

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЛИНИСТОГО МАТЕРИАЛА- ЗАПОЛНИТЕЛЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ТРЕЩИН

Фалалеев Г.Н

Институт геомеханики и освоения недр НАН КР

Материал –песчано-глинистый заполнитель трещин, является наиболее слабым звеном по прочности в массиве трещиноватых горных пород. Несмотря на свою малую величину (толщину до 3-5 мм), он определяет степень устойчивости оползнеопасных склонов.

Аналогично этому работают тонкие прослойки галита, сильвинита и глинисто-ангидритового материала в соляном массиве, как это показано для Верхнекамского месторождения калийных солей в работе В.А. Асанова и И.Л. Панькова /1/.

Далее авторы на основании проведенных опытов и анализе данных установили, что для обработки кривых ползучести применима теория вязкопластического течения Бингама-Шведова.

Многими исследователями отмечалось, что материал- заполнитель тектонических трещин или ослабленные породы контактных зон проявляют повышенную способность к вязкопластическому деформированию и ползучести.

Для отработки методики определения реологических параметров предполагается изучить ползучесть при сдвиге суглинистых пород, как заполнителя тектонических трещин на контакте на одноплоскостном сдвиговом приборе П10-1с. Ниже кратко приводится методика определения реологических свойств суглинистых грунтов при сдвиге.

Для определения физико-механических свойств глинисто-песчаного заполнителя тектонических трещин были проведены испытания на сдвиг образцов с нарушенной структурой. Также предполагалось на искусственных образцах определять и реологические свойства заполнителя трещин

Надежность испытаний на длительную ползучесть обусловлена однотипностью свойств изготовленных образцов. Об однотипности искусственных образцов, имеющих одинаковые плотность, вещественный состав и влажность можно судить и по коэффициенту вариации для естественных образцов этот коэффициент превышает 30 % , что требует необходимость испытания более 9 образцов для получения расчетной количественной характеристики. это обстоятельство чрезвычайно осложняет длительные испытания горных пород. Для искусственных образцов при правильном их изготовлении коэффициент вариации составляет не больше 10% и позволяет ограничиться испытанием всего 2-3 образцов.

Методика проведения испытаний на ползучесть при сдвиге.

Методика испытаний на ползучесть предусматривает задание следующих уровней нагрузок: 95;90;85;80;70;60 и 50% от разрушающей нагрузки. Прежде всего определяют разрушающую сдвиговую нагрузку по схеме быстрого сдвига с целью получения характеристик условно-мгновенной прочности .

В ходе опытов фиксируется развитие деформаций образцов пород во времени. Деформации образцов в течение всего срока испытания измеряют индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм. Отсчеты по индикаторам ведутся через следующие промежутки времени: первые десять мин. ежеминутно, затем через 5, 10, 20 мин. по четыре отчета. Следующие отчеты в первые сутки делают через час. После окончания периода интенсивного развития деформаций ползучести замеры производят один раз в сутки.

Если же наступает период ускоренной ползучести, последовательность промежутков времени между последующими отсчетами принимают обратной периоду затухающей ползучести. Однако число отсчетов через равные промежутки времени будет зависеть от интенсивности развития деформаций ползучести.

Результаты испытаний глинистых грунтов на ползучесть при нагрузках, не превышающих 60% от разрушающих, используют для установления закономерностей затухающей ползучести и ее параметров. Исходным материалом для этого служат семейства кривых ползучести, построенные в координатах "деформация – время", изохронные кривые в координатах "напряжение – деформация" и реологические кривые в координатах "скорость деформации ползучести – напряжение".

Результаты испытаний

Для определения реологических свойств суглинистых грунтов были проведены испытания на сдвиговую ползучесть образцов лессовидных суглинков из оползнеопасного района юга Кыргызстана. Основные водно-физические характеристики этого грунта: влажность -15,3 %,объемная масса -1860 кг/м³, пористость-40%.

Сдвиговые нагрузки прикладывали ступенчато с выдерживанием до условной стабилизации деформаций ползучести. Вертикальные нагрузки оставались постоянными в течение всего периода испытаний.

По данным испытаний были построены графики ползучести при ступенчатом приложении сдвигающих нагрузок (Рисунок 1).

Для наглядности эти графики были перестроены в графики семейств кривых ползучести, совмещенные с началом координат (Рисунок 2).

