МАССИВОМ МЕТОДАМИ МЕХАНИКИ СПЛОШНЫХ СРЕД.....	75
5.1. Модели поведения породного массива. Упругая модель.....	75
5.2. Расчет напряженно-деформированного состояния массива вокруг незакрепленных выработок с использованием упругой модели.....	78
5.3. Начальное напряженное состояние массива пород.....	82

Глава 6. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВЫРАБОТКИ КРУГОВОГО ОЧЕРТАНИЯ С ЛИНЕЙНО ДЕФОРМИРУЕМЫМ ПОРОДНЫМ МАССИВОМ.....	84
6.1. Анализ напряженно-деформированного состояния массива вокруг незакрепленной выработки. Понятие о диаграмме равновесных состояний породного массива .....	84
6.2. Использование диаграммы равновесных состояний массива при подборе крепи, обеспечивающей устойчивость выработки .....	91
Глава 7. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВЫРАБОТКИ КРУГОВОГО ОЧЕРТАНИЯ С НЕЛИНЕЙНО ДЕФОРМИРУЕМЫМ ПОРОДНЫМ МАССИВОМ.....	98
7.1. Использование упругопластической модели породного массива .....	98
7.2. Использование упругохрупкой модели породного массива .....	104
7.3. Метод конечных элементов при решении задач подземного строительства .....	106
Библиографический список .....	115