

УДК 691.15 (12)

КОРРЕКТИРОВКА МЕТОДОВ РАСЧЕТА ОТКОСОВ,

АРМИРОВАННЫХ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИМИ МАТЕРИАЛАМИ

Мордвинов А.В., Путивский С.А.

Научный руководитель — доцент Преснов О.М.

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

Откосами называют грунтовые сооружения, расположенные под углом к горизонту. Они необходимы для сопряжения поверхностей земли, для формирования поперечного профиля улиц, дорог, набережных, ограждающих дамб и других городских инженерных сооружений. Откосы часто встречаются при проектировании и строительстве предприятий и площадок промышленного назначения: хранилищ загрязненных грунтов (шламов) горно-обогатительных комбинатов, гидротехнических сооружений перерабатывающих фабрик, золоотвалов ТЭЦ, полигонов хранения твердых бытовых отходов.

При проектировании подобных сооружений встает вопрос об устойчивости откосов. При этом проектировщики и строители, как правило, пользуются нормативными документами, в которых указано предельно допустимое заложение откоса в зависимости от его высоты. Например, СНиП 2.06.05-84* «Плотины из грунтовых материалов» регламентирует заложение откоса в зависимости от грунта основания от 1:3 до 1:5; СНиП 2.01.28-85 «Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов» не дает указаний по конструктивному решению откосов полигонов, а «Инструкция по проектированию и строительству полигонов твердых бытовых отходов» указывает заложение откоса 1:4. Заметим, что ни один из приведенных документов не описывает методы расчета устойчивости откосов.

При проектировании сооружений, отличающихся от «типовой компоновки», возникают задачи оптимизации расположения сооружений в панеле. Это приводит к появлению высоких (более 8 м.), крутонаклонных (заложение более 1:1,5) и нагруженных откосов, расчет которых является сложной инженерной задачей. При этом зачастую прочность тела откоса не обеспечивается прочностью и устойчивостью (цеплением) грунтов, его слагающих. Появляется необходимость армирования тела откоса геосинтетическими материалами, сложность инженерной задачи снова возрастает.

В общем случае устойчивость откоса рассчитывается по первому предельному состоянию, то есть по потере устойчивости грунта тела откоса. При этом основной расчетной моделью, которая показывает, как именно происходит потеря устойчивости, является так называемый метод расчета по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения (КЦПС). Суть данного метода заключается в том, чтобы определить критическую поверхность скольжения, относительно которой грунт тела откоса будет устойчив против вращения с коэффициентом запаса, равным единице. При этом тело откоса делится на вертикальные блоки, в пределах каждого из которых рассматривается равновесие сил в точке пересечения дуги КЦПС и центра блока. Общий коэффициент запаса устойчивости откоса определяется как отношение суммы моментов удерживающих сил в каждом вертикальном блоке к сумме моментов сдвигающих сил в каждом блоке.

Центр и радиус поверхности скольжения в данном методе определяется практически произвольно: необходимо выделить бесконечное число центров поверхности скольжения и их радиусов для выполнения расчета и нахождения поверхности скольжения с предельным равновесием. Это положение, на наш взгляд, применимо к расчету с помощью компьютерной программы, но для оценки устойчивости откоса «вручную» требует корректировки.

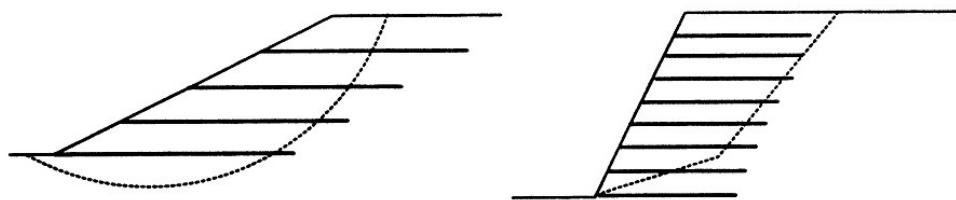
Ширина блоков, на которые разделяется откос, тоже имеет немаловажное значение. Чем меньше ширина, тем больше блоков, следовательно, повышается точность расчета. Как показывает практика, высокие и крутонаклонные откосы часто встречаются на ав-

тодорогах, и решение задачи их устойчивости совместно с прочностью основания дороги в целом не терпит подхода «типового проектирования». Специалистами института «Союздорнии» (к.т.н. Семеняев Л. И.) разработана «Методика расчета насыпей, армированных различными материалами», которая предлагает использовать метод интегрирования при разбивке откоса на расчетные блоки, что повышает точность расчета. Автор утверждает, что данная методика позволяет рассчитать оптимальный шаг армирования тела откоса по высоте и дополнительно проверить местную устойчивость грунта в вехней части откоса. Но суть определения расчетной поверхности скольжения в данной методике не раскрыта.

