

УДК 69.05:658.562:728.1

НЕЛИНЕЙНАЯ МОДЕЛЬ СКЛОНОВ ОДЕССКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ

Гришин В.А., Дорофеев В.С., Мартынов Г.А. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

В статье рассматривается вариант нелинейной модели грунтовой деформируемой среды, который применяется для расчета склонов Одесского побережья.

К настоящему времени по описанию, анализу и расчету склонов и связанных с ними оползневыми процессами опубликовано большое количество работ. Так, до 1970 г. только на русском языке было издано свыше 2000 статей и монографий, а за 1961...1971 гг. указатель литературы, изданный ВСЕГИНГЕО в 1972 г. содержит 1065 публикаций 691 автора. Также выполнено большое количество научных исследований. Например, только за период 1960...1985 гг. защищено 26 докторских и 74 кандидатских диссертаций. В опубликованных работах в основном грунт склонов рассматривается как сплошная несжимаемая среда, прочность которой подчиняется известному закону Кулона, и проявляется только одновременно во всех точках поверхности сдвига. Применительно к такой постановке вопроса были разработаны два направления решения задач устойчивости склонов: 1) методы, базирующиеся на теории предельно напряженного состояния грунта, 2) методы, основанные на использовании модели отвердевшего отсека обрушения грунта. Оба эти подхода не подтверждают наблюдаемые в натуре разрушения склонов. Их критика и недостатки приведены во многих работах, например [1, 2, 3, 4]. Некоторые новые модели, основанные на других предпосылках, были предложены в [4]. Справедливыми и в настоящее время можно считать слова, сказанные основоположником механики грунтов проф. К. Терцаги на IV Международном конгрессе в 1957 г. «Во многих случаях оказывается невозможным оценить степень устойчивости склона в оползневом отношении раньше, чем произойдет сам оползень». Все это свидетельствует о больших трудностях и недостаточно изученных закономерностях движения в оползневых процессах.

Предложенная здесь расчетная модель склонов, базируется на более совершенной теории грунтовых сред. Она позволяет учесть не только прочностные свойства грунтов, но и определять, что очень важно, де-

формации склонов. В этой модели учитываются такие реальные свойства грунтов, как упругость, пластичность, вязкость и неоднородность. Деформирование и устойчивость склонов рассматриваются как динамический процесс, позволяющий с единых позиций определять как напряженное, так и деформированное их состояние. Следовательно, расчеты по двум группам предельных состояний, рекомендованные в СНиПах, выполняются одновременно в одном решении. Теоретические исследования по предлагаемым моделям грунтовых сред и полученные для них расчетные формулы изложены в монографии [5], они довольно сложны, реализованы в виде программного комплекса, даже краткое их описание значительно увеличит объем статьи и поэтому здесь не приводятся.

Рассматривается один из уположенных Одесских склонов. Для реконструкции здания концертно-развлекательного комплекса необходимо выполнить его подрезку. Требуется установить, не нарушит ли такая перестройка склона его устойчивость, и каким образом предотвратить образование возможного оползня.

Было рассмотрено два варианта выполнения указанной работы. Первый вариант предусматривает в процессе подрезки склона сооружение откоса под углом 45 градусов. Меньший угол, как показали в дальнейшем расчеты, приводит к его обрушению. Второй вариант предусматривает вначале устройство стенки в грунте с анкерной обшивкой, а затем подрезку склона, а затем его загрузку нагрузкой от возводимого сооружения. Такой подход, в отличие от первого, не вызывает разрушение участка земли за стенкой. Расчетные схемы этих двух рассмотренных вариантов показаны на рисунках 1 и 2.

