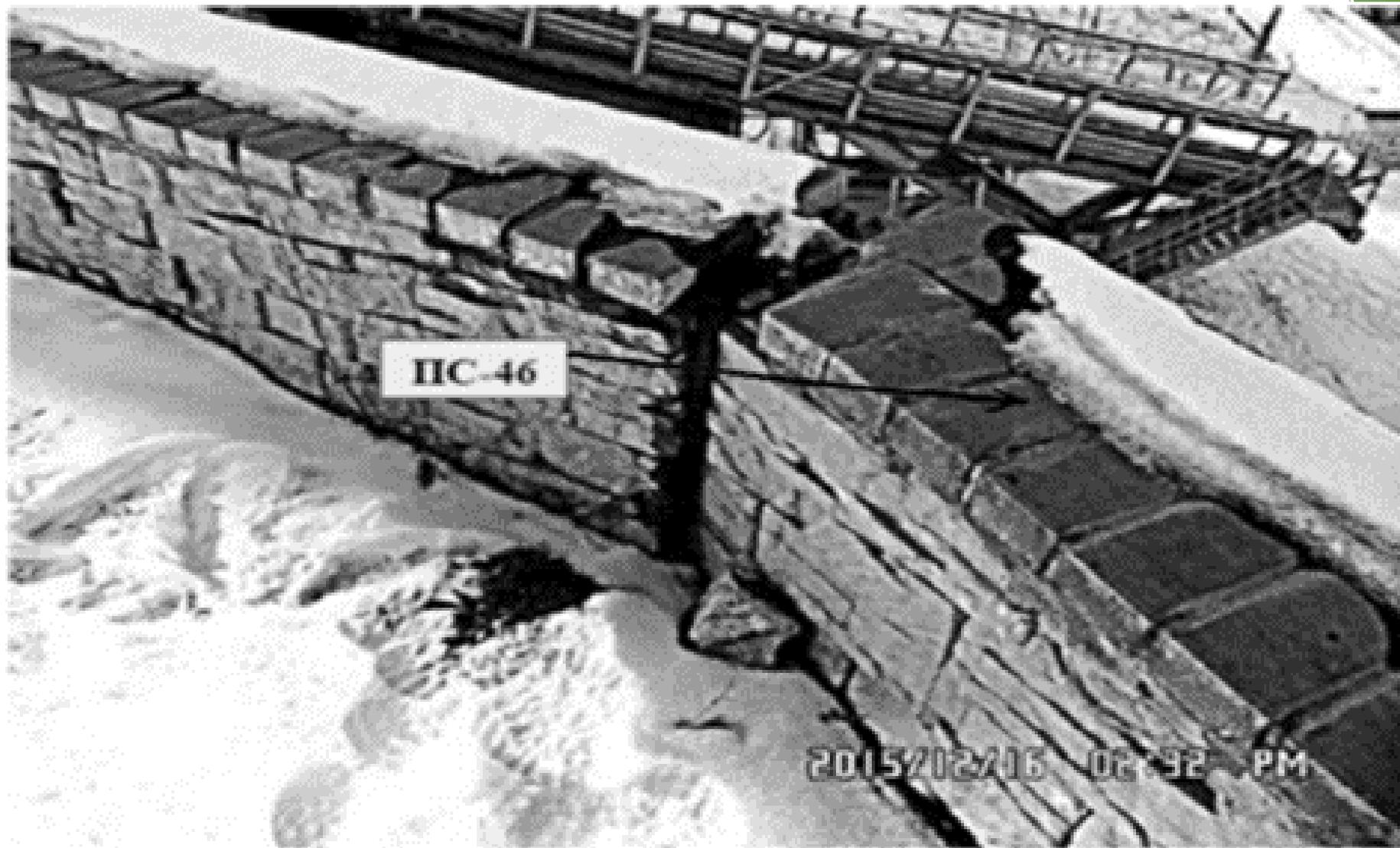


# Влияние напряженно- деформированного состояния просадочного грунта на устойчивость подпорной стены

Жамбакина З.М., Козюкова Н.В., Сарсенова Г.О.