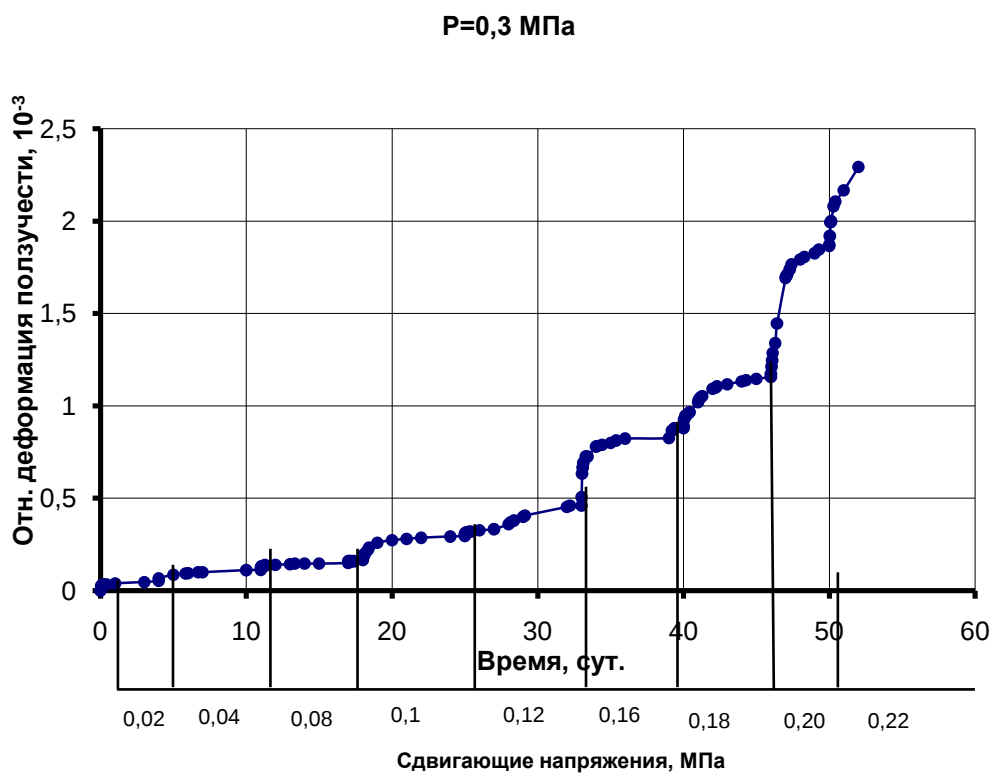


Рис .1.Ступенчатая ползучесть суглинистого грунта при сдвиге при вертикальном давлении $P=0,3 \text{ МПа}$

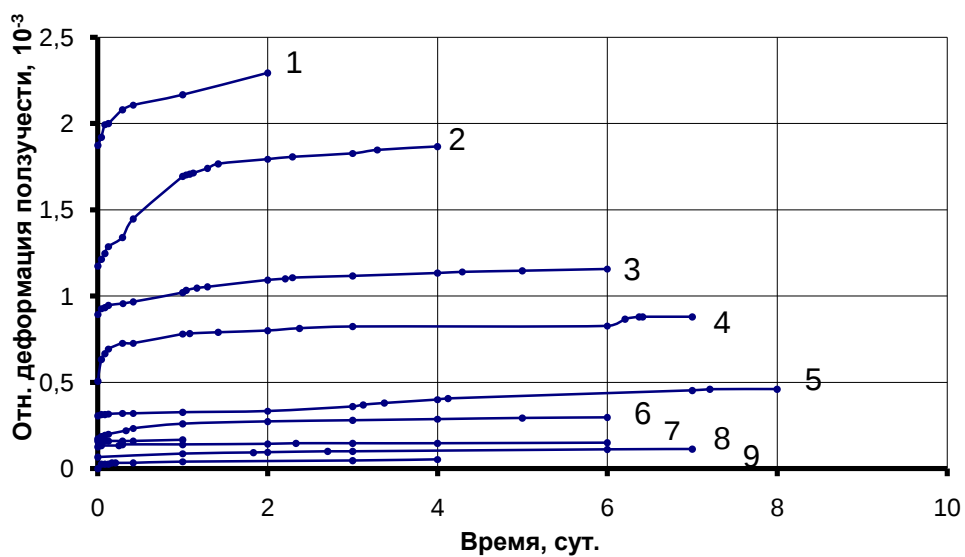


Рис. 2 Совмещенные кривые ползучести суглинистого грунта при ступенчатом приложении сдвигающих нагрузок. При: 1- $T=0,2 \text{ МПа}$; 2- $T=0,18 \text{ МПа}$; 3- $T=0,16 \text{ МПа}$; 4- $T=0,12 \text{ МПа}$; 5- $T=0,1 \text{ МПа}$; 6- $T=0,08 \text{ МПа}$; 7- $T=0,06 \text{ МПа}$; 8- $T=0,04 \text{ МПа}$; 9- $T=0,02 \text{ МПа}$