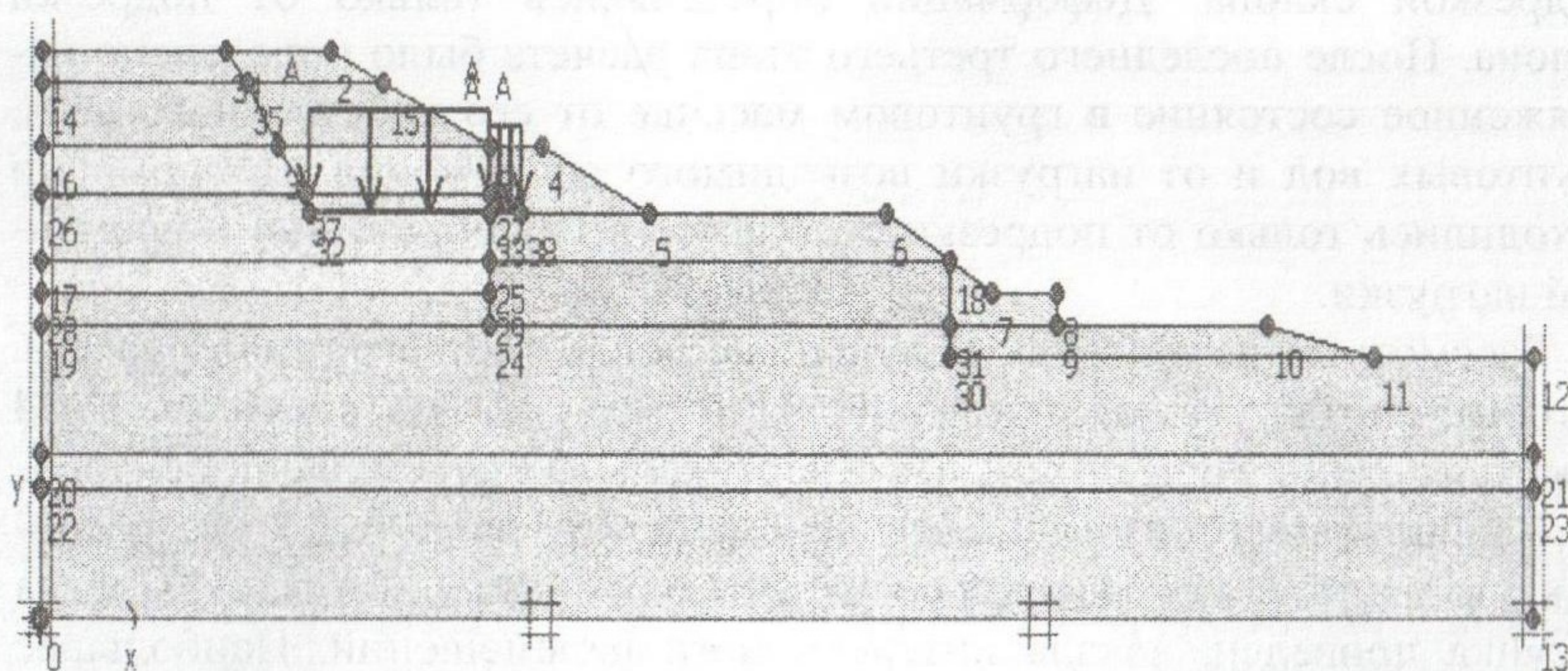


Рисунок 1. Расчетная схема, вариант 1

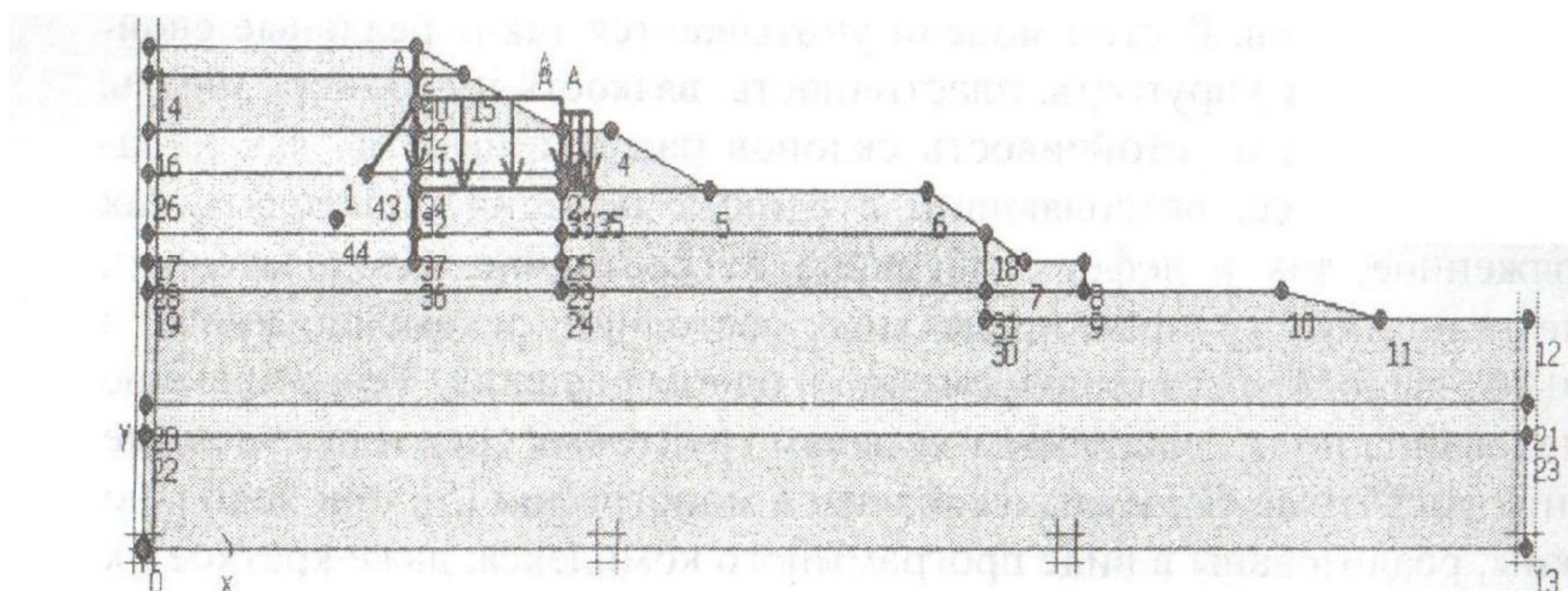


Рисунок 2. Расчетная схема, вариант 2

Расположение слоев грунта и грунтовых вод, их механические характеристики определялись по геологическим разрезам склона и на основании данных, полученных при бурении скважин.

Вначале рассмотрим исследования, выполненные по первому варианту. Расчет производился по этапам, которые отражали последовательность производства работ. На первом этапе склон находился под воздействием только нагрузки от собственного веса грунта и от грунтовых вод. В результатах расчета для последующих этапов учитывалось только напряженное состояние в грунтовом массиве, деформации принимались равными нулю, что отвечало естественному состоянию склона на время начала строительства. Второй этап учитывал подрезку склона. По окончании расчета по этому этапу определялось напряженное состояние, полученное по расчету на первом этапе и вызванное подрезкой склона. Деформации определялись только от подрезки склона. После последнего третьего этапа расчета было определено напряженное состояние в грунтовом массиве от его собственного веса, грунтовых вод и от нагрузки возводимого сооружения. Деформации находились только от подрезки склона, от веса сооружения и временной нагрузки.

Рассмотрим результаты, полученные после третьего этапа расчета, которые соответствуют окончанию строительства. На рисунках 3 и 4 показаны схемы горизонтальных и вертикальных перемещений склона.

Наибольшие горизонтальные перемещения, равные 1,7 см, расположены у основания откоса и совпадают с направлением оси x . Справа рисунка приведена шкала интенсивности перемещений. Наибольшее значение вертикальных перемещений равно -11,15 см, оно расположено около правого края приложения нагрузки от сооружения и направлено в обратную сторону от оси y , т. е. вниз.