Рассматриваемая площадка для исследования влияния склона на подпорные стенки, расположена в Алматинской области у подножия гор Алатау. Имеющиеся абсолютные отметки поверхности земли колеблются в пределах от 916,0 до 985,835 м, что составляет перепад 69,835 м. В геолого-литологическом строении принимают участие нижнечетвертичные эоловые отложения, представленные лессовидными просадочными суглинками (QI), а также верхнечетвертичные аллювиально-пролювиальные отложения (арQIII), представленные галечниковыми грунтами, перекрытыми суглинками и современным почвенно-растительным слоем (QIV). Суглинки(QI) буровато-серого цвета, до глубины 21,0 м просадочные, ниже непросадочные. Суглинки(QI) вскрыты до глубины 40,0 м.

Галечниковые грунты с песчаным заполнителем вскрыты в северной части участка и характеризуются следующим содержанием фракций: валунов 10-15%, гальки 50-55%, гравия 10-15%, заполнителя 15-20%.



**Рис 1. Дефектная конструкция подпорной стенки**

**В результате инструментального обследования склонов и подпорных стен из монолитного железобетона и водоотводных систем, выявлены многочисленные дефекты, допущенные в процессе проектирования, которые влекут угрозу безопасной эксплуатации автомобильной дороги и сооружения. Монолитные железобетонные подпорные стены с облицовкой из природного камня высотой от 4,0-20,0 м, шириной 0,6 м опираются на плиты размерами 1,2 x 2,40 м. Имеют жесткое защемление со свайными фундаментами. Склон откоса в течение года подвержен воздействию атмосферных и паводковых вод. Выявленные дефекты указывают на недопустимые трещины и наклон подпорных стен вдоль автомобильной дороги**

При водонасыщении в просадочных грунтах возникает искомое напряжённое состояние, которое в значительной степени отличается от начального. Рассмотрена плоская задача в упруго-пластической постановке с использованием модели Кулона-Прандтля, предполагающая упругое поведение среды при напряжениях ниже предела текучести и равнообъемное (с нулевой дилатансией) пластическое течение при напряжениях на пределе текучести. Напряжения на пределе текучести описываются уравнением

$$\sigma_{\max} = S + \lambda \sigma_{\min}$$

где  $\lambda = \operatorname{ctg} 2(\pi / 4 - \phi / 2)$  - коэффициент пассивного давления грунта;  $S = 2 C \operatorname{ctg}(\phi / 4 - \pi / 2)$  - предел прочности при одноосном сжатии;  $\sigma_{\max}$ ,  $\sigma_{\min}$  - максимальное и минимальное главные напряжения.

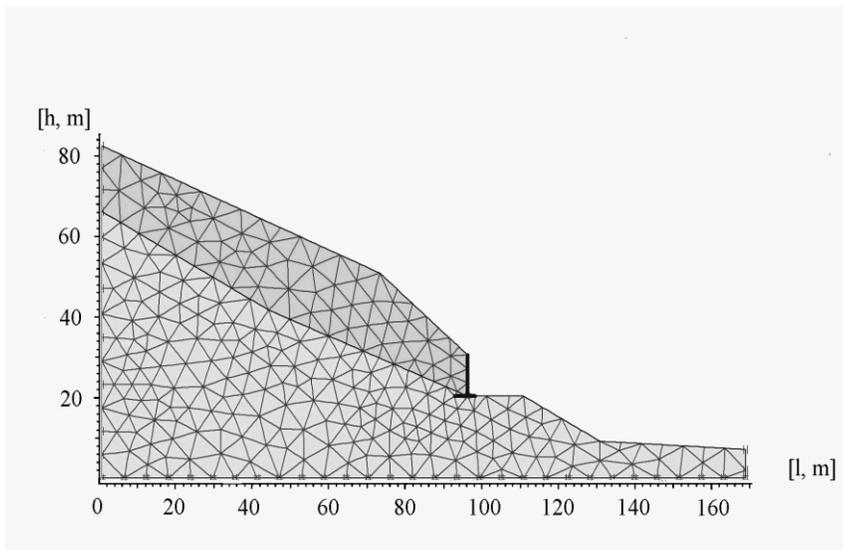
В области растяжения критерий текучести (разрыва) имеет вид:

