**Проект**

# Приложение 8

# ОЦЕНКА ПРОЧНОСТНЫХ И ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД

1. В образце определяются основные физико-механические свойств горных пород и их контактов, необходимых для расчетов устойчивости бортов карьеров, разрезов и уступов, формируемых в массивах с различной несущей способностью.

2. Для расчетов устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов исходными данными являются:

* при использовании метода предельного равновесия плотность *ρ,* сцепление *С* и угол внутреннего трения *φ*, а также сцепление и угол трения по поверхностям ослабления;
* при применении численного моделирования те же характеристики, что и для предельного равновесия с добавлением деформационных свойств горных пород: модуль деформации *Еу* /упругости *Ед* и коэффициент поперечной деформации *ν1*/коэффициент Пуассона *ν2*;
* при использовании пластических моделей моделирования те же характеристики, что и для численного моделирования с добавлением предела текучести, угла дилатансии и другие характеристики, определяемые моделью поведения горных пород.

В качестве исходных данных для расчетов устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов также используют полный паспорт прочности, представленный графиком зависимости нормальных и касательных напряжений в плоском или объемном напряженно-деформированном состоянии.

3. Перечень физико-механических свойств горных пород, необходимый для проведения оценки устойчивости бортов карьеров и уступов на различных этапах проектирования, приведен в таблице 8.1.

4. При определении физических, прочностных и деформационных свойств горных пород руководствоваться действующими стандартами Российской Федерации на момент выполнения лабораторных или натурных испытаний, при их отсутствии техническими регламентами Таможенного союза.

5. Для расчетов устойчивости бортов и уступов в качестве исходных данных принимаются достоверные среднестатистические значения.

6. Определение прочностных и деформационных свойств массива горных пород выполняется: лабораторными или натурными испытаниями, обратным расчетом, с использованием эмпирических формул, по аналогии и/или с использованием справочных данных.

**Таблица 8.1** – Перечень физико-механических свойств горных пород, необходимых для проведения оценки устойчивости бортов и уступов карьеров и разрезов

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Свойства | Тип пород | Этап проектирования и разработки | | | | | |
| Предпроектные работы | ТЭО | | Проектирование | Эксплуатация карьера | Реконструкция карьера |
| Временных кондиций | Постоянных кондиций |
| Естественная влажность | Все разновидности | – | + | + | + | + | + |
| Влажность на границе текучести | Грунты | – | – | + | + | + | + |
| Число пластичности | Грунты | – | – | + | + | + | + |
| Показатель текучести | Грунты | – | – | + | + | + | + |
| Плотность грунта | Все разновидности | – | + | + | + | + | + |
| Плотность скелета | Грунты | – | – | + | + | + | + |
| Плотность частиц грунта | Грунты | – | – | + | + | + | + |
| Коэффициент пористости | Все разновидности | – | – | + | + | + | + |
| Коэффициент водонасыщения | Все разновидности | – | – | + | + | + | + |
| Полная влагоемкость | Все разновидности | – | – | + | + | + | + |
| Относительное содержание органического вещества | Грунты | – | – | + | + | + | + |
| Гранулометрический состав | Грунты | – | – | + | + | + | + |
| Одноосное сжатие при естественной влажности | Все породы за исключением дисперсных грунтов | – | **+** | **+** | **+** | **+** | **+** |
| Одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии | Все породы за исключением дисперсных грунтов | – | **–** | **+** | **+** | **+** | **+** |
| Одноосное растяжение при естественной влажности | Все породы за исключением дисперсных грунтов | – | **+** | **+** | **+** | **+** | **+** |
| Одноосное растяжение в водонасыщенном состоянии | Все породы за исключением дисперсных грунтов | – | **–** | **+** | **+** | **+** | **+** |
| Срез со сжатием | Скальные и полускальные породы | – | **–** | **+** | **+** | **+** | **+** |
| Трехосные испытания | Все разновидности | – | **–** | **–** | **+** | **+** | **+** |
| Сдвиг по естественной трещине | Скальные и полускальные породы | **–** | **–** | **–** | **+** | **+** | **+** |
| Сдвиг по распилу (плашка по плашке) | Все разновидности за исключением несвязных грунтов | **–** | **–** | **+** | **+** | **+** | **+** |
| Модуль деформация/упругости | Все разновидности | **–** | **–** | **–** | **+** | **+** | **+** |
| Коэффициент поперечной деформации/Пуассона | Все разновидности | **–** | **–** | **–** | **+** | **+** | **+** |

Применение исходных данных, полученных по аналогии и/или справочных данных допустимо использовать для расчетов только на этапе предпроектных работ и при составлении ТЭО временных кондиций.