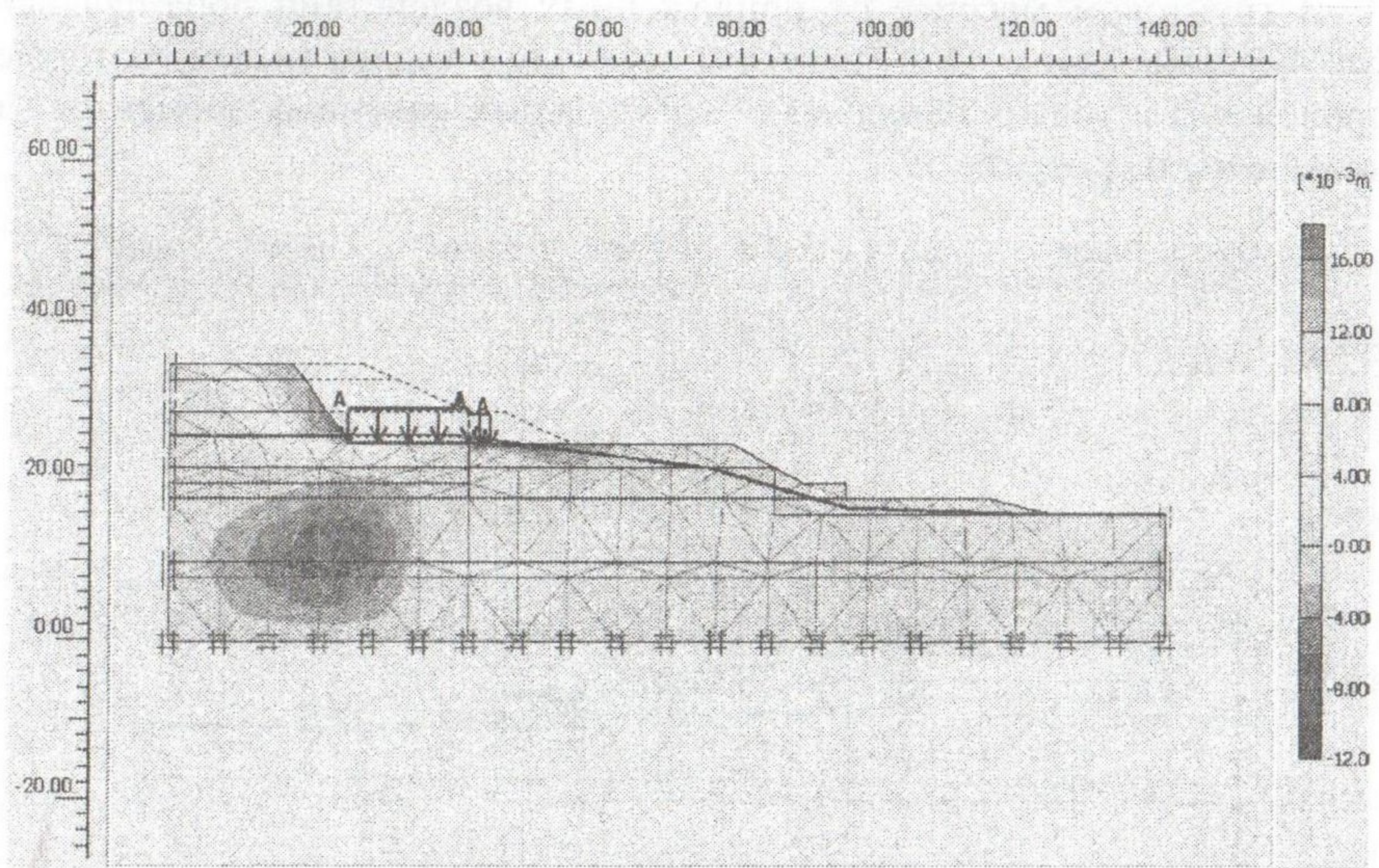


Рисунок 3. Схема горизонтальных перемещений склона

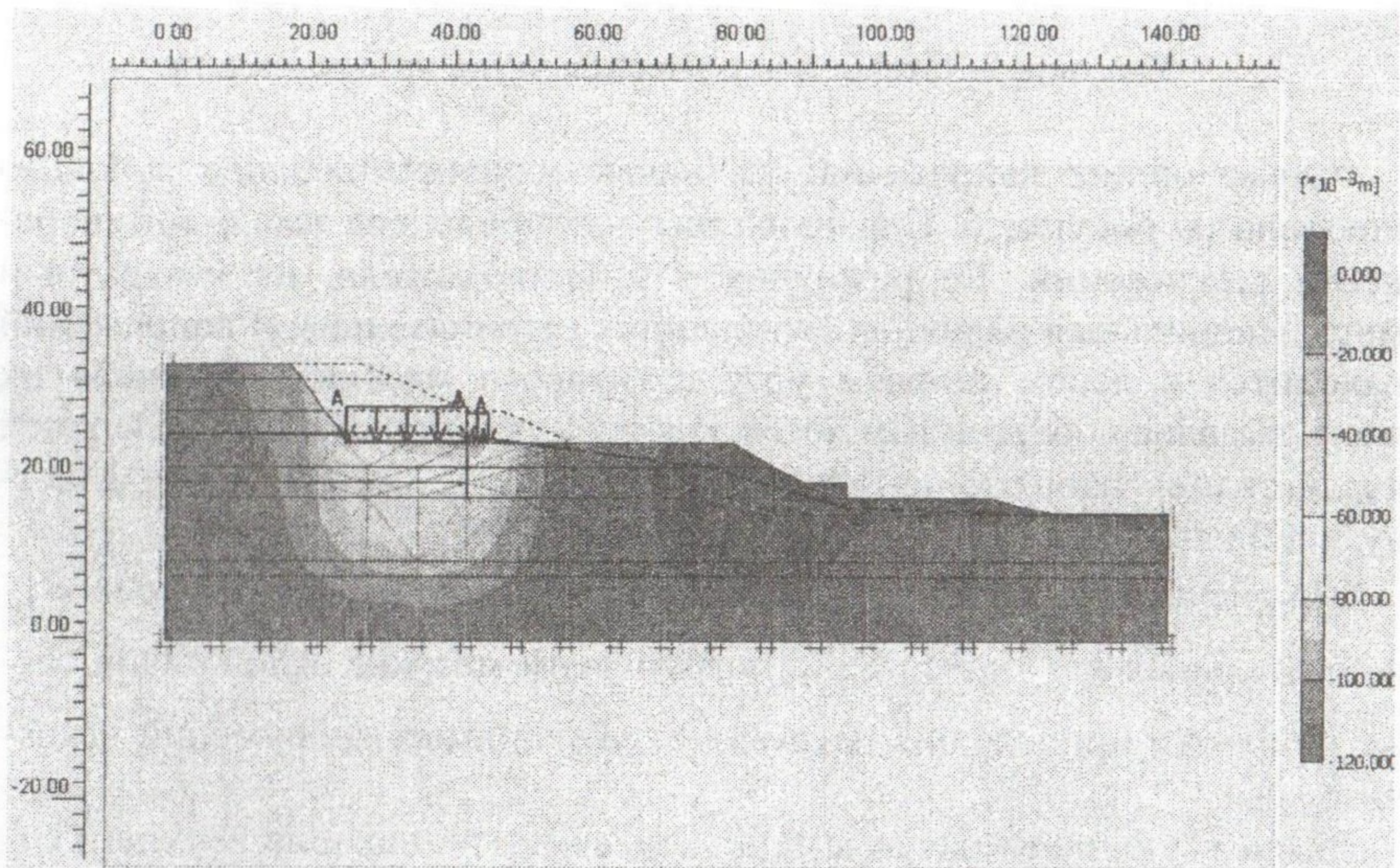


Рисунок 4. Схема вертикальных перемещений склона

В грунтовом массиве от приложенных воздействий образовались пластические зоны. Они показаны красными квадратиками, которые приложены в точках напряжений треугольных конечных элементов, и приведены на рисунке 5.

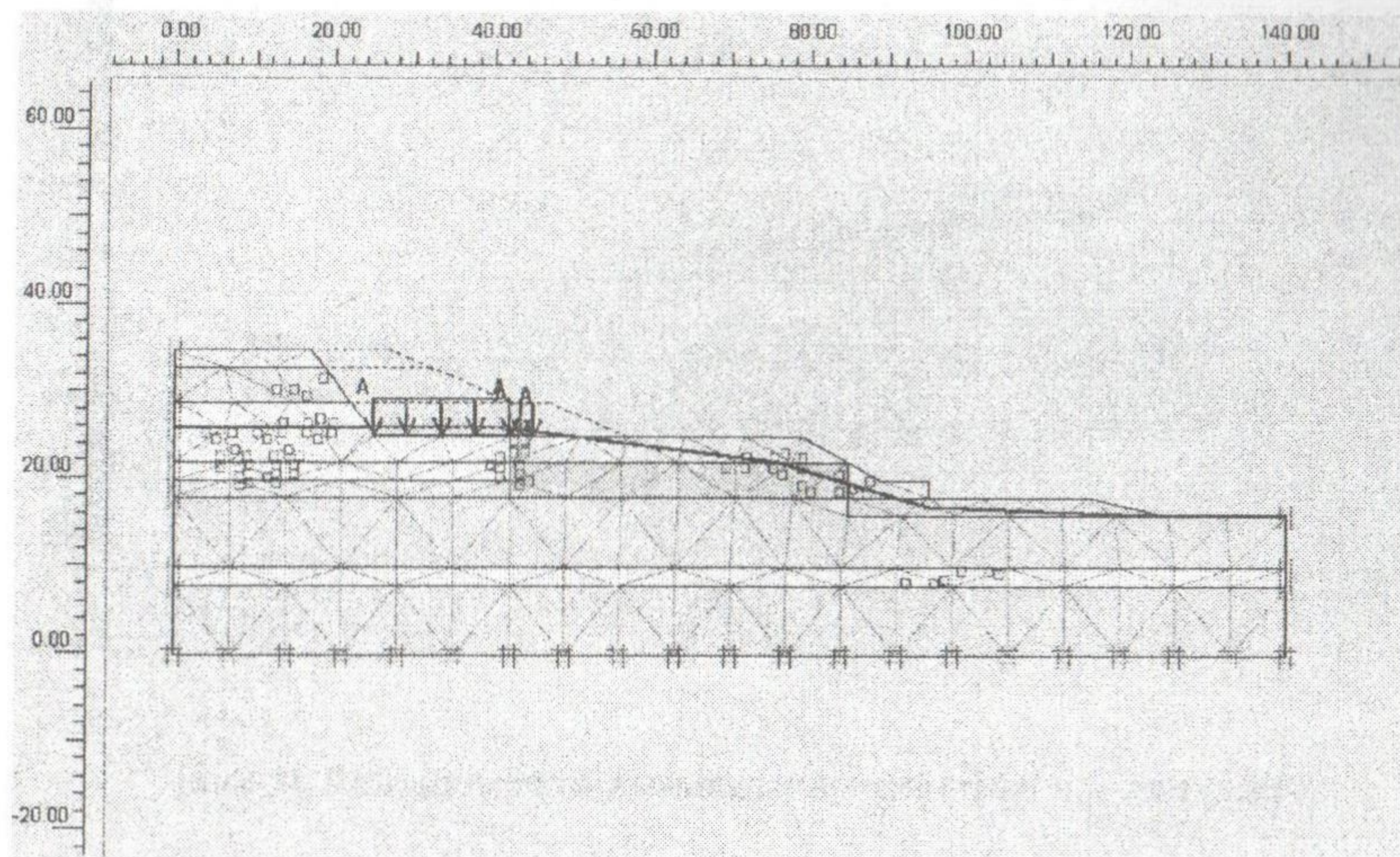


Рисунок 5. Схема пластических зон в грунте склона

Схема общих напряжений (активные напряжения плюс поровые) показана на рисунке 6. Справа на рисунке приведена шкала интенсивности напряжений. Ее размерность в киллоньтонах на квадратный метр. Наибольшая величина сжимающих (отрицательных) напряжений находится в левом нижнем углу грунтового массива. Основная их часть вызвана собственным весом грунта и грунтовой воды. В верхней части склона напряжения незначительные по величине, а под действующей нагрузкой они в грунте равны -70 кН/м^2 .

