

## АРМИРОВАНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА КАК СПОСОБ ЕГО РАБОТЫ В СТАДИИ УПРУГОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

У роботі представлені основи технології армування земляного полотна як спосіб його роботи у пружній стадії, наведено прийоми з його реалізації. Доведена необхідність удосконалення способів армування, надані рекомендації щодо застосування його альтернативних видів.

В работе представлены основы технологии армирования земляного полотна как способ работы его в упругой стадии, приведены приемы его реализации. Доказана необходимость совершенствования способов армирования, даны рекомендации по применению его альтернативных видов.

The work represents the fundamentals of ground bed reinforced technology, as a mode of its work at resilient stage. Examples for its realisation are provided. The necessity of improvement of reinforcement methods has been substantiated; recommendations for application of its alternative kinds have been developed.

Технология армирования земляного полотна для повышения его прочности и устойчивости достаточно разработана различными авторами [1; 2]. Проблема этой технологии заключается в недостаточной обоснованности параметров армирования, таких как глубина закладки, вид армирующего материала, а также в четком понимании физических процессов, которые происходят в композитной системе «армирующий материал – грунт земполотна». К этому прибавляется и тот факт, что динамическая поездная нагрузка, взаимодействуя с грунтом насыпи (балластной призмы) и земполотном, добавляет в постановку вопроса об армооснованиях большую долю неоднозначности. А появившаяся в Украине новая тенденция о переходе железных дорог на высокие скорости движения составов делает эту проблему особенно актуальной. Важен также и тот факт, что наряду с достаточной проработанностью технологии производства работ и удовлетворительными, но недостаточными, знаниями физических процессов в армооснованиях, недостаточно освещается проблема мониторинга, то есть прогнозирования поведения и комплекса исследований единого армо-грунтового сооружения.

Как известно, большинство земляных полотен (оснований) в Украине представлено не скальными грунтами, достаточно сильно проявляющими пластические свойства при превышении предельной нагрузки на них и реологические свойства (ползучесть), проявляющимися при постоянных нагрузках, которые меньше разрушающих. Анализ работы земполотна показывает, что его напряженно-деформированное состояние (НДС) по глубине неод-

нородно, что выражается в зональности вида деформирования. На рис. 1 показана схема образования поверхностей скольжения при выпоре грунта на откос, прямо связанная с неоднородностью НДС.

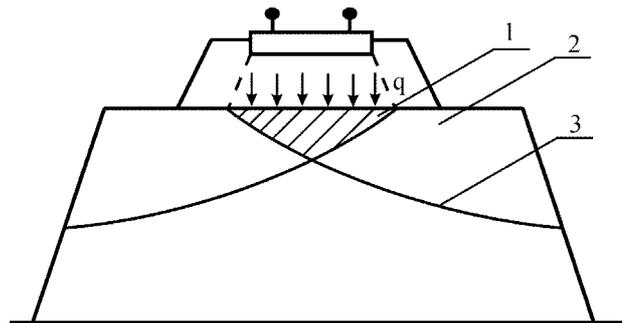


Рис. 1. Схема выпора грунта на откос: 1 – область ярко выраженного пластического деформирования; 2 – область упругопластического деформирования; 3 – поверхность скольжения (разрушения)

Сущность этого явления такова: при отсутствии поездной нагрузки земполотно работает в стадии не критических напряжений (упругая стадия), деформации практически пропорциональны напряжениям. Наряду с этим происходят и некоторые отрицательные изменения в теле насыпи, связанные со старением и геологическими факторами – изменяется прочность из-за влагопереноса и перестройки структуры грунта, но если эти явления не носят катастрофического характера, то прочность уменьшается незначительно. Во время проезда поезда из-за увеличившейся статической нагрузки, а также из-за пульсационных воздействий происходит перераспределение напряжений, причем деформации увеличиваются в сторону пластических. А, как известно [3], пластическая деформация всегда предшествует разрушению.

Несомненно, прочность грунта земполотна значительна, поэтому разрушение (выпор, скольжение части земполотна и другие эффекты, связанные с пластическим деформированием) не происходит мгновенно – деформации накапливаются, на некоторых площадках появляются микротрещины (площадки, на которых исчерпан запас прочности из-за пластических деформаций), затем происходит их слияние в поверхность скольжения. Причем еще раз подчеркивается неоднородность НДС земполотна, зональность деформирования, то есть одновременное наличие упругой зоны, переходной упругопла-

стической и ярко выраженной пластической. Причем, деформации после проезда поезда частично восстанавливаются (упругие) и не восстанавливаются вообще (пластические). Наличие только невосстанавливающихся (пластических) деформаций свидетельствует о критическом состоянии земполотна.

Из анализа поведения земполотна в различные моменты его существования можно сделать вывод: чем более однородно НДС земполотна, а точнее, чем ближе деформированное состояние земполотна к упругому, тем его эксплуатация будет более долговечной. Рассмотрим некоторый элемент земполотна и его НДС (рис. 2).