В качестве справочных данных используются данные из таблиц 8.2-8.5 или другие дополнительные материалы более полно характеризующие рассматриваемые условия, на усмотрение специалистов специализированной организации.

**Таблица 8.2** – Значения углов трения по поверхностям ослабления массива

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Породы | Углы трения в зависимости от характера поверхностей ослабления *φ'*, (… °) | | | |
| Ровные гладкие | Неровные гладкие | Ровные шероховатые | Неровные шероховатые |
| Песчаники | 15-20 | 20-26 | 24-29 | 28-36 |
| Алевролиты | 14-18 | 18-23 | 22-26 | 25-33 |
| Аргиллиты | 12-17 | 17-21 | 20-24 | 23-30 |
| Уголь | 14-19 | 18-25 | 23-27 | 25-35 |
| Порфиры, роговики, джеспилиты, песчаники | 20 - 26° | 22 - 27° | 24 - 28° | 28 - 31° |
| Вторичные кварциты, грано-диориты, кварцевые порфиры, гранодиорит-порфиры, скарнированные породы, сиениты, диориты, алевролиты | 17 - 20° | 20 - 23° | 22 - 25° | 25 - 28° |
| Известняки, метаморфические сланцы, магнетиты | 16 - 19 | 20 - 22° | 23 - 25° | 24 - 27° |
| Глинистые сланцы, аргиллиты | 15 - 18° | 18 - 20° | 21 - 23° | 23 - 25° |
| Филлиты, талько-клоритовые и серицитовые сланцы | 9 - 12° | 13 - 15° | 20 - 22° | 23 - 25° |

**Таблица 8.3** – Значения сцепления по поверхностям ослабления массива

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Характеристика поверхностей ослабления массива | Характеристика толщи пород | Величина сцепления С', т/м2 |
| Поверхности скольжения по контактам слоев (зеркала скольжения), поверхность ровная, гладкая | Дислоцированная осадочная толща | 0-5 |
| Контакты слоев, поверхность волнистая со следами скольжения или ровная шероховатая | Метаморфизованная осадочная толща | 5-10 |
| Тектонические нарушения и неровные тектонические трещины со следами скольжения | Массивы изверженных и метаморфических пород | 5-10 |
| Контакты слоев, поверхность волнистая шероховатая, неровная шероховатая | Уплотненная слабодислоцированная осадочная толща | 10-20 |
| Контакты слоев в слабых песчано-глинистых отложениях | Неуплотненная недислоцированная слаборассланцованная осадочная толща | 50% от сцепления под углом к наслоению в массиве |

**Таблица 8.4** – Физико-механические свойства рыхлых несвязных и мягких связных песчано-глинистых пород

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Породы | | Удельный вес *γм*, г/см3 | Удельный вес *γ*, г/см3 | Cцепление в куске *С0*, кг/см2 | Угол внутреннего трения *φ*, (… °) | Влажность *W*, % | Коэф. длительной прочности *η* |
| Песок: | | | | | | | |
|  | разнозернистый | 2,65 | 2,04 | 0,0-0,24 | 35 | 16,5 | - |
| среднезернистый | 2,64 | 1,75 | 0,10-0,15 | 33-34 | 17,0 | - |
| мелкозернистый | 2,68 | 1,96 | 0,10-0,35 | 31-32 | 23,0 | - |
| тонкозернистый | 2,66 | 1,80 | 0,28 | 30 | 17,0 | - |
| глинистый | 2,50 | 2,16 | 0,20-0,75 | 40 | 12 | - |
| глинистый, уплотненный | 2,65 | 2,08 | 0,45-0,80 | 26-32 | 18-20 | 0,70-0,80 |
| мелкозернистый глинистый | - | 1,80 | 0,40-0,70 | 28-30 | 40 | 0,60-0,80 |
| тонкозернистый глинистый | 2,67 | 1,99 | 0,35-0,60 | 26-28 | 25 | 0,60-0,80 |
| пылеватый | - | 2,16 | 0,3 | 30 | 13 | - |
| гравелистый | - | 2,16 | 0,1 | 36 | 10-12 | - |
| Глина: | | | | | | | |
|  | пластичная | – | 2,00 | 0,6-1,85 | 12-20 | 20-24 | 0,40-0,60 |
| мягкопластичная | – | 1,81 | 0,15 | 3 | 35 | 0,35 |
| пылеватая | 2,64-2,74 | 1,91-1,95 | 0,5-1,0 | 10-19 | 21-39 | 0,60-0,85 |
| пылеватая пластичная | 2,64 | 1,91 | 0,5 | 9 | 26 | 0,35-0,50 |
| пылеватая плотная | 2,60-2,76 | 1,83-1,97 | 0,6-1,75 | 12-20 | 20-28 | 0,70-0,85 |
| песчаная | 2,70 | 2,00 | 0,52-1,25 | 18-28 | 21 | 0,60-0,80 |
| каолиновая | – | 2,10 | 1,0 | 10 | 17-18 | 0,50 |
| опоковая | 2,55 | 1,55 | 1,5 | 23-25 | 35-40 | 0,40 |
| плотная | 2,60-2,70 | 1,90-2,05 | 1,3-3,7 | 16-28 | 20-25 | 0,60-0,80 |
| бокситовидная | – | 2,20-2,25 | 1,25-6,4 | 23-27 | 12-15 | 0,80 |
| брекчевидная | – | 2,20 | 0,8-7,6 | 27 | 10-15 | 0,70 |
| Суглинок: | | | | | | | |
|  | плотный | – | 1,95 | 0,52-1,1 | 30-34 | 20,0 | 0,65 |
| лессовидный | 2,68-2,82 | 1,86-1,95 | 0,45-0,68 | 27-30 | 15-20 | 0,60-0,80 |
| щебенисто-песчаный | – | 2,12-2,16 | 0,22 | 36 | 15-20 | 0,70 |
| мягкий песчаный с дресвой | 2,50 | 1,99 | 0,33 | 24 | 18 | 0,70 |
| тугопластичный с песком и дресвой | 2,70 | 1,98-2,10 | 0,52 | 34 | 19-24 | 0,85-0,90 |
| пластичный | – | 1,94 | 0,05 | 21 | 23 | 0,6-0,7 |
| пылеватый и супесь | 2,63-2,76 | 1,80-1,93 | 0,20-0,45 | 22-33 | 18-23 | 0,6-0,8 |
| Супесь | | 2,66 | 1,80-1,96 | 0,1-0,17 | 28-34 | 13-20 | 0,6-0,8 |
| Супесь заторфованная | | – | 1,84 | 0,18 | 31 | 24 | – |
| Торф | | – | 1,54 | 0,12 | 25 | 50 | – |