$\sigma_{\min} = -T,$

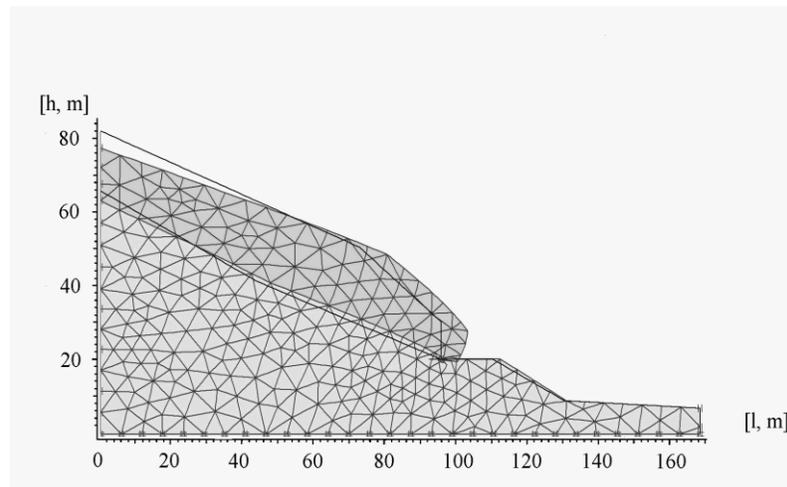
где  $T$  - прочность на растяжение, принимаемая в программе, равной  $C/5$ .

После возникновения разрыва при напряжении  $\sigma = -C/5$ , в дальнейшем анализе прочность элемента на растяжение принимается равной нулю ( $T=0$ ).

Модель упруго-пластического решения реализована методом конечных элементов и достигается известным способом "начальных напряжений" с использованием итерационной процедуры Ньютона-Рафсона с неизменной матрицей жесткости, но с переменным вектором нагрузок, пополняемым в ходе итерационного процесса "начальными силами" в пластических элементах. Погрешность в результате расчёта МКЭ складывалась из погрешности дискретизации, обусловленной заменой тела, обладающего бесконечным числом степеней свободы, моделью с конечным числом степеней свободы, и погрешности округления чисел при выполнении вычислительных операций на ЭВМ



**Рис.2 Расчетная схема**



**Рис.3 Механизм деформирования**

**В результате численного анализа поставленной задачи по расчетной схеме (рисунок 2) и механизмом деформирования (рисунок 3) получены: искажения конечно-элементной сетки (рисунок 4), горизонтальные и общие деформации склона при изменении расчетных характеристик просадочных грунтов (рисунки 5 и 6)**