На рисунках 7 и 8 показаны соответственно схемы нормальных σ_{yy} и касательных σ_{xy} напряжений в грунтовом массиве склона. Они также в области приложения нагрузки от возводимых сооружений незначительны.

Были выполнены расчеты при меньшем угле наклона верхнего откоса склона. Они показали, что в этом случае склон разрушается, следовательно, уменьшение угла наклона этого откоса недопустимо.

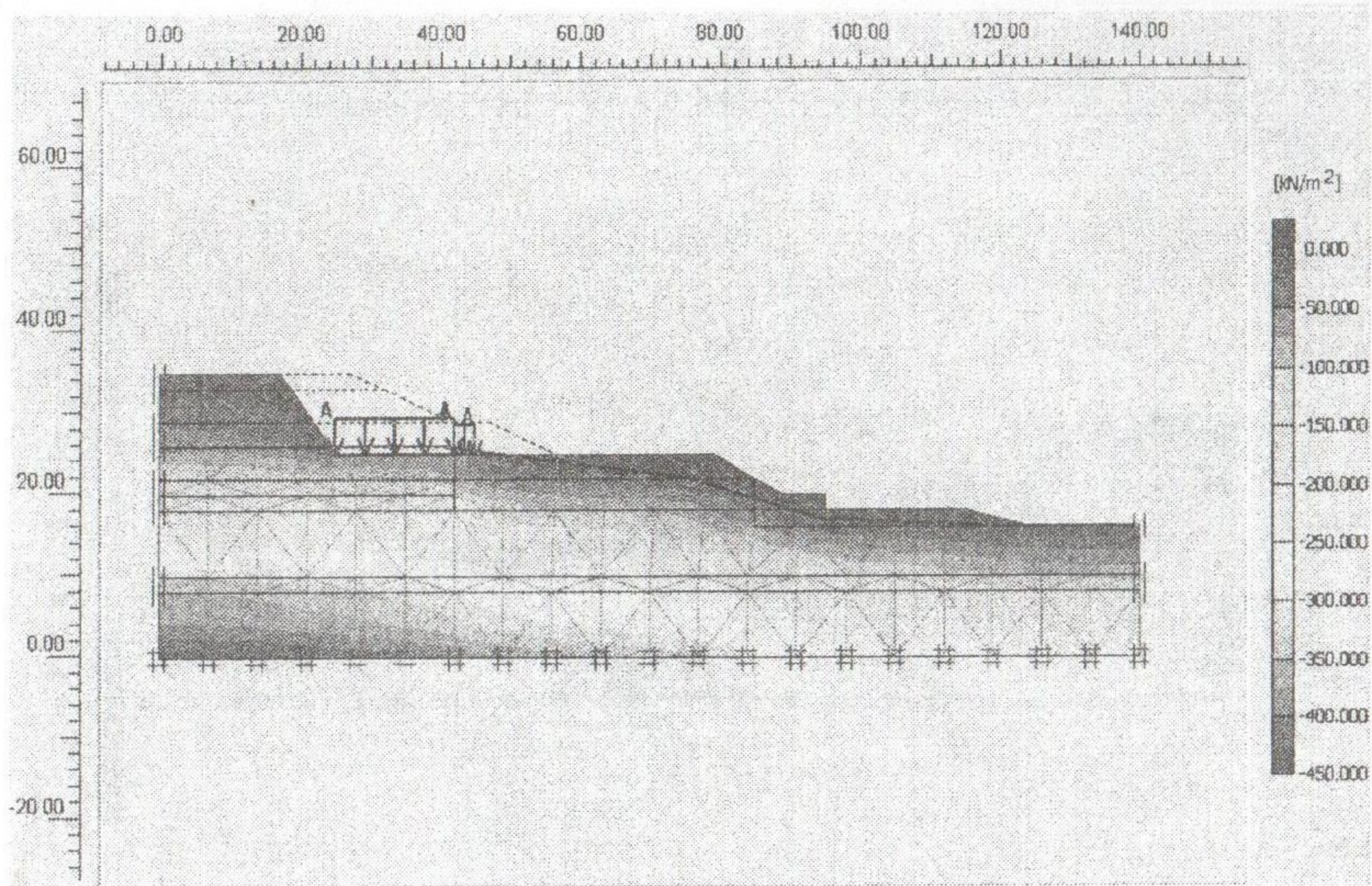


Рисунок 6. Схема общих напряжений в грунте склона

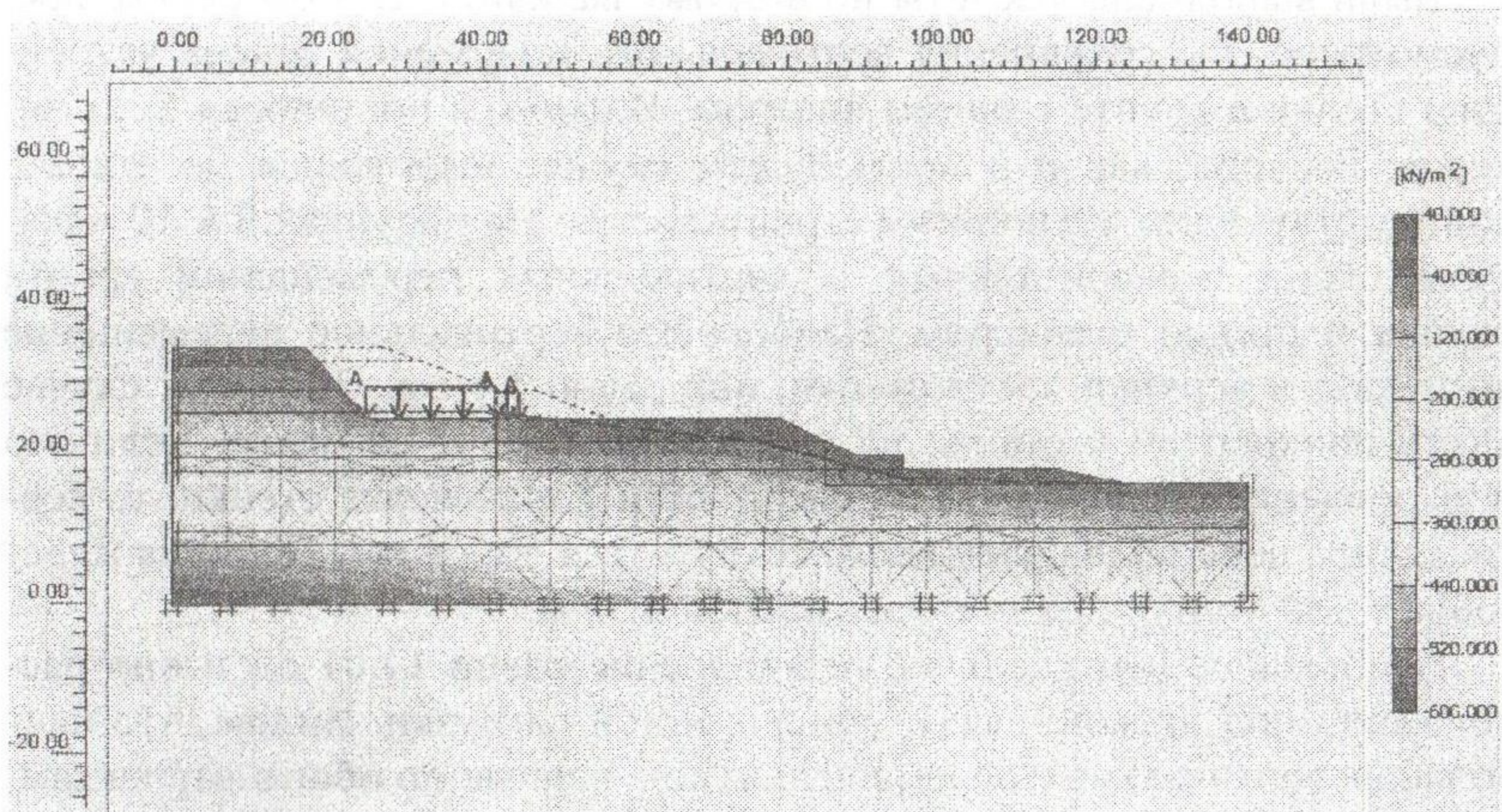


Рисунок 7. Схема нормальных напряжений в грунте склона

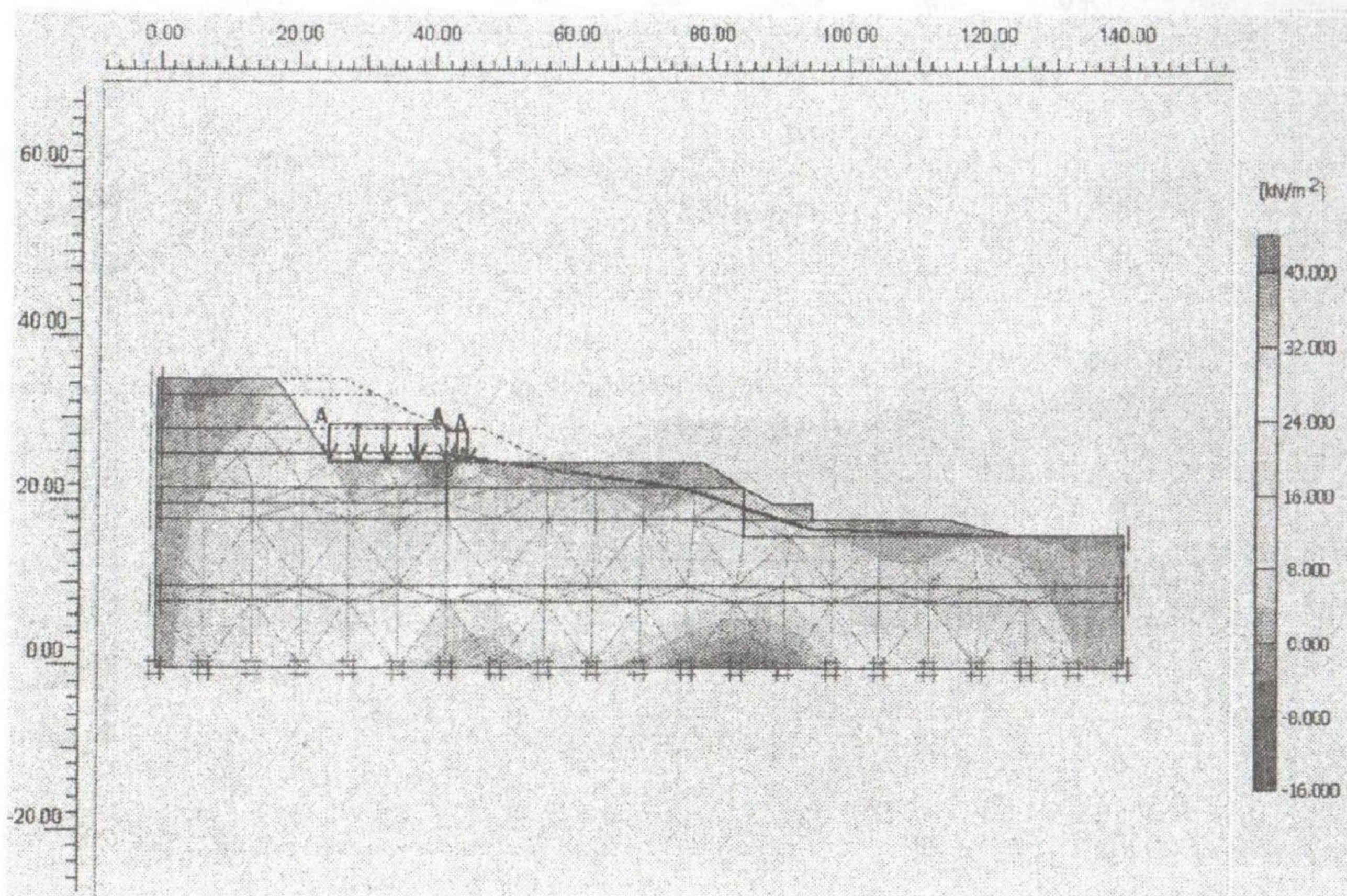


Рисунок 8. Схема касательных напряжений в грунте склона

Были выполнены расчеты по второму варианту. В этом случае предусмотрено для сохранения вертикального положения откоса устройство стенки в грунте с одним анкером. Возможна постановка двух анкеров. Расчеты, как и в предыдущем случае, выполнены по этапам, соответствующим технологии строительства. На рисунках 9 и 10 показаны схема горизонтальных и вертикальных перемещений грунта склона и стенки с анкером. Наибольшее вертикальное перемещение возникает в верхней части стенки, оно равно 5,1 см. В данном случае анкер прикреплен к стенке на расстоянии 5 м от ее верха. Если это прикрепление расположить на расстоянии 4 м от верха стенки, то вертикальное перемещение ее верха сократится до 3,4 см. Толщина железобетонной стенки принималась равной 0,35 м.

Наибольшее вертикальное перемещение равно 11,01 см и оно расположено под правой частью приложенной нагрузки. Видим, что наибольшие вертикальные перемещения, полученные по обоим вариантам, почти равны и расположены в одном и том же месте.

