

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«Физическая мезомеханика.
Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»,**

посвященная 90-летию со дня рождения
основателя и первого директора ИФПМ СО РАН
академика Виктора Евгеньевича Панина

в рамках
**Международного междисциплинарного симпозиума
«Иерархические материалы: разработка и приложения
для новых технологий и надежных конструкций»**

**5–9 октября 2020 года
Томск, Россия**

Томск
Издательство ТГУ
2020

DOI: 10.17223/9785946219242/51

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ОБРАЗЦОВ ПЕСЧАНИКА ПРИ СРЕЗЕ СО СЖАТИЕМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УГЛА НАПЛАСТОВАНИЯ И УГЛА ОРИЕНТАЦИИ ПЛОСКОСТИ СРЕЗА ОТНОСИТЕЛЬНО НАПЛАСТОВАНИЯ

Усольцева О.М., Цой П.А., Семенов В.Н.

Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, Новосибирск

Проведены исследования прочностных свойств при испытаниях на срез со сжатием (ГОСТ 21153.5-88) образцов песчаника с прослоями алевролита, имеющих ярко выраженную слоистую структуру. Породы с выраженным напластованием представляют особый интерес и были выбраны для испытаний в связи с тем, что, как показывает ряд исследований, одним из основных видов разрушения горного массива является сдвиг по плоскости ослабления. Это может быть, как поверхность трещиноватости, так и слой горной породы, прочность которой меньше, чем прочность смежных слоев. Для испытаний были использованы образцы со следующими значениями углов напластования: 1) группа образцов, для которой угол напластования Ψ изменялся в пределах $0^\circ \pm 5^\circ$ ($\Psi=0^\circ$, слои расположены параллельно оси образца); 2) группа образцов, в которой угол Ψ изменялся в пределах 40° - 50° ($\Psi=45^\circ$); 3) группа образцов, в которой угол Ψ изменялся в пределах $90^\circ \pm 5^\circ$ ($\Psi=90^\circ$). Для угла ориентации напластования относительно плоскости среза были выбраны следующие значения: $\Delta=0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$. Угол между плоскостью среза и направлением действия разрушающей силы, задаваемой прессом, составлял: $\Theta=15^\circ, 25^\circ, 45^\circ$. Для каждого вида испытаний с фиксированными значениями углов Ψ и Δ использовались по 3-4 образца.

Анализ характера деформирования образцов песчаника со слоистой структурой при срезе со сжатием позволил заключить, что прочностные характеристики определяются комбинацией угла напластования Ψ относительно оси образцов и угла напластования Δ относительно плоскости среза. Формы разрушения, соответственно, могут быть комбинацией следующих форм: разрушение растяжением поперек слабых слоев (нарушений сплошности); разрушение скольжением вдоль нарушений сплошности; расщепление растяжением вдоль нарушений сплошности.

На основании анализа полученных зависимостей «пределное касательное напряжение τ - нормальное напряжение σ » получены следующие закономерности деформирования:

- для образцов с углом напластования $\Psi=0^\circ$ угол Δ оказывает значительно более существенное влияние на характер разрушения, чем значения нормальных сжимающих напряжений. При $\Delta=0^\circ$ плоскость среза совпадает с ориентацией плоскостей ослабления породы, и разрушение происходит только за счет скольжения по плоскостям ослабления. Любое увеличение угла Δ приводит к увеличению влияния нормальных напряжений и повышению предела прочности на срез. Следовательно, к однотипному сдвиговому характеру разрушения при $\Delta=0^\circ$ добавляется поперечное разрушение через слои материала, которое становится доминирующим при $\Delta=90^\circ$;

- для образцов группы $\Psi=45^\circ$ наблюдается комбинированный характер влияния угла Δ и величины нормальных сжимающих напряжений на характер разрушения образцов. При увеличении угла Δ от 0° до 45° его влияние на величину предела прочности при срезе возрастает, а при дальнейшем увеличении от 45° до 90° - уменьшается. Основной формой разрушения является раскалывание вдоль плоскостей ослабления;

- для образцов с ориентацией углов напластования $\Psi=90^\circ$ характер сдвига не зависит от угла Δ , разрушение происходит насквозь через плоскости напластования и определяется только величиной нормальных сжимающих напряжений;