Дальнейшей обработкой их при различных постоянных вертикальных нагрузках были составлены таблицы скоростей пластического течения и получены реологические кривые. (рисунки 3-4)

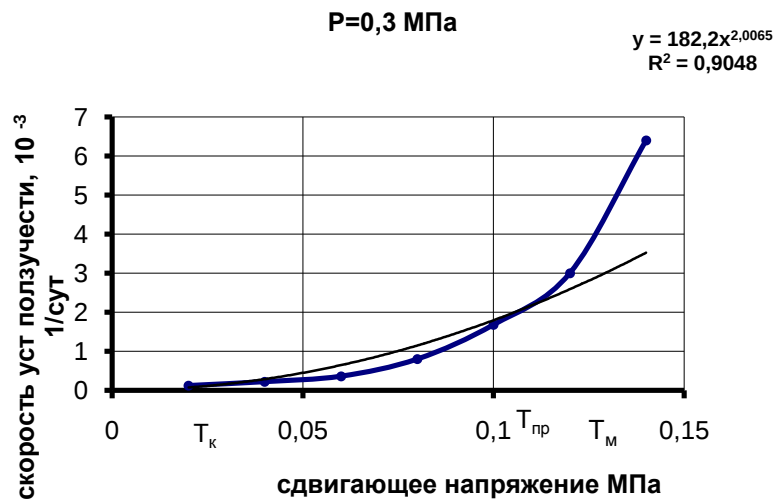


Рис. 3 -Зависимость скорости относительной деформации сдвига от сдвигающих напряжений при вертикальном давлении $P=0,3$ МПа

На этих кривых можно выделить ряд характерных участков. Начальный участок $0 - \tau_k$ этой кривой соответствует нулевой скорости деформаций $dj/dt = 0$ при $\tau = 0,005$ МПа. Это весьма узкий интервал напряжений, который можно рассматривать как область условно-упругих деформаций, в которой вязкость течения предельно высока и на несколько порядков превышает вязкость на соседнем участке $\tau_k - \tau_{пр}$. Существующие в грунте структурные связи сохраняются ненарушенными.

В пределах линейного участка $\tau_k - \tau_{пр}$ на реологических кривых $dj/dt - f(\tau)$ глинистых грунтов это течение характеризуется постоянной и наибольшей вязкостью. Величина этой вязкости определяется по формуле:

$$\eta_{max} = (\tau - \tau_k) / dj/dt. \quad (1)$$

В пределах этого участка структурные связи конденсационно-кристаллизационного типа необратимо нарушаются; степень их нарушения зависит от величины приложенных нагрузок – чем больше

нагрузка, тем сильнее нарушены связи. Связи же коагуляционного типа (ван-дер-ваальсовы и электростатические) хотя и тоже нарушаются, но одновременно восстанавливается эквивалентное количество связей новых.

Непрерывное разрушение и образование коагуляционных связей при медленном установившемся течении без нарушения сплошности структуры грунта рассматривается в литературе как пластическая вязкость/2/. Пластическая вязкость численно равна котангенсу угла наклона линейного участка реологической кривой к оси абсцисс. Ее значение определяется по формуле, выражающей реологическую модель Бингама-Шведова.

$$\tau - \tau_m = \eta_{пл} dj/dt. \quad (2)$$

Возвращаясь к анализу реологической кривой на рисунке 3 можно видеть, что в пределах участка $\tau_{пр} - \tau_m$ зависимость криволинейно загибается вверх. Это указывает на то, что в пределах него вязкость пластического течения уменьшается, но при напряжениях τ больше τ_m вновь приобретает линейный характер. Следовательно на этом участке вновь имеет место пластическое течение с постоянной, но уже наименьшей вязкостью, определяемой по формуле:

$$\eta_{мин} = (\tau - \tau_{пр}) / dj/dt, \quad (3)$$

где: $\tau_{пр}$ – условный динамический предел текучести, определяемый на графике $dj/dt - f(\tau)$, как точка пересечения с осью напряжений продолжения второго линейного участка реологической кривой.