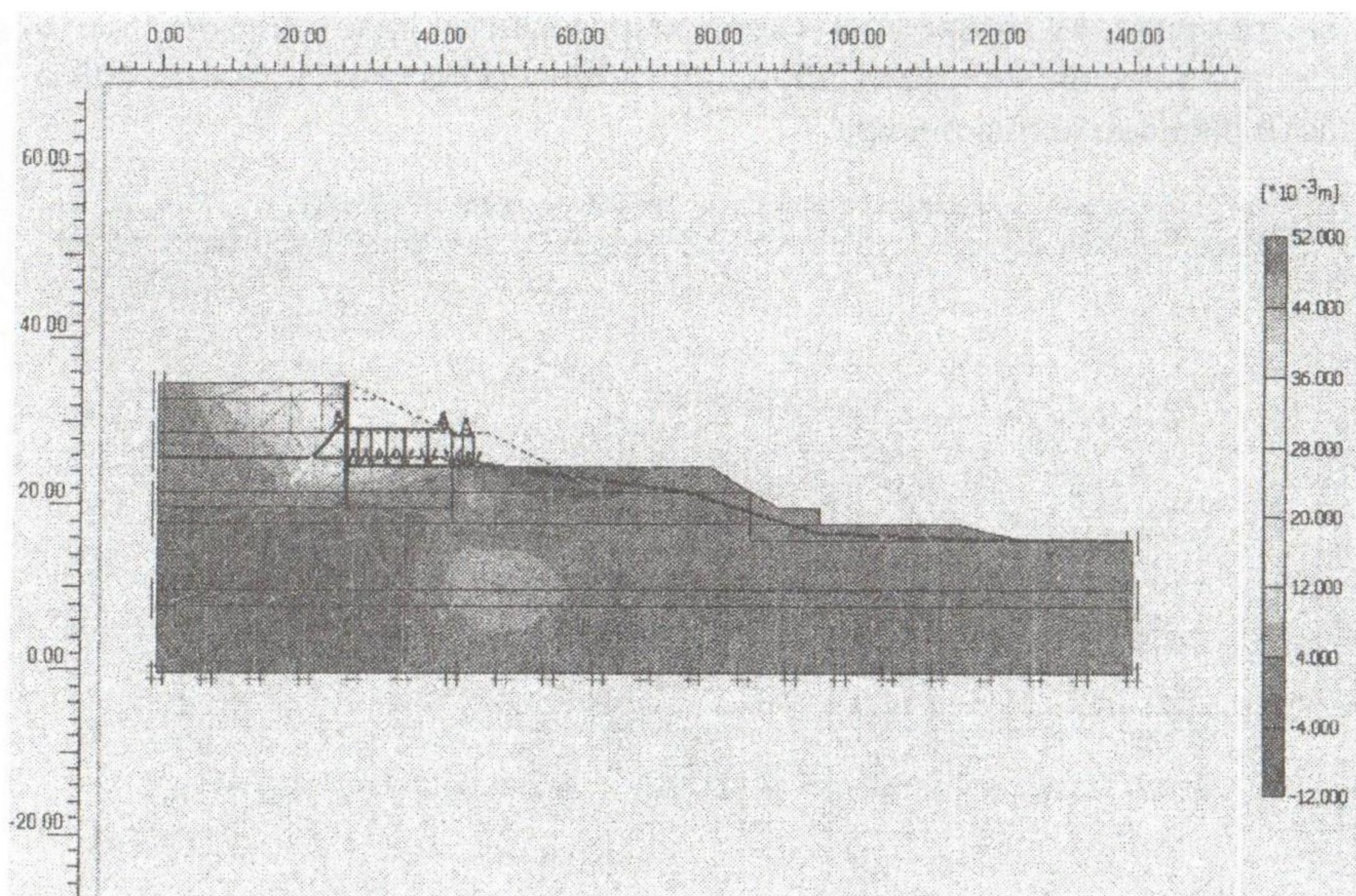


Рисунок 9. Схема горизонтальных перемещений склона

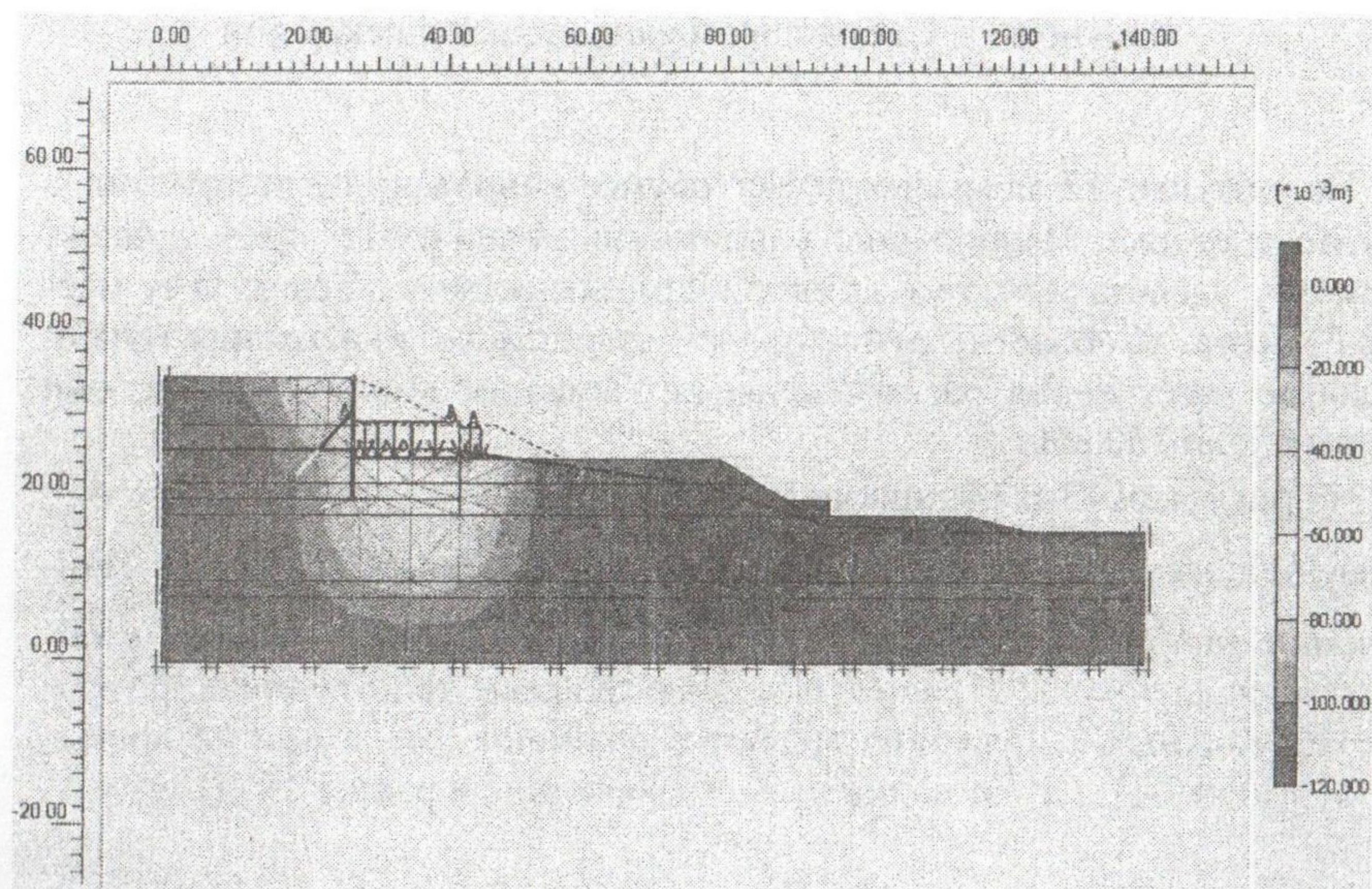


Рисунок 10. Схема вертикальных перемещений склона

На рисунке 11 приведена схема образования пластических зон в грунтовом массиве склона. Наибольшие зоны образуются за стенкой в области расположения анкера.