**Таблица 8.5** – Значения сцепления и углов трения по трещинам горных пород в различных состояниях

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Породы | Сплошное заполнение трещин льдом | | Частичное заполнение трещин льдом | | Немерзлые породы | | |
| *C', т/м2* | *φ'*, (… °) | *C', т/м2* | *φ'*, (… °) | *C', т/м2* | *φ'*, (… °) |
| Уголь | 14 | 10 | 10 | 14 | 2 | 15 |
| Углистый аргилит | 30 | 15 | 10 | 15 | 2 | 15 |
| Углистый песчаник | 22 | 18 | 10 | 20 | 4 | 20 |

7. Определение прочностных и деформационных свойств массива горных пород производится по результатам лабораторных или натурных испытаний с использованием понижающих коэффициентов структурного ослабления.

Величина сцепления массива горных пород определяется по формуле



где: *С*о – сцепление в образце, МПа; *С*҆҆҆ ҆ – сцепление по контактам между блоками пород, МПа; *Н* – высота прибортового массива, м;  – средний размер элементарного структурного блока массива, ограниченного трещинами, м; *а* – коэффициент, зависящий от прочности породы в монолитном образце и степени и характера трещиноватости, таблица 8.6.

**Таблица 8.6** – Значения коэффициента *а* для различных пород

| Породы и характер трещиноватости | Сцепление в монолите, кг/см2 | *а* |
| --- | --- | --- |
| Слабоуплотненные и слаботрещиноватые песчано-глинистые отложения; сильновыветрелые, полностью каолинизированные Изверженные породы | 4 - 9 | 0,5 |
| Уплотненные песчано-глинистые породы, в основном нормальносекущей трещиноватости | 10 - 20 | 2 |
| Сильно каолинизированные изверженные породы | 30 - 80 | 2 |
| Уплотненные песчано-глинистые породы с развитой кососекущей трещиноватостью, каолинизированные изверженные породы | 30 - 80 | 3 |
| Средней прочности слоистые породы, преимущественно нормальносекущей трещиноватости | 100 - 150 | 3 |
| 150 - 170 | 4 |
| 170 - 200 | 5 |
| Прочные породы, преимущественно нормальносекущей трещиноватости | 200 - 300 | 6 |
| > 300 | 7 |
| Прочные изверженные породы с развитой кососекущей трещиноватостью | > 200 | 10 |

8. При расчетах устойчивости бортов карьеров и откосов уступов величины сцепления и углов трения по поверхностям ослабления принимаются исходя из совокупного анализа испытаний по естественным поверхностям ослабления (с или без заполнителя) и по распилу. Для расчетов устойчивости откосов уступов сцепление допускается принимать на основании результатов испытаний по распилу.

9. В зонах интенсивного ведения взрывных работ прочностные свойства массива горных пород и по поверхностям ослабления понижаются за счет раскрытия трещин.