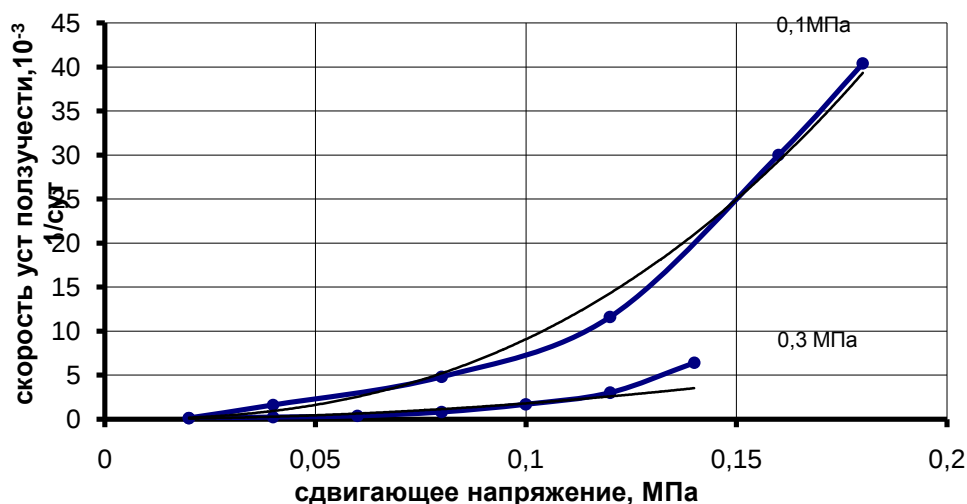


Рис . 4 Зависимость скорости относительной деформации сдвига от сдвигающих напряжений при различных вертикальных давлениях

Из рисунка 4 видно, что и на остальных кривых $dj/dt - f(\tau)$, построенных при меньших вертикальных нагрузках P , также отмечаются два линейных участка с переходным криволинейным участком между ними. Указанный характер этих кривых типичен для связных глинистых грунтов различной плотности и влажности. Так же из этого рисунка можно оценить величину динамического предела текучести, который составил соответственно для вертикального давления 0,1 МПа - 0,002 МПа ; для 0,3 МПа - 0,012 МПа.

Реологические параметры уравнения Бингама- Шведова , вычисленные по формулам (1-3) для различных вертикальных давлений сведены в таблицу.

Таблица.- Показатели реологических свойств суглинистых грунтов

№ п/п	Вертикально е давление, МПа	Предел текучести МПа	Вязкость, Па.с	
			наибольшая	наименьшая
1	2	3	4	5
1	0,1	0,002	$5,8 \cdot 10^{10}$	$5,5 \cdot 10^9$
2	0,2	0,005	$7,6 \cdot 10^{11}$	$1,3 \cdot 10^{10}$
3	0,3	0,012	$2,2 \cdot 10^{12}$	$1,8 \cdot 10^{11}$

ВЫВОДЫ

1. Для описания кривых ползучести суглинистых грунтов при сдвиге - как заполнителя трещин, применима теория вязкопластического течения Бингама-Шведова.
2. При ступенчатом приложении сдвигающих нагрузок при постоянном вертикальном давлении скорость ползучести растет по мере увеличения сдвигающего напряжения и уменьшается с повышением нормального давления.
3. Пластическая вязкость суглинистых грунтов при увеличении сдвигающих нагрузок от 0,02 МПа до 0,22 МПа уменьшается от 10^{12} до 10^9 Па.с, то есть на 3 порядка.
4. Предел текучести суглинистых грунтов с увеличением вертикального давления от 0,1 МПа до 0,3 МПа увеличивается от 0,002 МПа до 0,012 МПа, то есть в 6 раз.

ЛИТЕРАТУРА

1. И.Л. Паньков, В.В. Аникин. Моделирование процесса сдвига по глинистому прослою при различных скоростях нагружения. // Геодинамика и напряженное состояние недр Земли. Новосибирск : изд ИГД СО РАН, 1999.
2. П.А. Ребиндер. О природе пластичности и структурообразовании в дисперсных системах. Изд-во АН СССР, 1966 .