Геосинтетические материалы – это класс материалов, специально разработанных для решения проблем геотехники. Большинство из них пришли к нам с Запада и пока с опаской применяются проектировщиками, особенно при разработке проектов сложных грунтовых сооружений. Основные виды геосинтетических материалов – геотекстили (тканые или нетканые полотна, в основном на основе полипропиленовых нитей), плоские геосетки и георешетки (на основе полиэтилена, полипропилена), объемные георешетки (объемная сотовая конструкция из скрепленных сварными швами в шахматном порядке полиэтиленовых лент), геокомпозиты (материалы, представляющие собой симбиоз предыдущих типов, например, плоская геосетка с покрытием из геотекстиля), геомембранны (барьерный материал в виде плоских листов полиэтилена).

Основными преимуществами геосинтетических материалов является их высокая прочность, стойкость к агрессивным средам, стойкость к воздействию ультрафиолета и к перепадам температур (от -70 до + 120°C). Низкий вес, легкость транспортировки и простота монтажа, а также заводской контроль показателей продукции позволяют применять геосинтетические материалы при решении различных инженерных задач в сложных условиях (районы Крайнего Севера, сооружения с большими нагрузками).

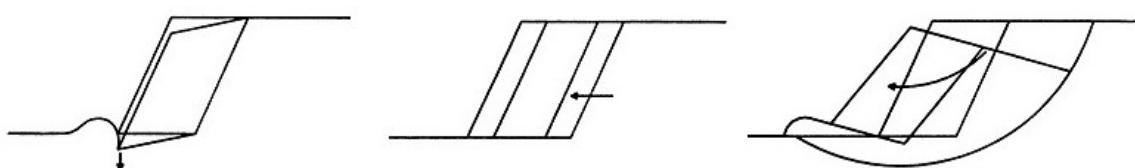
Возвращаясь к методу расчета откосов, армированных геосинтетическими материалами, следует уточнить, что предложенная математическая модель потери устойчивости откоса по круглоцилиндрической поверхности скольжения (КЦПС) не является единственной. Ориентируясь на гармонизацию с международными нормами, следует учитывать и другие модели потери устойчивости откосов, армированных геосинтетическими материалами. Приведенные расчетные модели соответствуют стандарту Великобритании по укреплению грунтов оснований BS 8006-1995 «Strengthened/reinforced soils and other fills». Данный стандарт для пологих откосов (45° и менее) предполагает разрушение по поверхности скольжения, а для крутых откосов (круче 45°) предполагает разрушение по ломаной (см. рис. 1). Стандарт также предусматривает ситуацию, когда из равновесия может выйти армированный блок грунта вместе с массивом окружающего неармированного грунта (см. рис. 2) или когда потеря устойчивости происходит непосредственно в границах блока армированного грунта (см. рис. 3). Кроме этого, предусмотрен вариант, когда происходит совместная потеря устойчивости грунта, находящегося в армоблоке, и неармированного грунта (см. рис. 4). Многообразие вариантов оценки потери устойчивости по I предельному состоянию армированных откосов говорит о нацеленности на объективную оценку работы армирующего геосинтетического материала в грунте.



а) пологий откос (45° и менее)

б) крутой откос (более 45°)

Рис. 1. Варианты потери устойчивости откосов

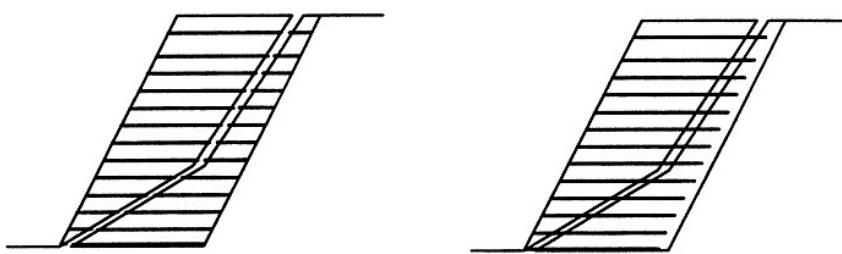


а) осадка краевой части

б) соскальзывание по горизонтали

в) общая потеря устойчивости за границами армоблока

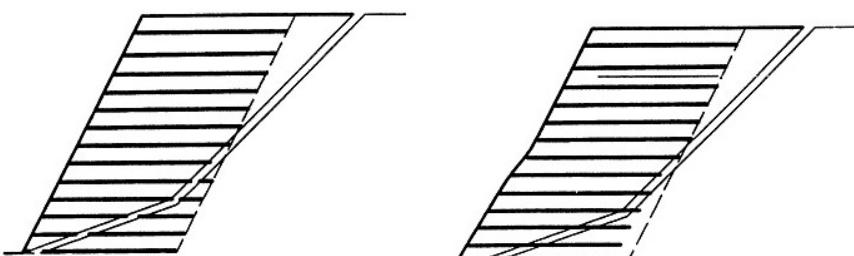
Рис. 2. Варианты потери внешней устойчивости армированного блока



а) разрыв армирующего элемента

б) чрезмерное растяжение армирующего элемента

Рис. 3. Варианты потери внутренней устойчивости армированного блока



а) частичный разрыв армирующего элемента

б) частичное растяжение армирующего элемента

Рис. 4. Варианты совместной потери устойчивости армоблока и массива грунта

В заключение необходимо отметить, что использование современных геосинтетических материалов при армировании крутонаклонных и нагруженных откосов требует корректировки существующих методов расчета для более полной оценки работы материала в грунте.