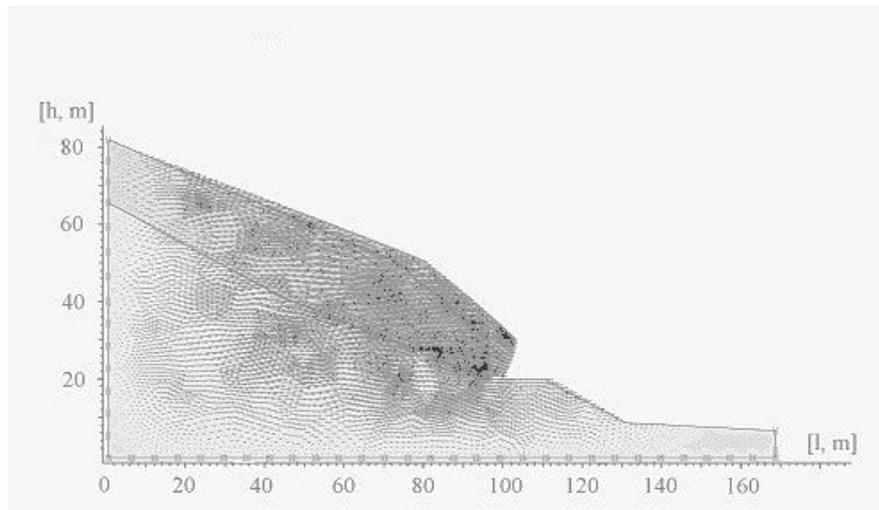


Рис.4 Горизонтальные деформации

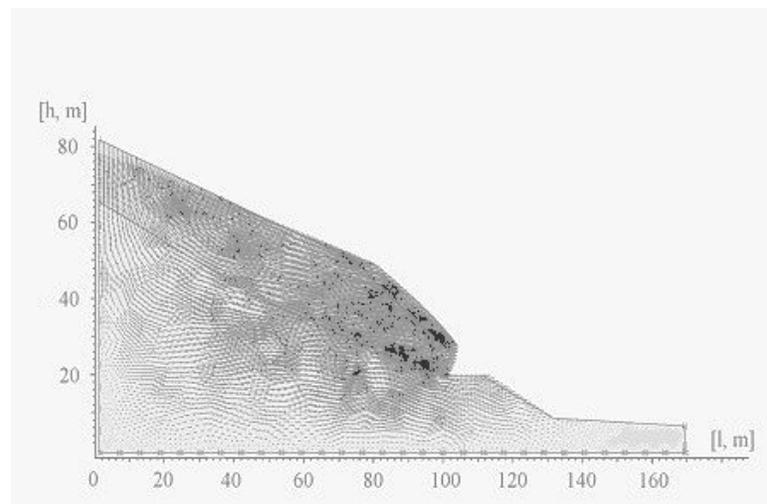


Рис. 5 Общие деформации

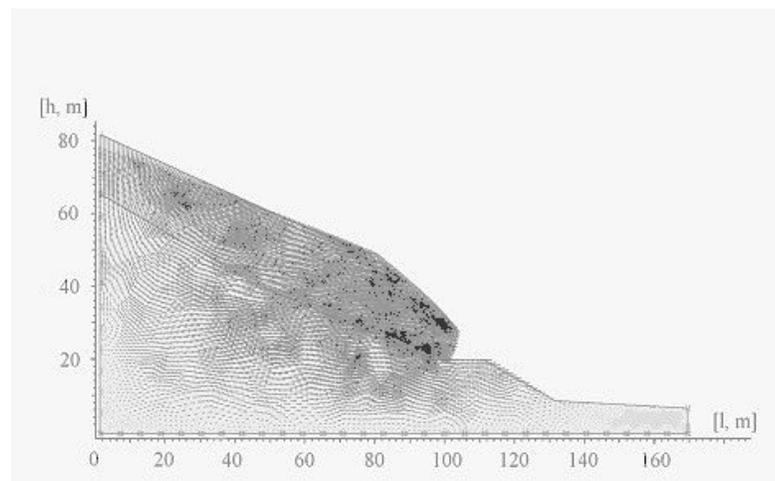


Рис.6 Горизонтальные напряжения

а также изолинии максимальных горизонтальных (сдвиговых) напряжений (рисунок 7) и траектории движения частиц просадочных грунтов (рисунок 8) при изменении напряженно-деформированного состояния откоса на подпорную стену.