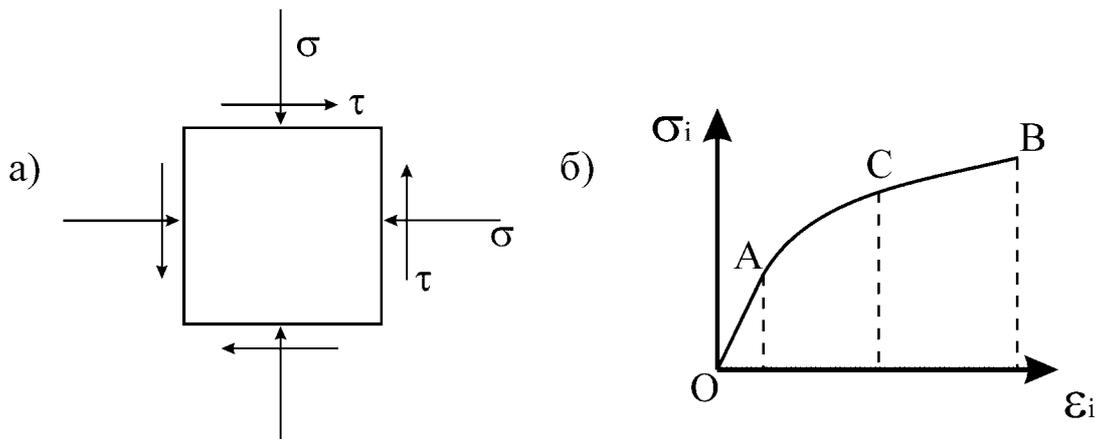


Рис. 2. Схема земполотна: а – выделенный элемент земполотна; б – график  $\sigma - \epsilon$

Деформирование от некоторого сочетания нормальных  $\sigma$  и касательных  $\tau$  напряжений, которые изменяются, может быть показано в виде графика зависимости  $\sigma - \epsilon(\tau - \gamma)$ . Участок OA этого графика – деформирование в пределах упругости, участок АВ – пластическое деформирование, причем в точке В происходит разрушение. Из вывода, приведенного выше, следует, что на множестве площадок поперечного сечения земполотна должно сохраняться лишь упругое деформированное состояние, то есть деформирование, соответствующее участку OA. Понятно, что добиться этого в действительности практически невозможно, поэтому к стадии чисто упругого деформирования следует добавить некоторый участок пластического деформирования до точки С. Положение точки С, предела накопления пластических деформаций, которые не могут развиваться до критических разрушающих, должно определяться из условий важности грунтового сооружения (примерно 30...40 % от чисто пластической деформации). Стремление этого предела к точке В чревато катастрофическими последствиями, стремление к точке А – будет недостаточным использованием несущей способности грунта.

Одним из эффективных методов нормальной эксплуатации земполотна в упругой стадии деформирования является его армирование. В рамках данной статьи рассматривается не классический вид армирования, предложенный авторами – армирование тростником. В отличие от синтетических материалов, требующих затрат на химическое производство, пропитанные антисептиком тростниковые плиты не менее долговечны и прочны. Имеющийся опыт создания тростниковых элементов крепи и укрепления плотин альтернативными методами [1; 2] свидетельствует в пользу их применения. Известно также, что георешетки (типа СЖ-1), к которым наиболее близки по свойствам тростниковые плиты, значительно увеличивают прочность композитной структуры, чем любые нетканые геотекстильные материалы типа Дорнит, СТПК-3 [4]. Помимо уже приведенных достоинств, важным является и тот факт, что система «грунт – тростниковая плита» имеет возможность постепенного перестраивания структуры без потери заданных характеристик за счет постепенной самоорганизации грунта вокруг тростниковой плиты. Особо важна технология размещения тростниковых плит: для большей эффективности их следует размещать в

прогнозируемых или рассчитанных заранее зонах повышенных напряжений, но с тем расчетом, чтобы дальнейшая эксплуатация земполотна (например, замена щебня путевыми машинами) не повредила уложенные плиты и не привела к катастрофически быстрому разрушению конструкции.

Несомненно, представленные рассуждения дают возможность многочисленных исследований в области армированных оснований, которые позволят более точно решать задачи по определению параметров армирования в каждом конкретном случае, причем существующие сегодня компьютерные технологии помогут получить эти решения. Постановка этих задач является важным вопросом нормальной дальнейшей эксплуатации и мониторинга важных и ответственных сооружений, которыми являются элементы земполотна железных дорог при обычных и повышенных скоростях движения составов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тимофеева Л. М. Армирование грунтов. Теория и практика применения. Ч. I. Армированные основания и подпорные стены. – Пермь: ППИ, 1991. – 478 с.
2. Джоунс К. Д. Сооружения из армированного грунта. Пер. с англ. – М.: Стройиздат, 1989. – 280 с.
3. Финкель В. М. Физика разрушения. – М.: Металлургия, 1970. – 376 с.
4. Балашова Ю. Б. Методика визначення несучої здатності слабких основ з урахуванням реологічних параметрів ґрунту // Автодорожній комплекс України в сучасних умовах: проблеми і шляхи розвитку: Зб. наук. праць. – К.: УТУ, 1998. – С. 88–92.

Поступила в редколлегию 06.10.03.