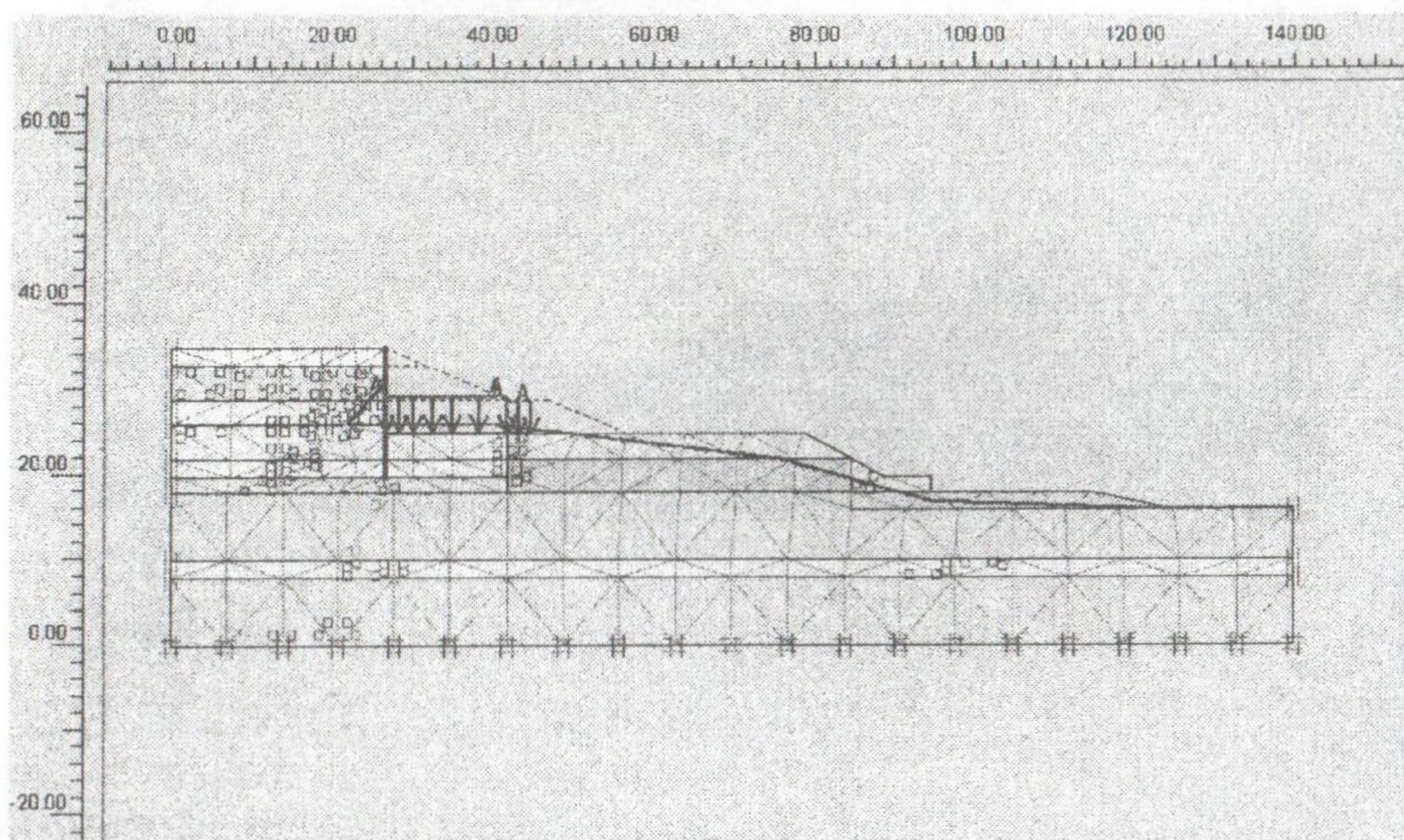


Рисунок 11. Схема образования пластических зон

На рисунке 12 показана схема общих напряжений, возникших в грунте и стенке. Наибольшие напряжения, аналогично предыдущему варианту расчета и по тем же причинам, возникают в левом углу массива грунта. В области грунта около возводимого сооружения максимальные напряжения расположены под нижним концом стенки, они равны около 150 кН/м^2 .

На рисунках 13 и 14 показаны схемы образования нормальных σ_{yy} и касательных σ_{xy} напряжений в грунтовом массиве и стенке. Наибольшие напряжения в грунте около сооружения расположены в области нижнего конца стенки и под правым краем действующей нагрузки. Нормальные напряжения являются сжимающими и они не превышают 150 кН/м^2 , а касательные – растягивающие и равны 25 кН/м^2 .