- для всех значений углов Ψ и Δ получены зависимости «пределное касательное напряжение τ - нормальное напряжение σ », построены эмпирические зависимости, осредненные для трех значений угла $\Delta=0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ (рис.1а, б, в). Анализ кривых « τ - σ » показал, что сцепление C_0 имеет тенденцию увеличиваться при увеличении угла напластования от $\Psi=0^\circ$ до $\Psi=45^\circ$, и далее - уменьшаться при увеличении Ψ от 45° до 90° ,

Секция 2. Неустойчивость, локализация деформации и разрушения в материалах с иерархической структурой

максимальное значение сцепления принимает при $\Psi=45^\circ$. Угол внутреннего трения φ уменьшается при увеличении Ψ от 0° до 45° и при дальнейшем его увеличении до 90° несколько увеличивается. Максимальное значение угол внутреннего трения φ принимает при $\Psi=0^\circ$. Однако, важно отметить, что эти эмпирические зависимости приведены для значений τ и σ , осредненных по трем значениям угла $\Delta=0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$, и отражают лишь общую тенденцию изменения предела прочности на срез при различных значениях нормального напряжения, но в каждом отдельном случае комбинации значений Ψ и Δ , разрушение может произойти как при больших, так и при меньших значениях τ ;

- построены зависимости величины сцепления C_0 для различных вариаций углов напластования Ψ и углов ориентации плоскостей напластования относительно плоскости среза Δ (рис. 2а, б), получены эмпирические зависимости C_0 от значений Ψ и Δ . Определены комбинации углов Ψ и Δ наиболее опасные для сдвигового разрушения горной породы. При значениях $\Delta=0^\circ$ (рис. 2а) при увеличении угла напластования Ψ от 0° до 45° величина сцепления C_0 возрастает, примерно, в 4,1 раза. При дальнейшем возрастании угла Ψ от 45° до 90° сцепление уменьшается в 1,05 раза. При значениях $\Delta=45^\circ$ (рис. 2б) при увеличении угла напластования Ψ от 0° до 45° величина сцепления C_0 возрастает, примерно, в 1,5 раза. При последующем возрастании угла Ψ от 45° до 90° сцепление уменьшается в 1,6 раза. При значениях $\Delta=90^\circ$ при увеличении угла напластования Ψ от 0° до 45° величина сцепления C_0 уменьшается, примерно, в 1,1 раза. При последующем возрастании угла Ψ от 45° до 90° сцепление возрастает в 1,3. Очевидно, что при $\Psi=90^\circ$ угол не влияет на величину сцепления.

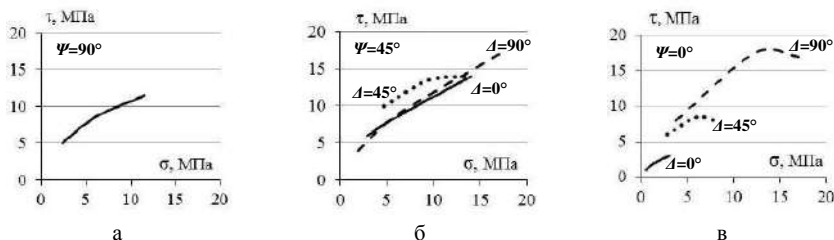


Рис. 1. Осредненные зависимости «предельное касательное напряжение τ - нормальное напряжение σ » для образцов песчаника различной ориентацией углов Ψ и Δ , $\Psi=90^\circ$ (а), $\Psi=45^\circ$ (б), $\Psi=0^\circ$ (в)

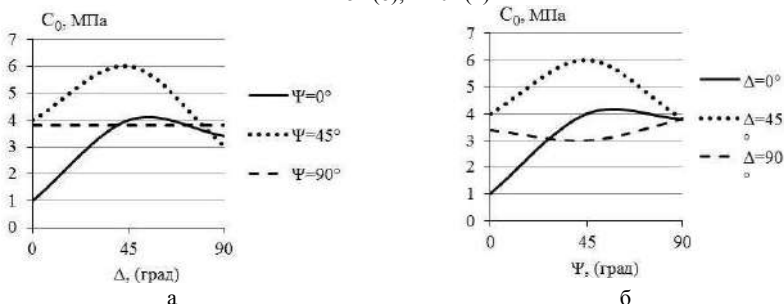


Рис. 2. Зависимости сцепления C_0 от значений углов Δ при различных углах напластования $\Psi=0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ (а) и - зависимость C_0 от значений углов напластования Ψ при различных углах $\Delta=0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ (б)

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-08-00915) на оборудовании ЦКП геомеханических, геофизических и геодинамических измерений СО РАН.