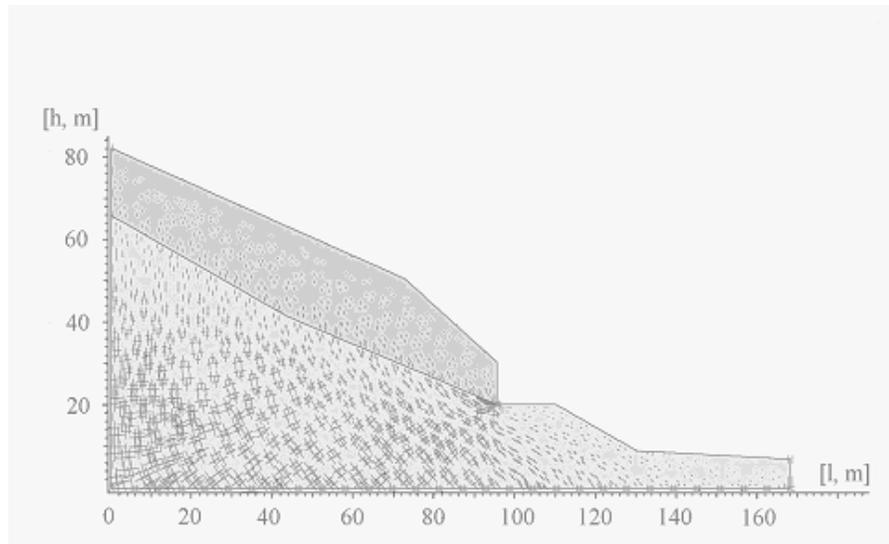


Рис. 7 Траектории движения частиц грунта

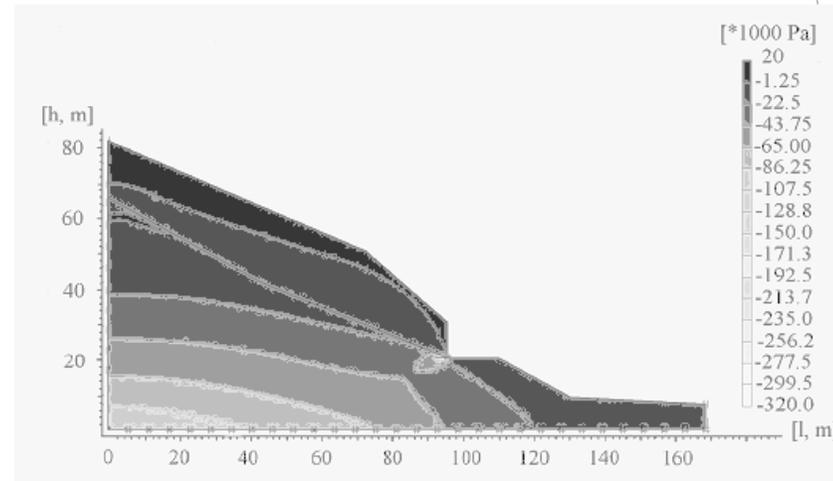


Рис. 8 Изолинии максимальных сдвиговых напряжений

Траектории движения частиц просадочных грунтов при изменении напряженно-деформированного состояния откоса на подпорную стену показывают, что движение частиц грунта происходит на границе просадочных и непросадочных суглинков. Расчеты численным методом показывают, что подпорная стена на склоне откоса, сложенного просадочными грунтами, является не устойчивой и скольжение грунта происходит только в слоях просадочных грунтов склона.

Вывод. Согласно результатам компрессионных испытаний суглинки, залегающие до глубины 15,5-21,0 м, при замачивании проявляют просадочные свойства. Начальное просадочное давление изменяется от 0,028 до 0,361 МПа (0,112). Расчеты показывают, что величина суммарной просадки составляет 8,8-73,51 см. Расчёты устойчивости подпорных стен вдоль автомобильной дороги, расположенной у склона откоса, проведенные численными методами показали, что в водонасыщенном состоянии, откос является оползневым, наиболее опасными являются зоны развития максимальных горизонтальных деформаций у подпорных стен, обусловленные сдвиговыми деформациями склона откоса.