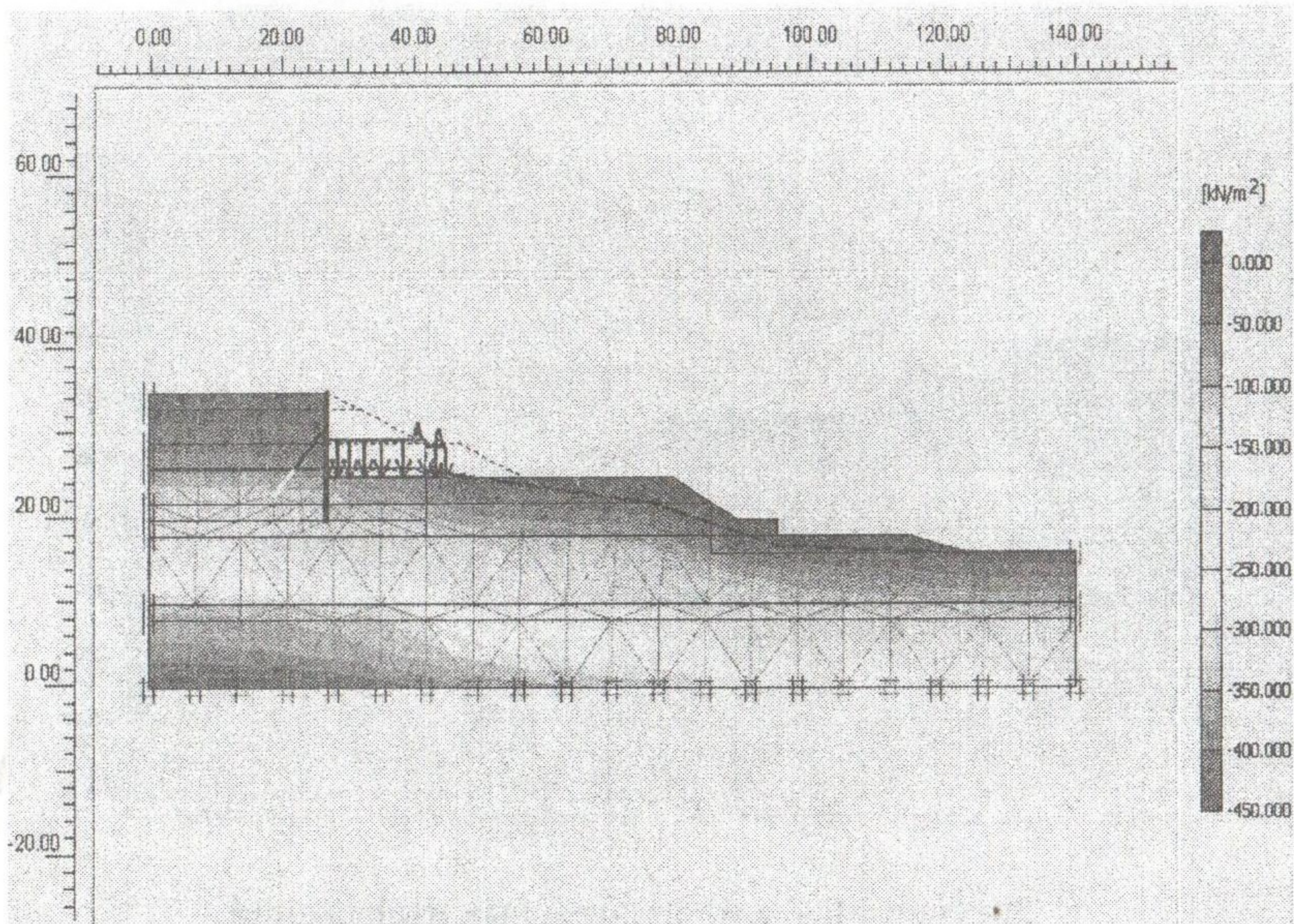


Рисунок 12. Схема общих напряжений в грунте и стенке

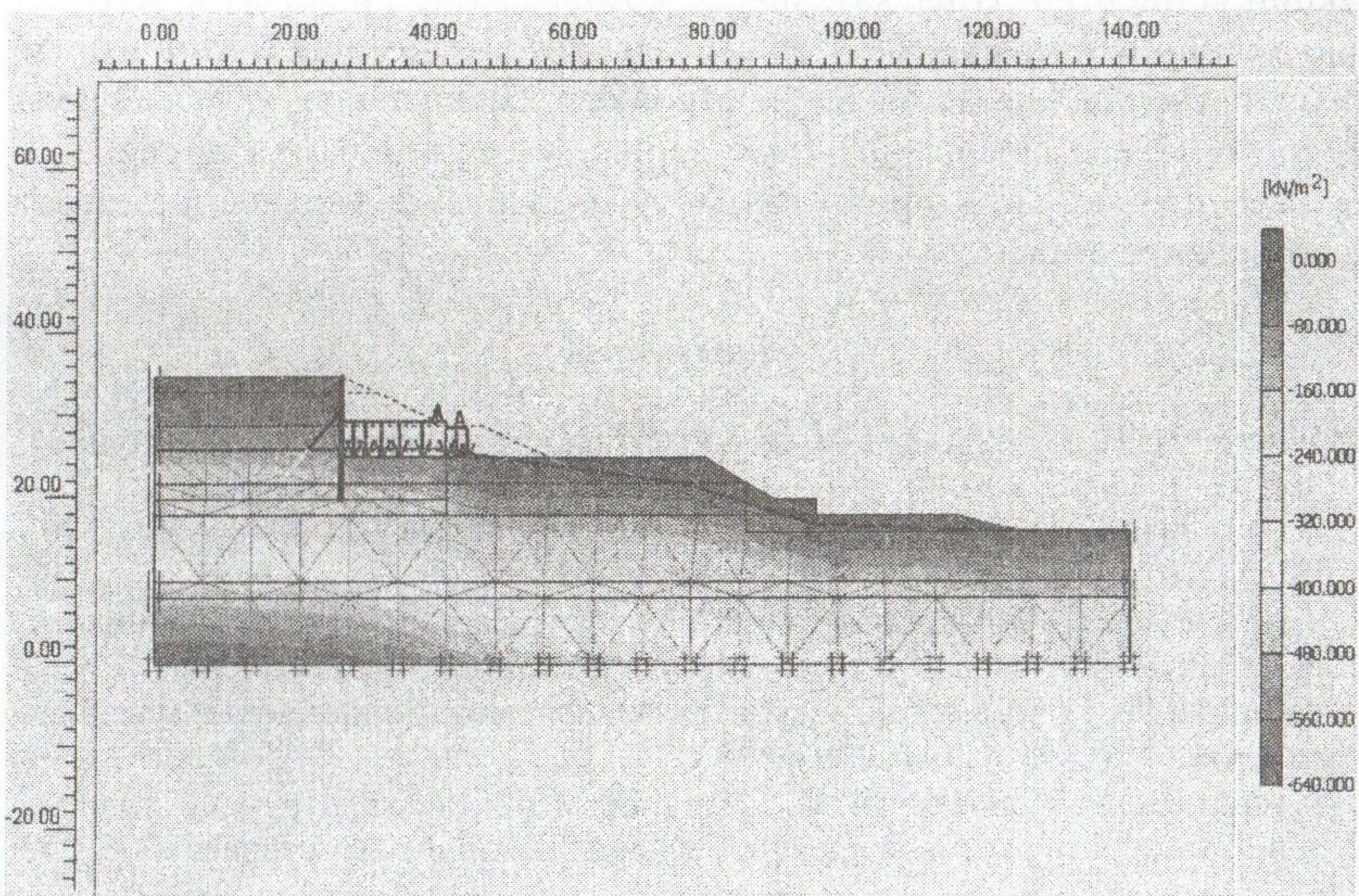


Рисунок 13. Схема нормальных напряжений

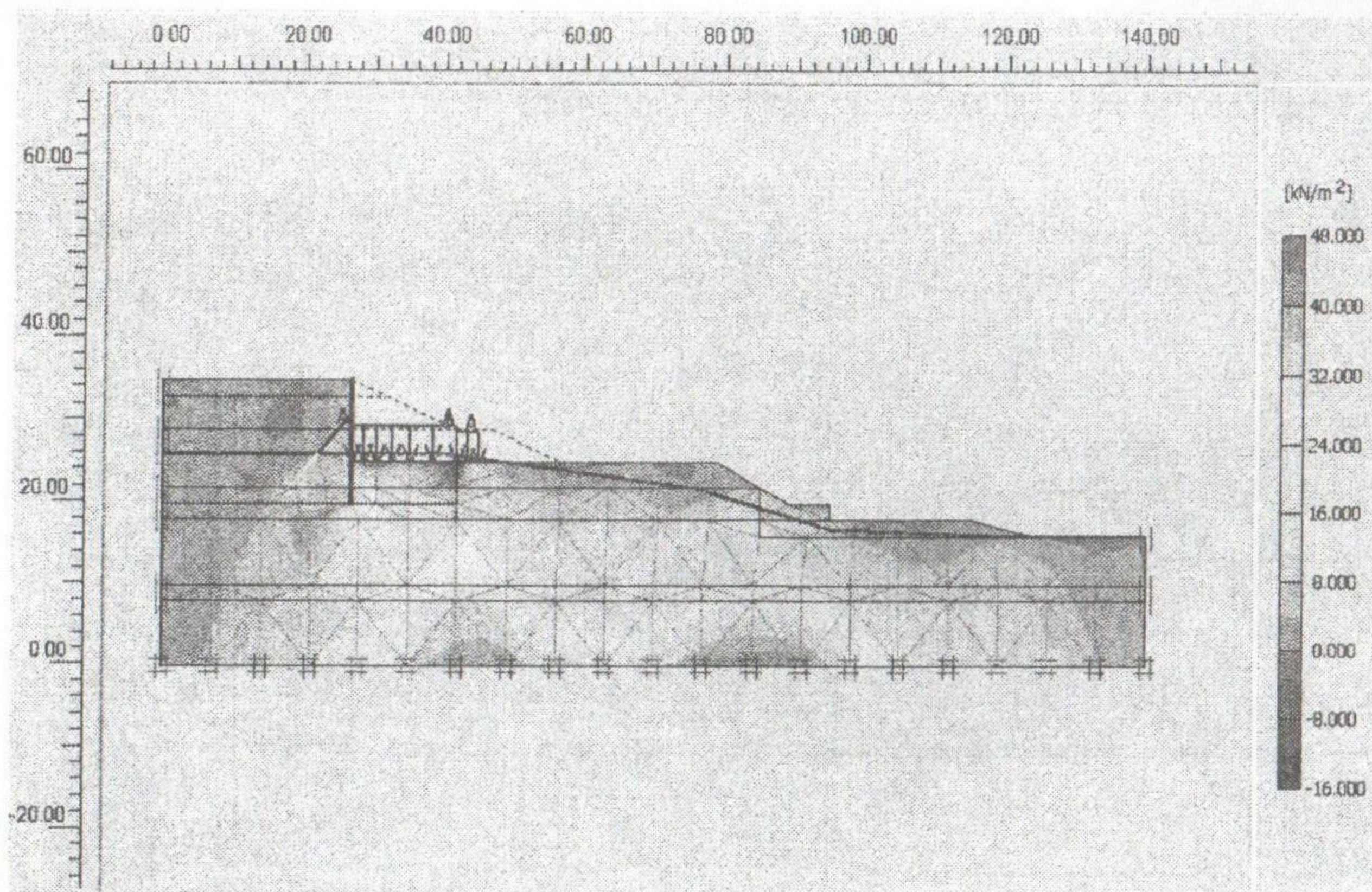


Рисунок 14. Схема касательных напряжений

Вывод. Выполненные расчеты показали, что оба варианта реконструкции концертно-развлекательного комплекса не приводят к нарушению устойчивости склона. Первый вариант экономичнее второго, но требует увеличения площади застройки. Уменьшение угла наклона верхнего откоса склона по этому варианту строительства приведет к его разрушению. По второму варианту потребуется увеличение затрат на возведение стенки.

Литература

1. Маслов Н. Н. Механика грунтов в практике строительства. – М.: Стройиздат, 1977, 320 с.
2. Емельянова Е. П. Основные закономерности оползневых процессов. – М.: Недра, 1972, 310 с.
3. Труды Одесского государственного университета им. И. И. Мечникова, вып. 7. Материалы по изучению Одесских оползней. – Одесса, 1960, 159 с.
4. Зарецкий Ю. К. Моя жизнь в журнале “Основания, фундаменты и механика грунтов”. – М.: Изд. ЭСТ, 2005, 416 с.
5. Гришин В. А., Дорофеев В. С. Нелинейные модели конструкций, взаимодействующих с грунтовой средой. – Одесса, Завнішрекламсервіс, 2006, 242 с.