

ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ НА ОБЪЕКТАХ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Специалистами ООО «ТР Инжиниринг» в этой статье рассматриваются способы инженерной защиты автомобильных дорог от опасных геологических процессов, таких как обвалы, оползни, камнепады, сели, затопления, подтопления и другие. Авторами представлены инновационные решения с применением высокопрочной коррозионностойкой проволоки.

Строительство и эксплуатация автомобильных дорог в горной местности, вблизи горных рек, обвальных и оползневых участков, в зонах, подверженных регулярным паводкам и затоплениям, всегда сопровождается большими трудностями. Строительство дорог вблизи неустойчивых горных склонов часто нарушает их равновесие, вызывает обвалы, камнепады, активизирует оползни. Возникновение скально-обвальных явлений может парализовать движение транспорта, в результате чего ограничивается доступ к населенным пунктам.

Примером автомобильной дороги, подверженной камнепадам, служит автодорога регионального значения Симферополь – Бахчисарай – Севастополь. Основной причиной аварий на дорогах Крыма являются скально-обвальные явления в виде обвалов, осыпей, вывалов каменных обломков и глыб. Высокая степень разрушения и выветрелости скальных массивов представляют значительную

угрозу безопасности дорожного движения и непрерывности транспортного сообщения. На рис. 1 изображены последствия камнепада 2019 года.

На рис. 2 изображен обвал горной породы, произошедший на дороге в Шатойском районе Чеченской республики. Из-за камнепада без транспортного сообщения остались 27 населенных пунктов.

В горной местности автомобильные дороги нередко расположены вблизи горных рек. Горные реки имеют ряд особенностей: прежде всего, высокие скорости течения, резкие изменения глубины, блуждающие русла. Все эти факторы являются причиной регулярных размывов автомобильных дорог и разрушений оснований мостов.

Так, горная река Баскан в Кабардино-Балкарии регулярно наносит огромный ущерб транспортной инфраструктуре республики. Например, 1 сентября 2017 года со склона ущелья Адыл-Су в

русло реки Баскан сошел селевой поток. Была повреждена трасса Прохладный – Азау, три машины оказались смыты с дороги. Жертвами стихии стали три человека; без газа оставались порядка 7700 жителей шести близлежащих поселков. Единственная автомобильная дорога, ведущая к горе Эльбрус, была разрушена в нескольких местах (рис. 3). В результате катастрофы от внешнего мира оказались отрезанными около 1800 туристов.

Ежегодно от весенних паводков и сильных дождей разрушаются автомобильные дороги во многих регионах России. Сильные волновые явления в крупных озерах, водохранилищах и морских заливах, интенсивное таяние снега и ледников в горах, нагромождения в руслах рек большого количества льда – все это также приводит к затоплениям.

Приведем еще один пример: 30 июля 2019 года власти перекрыли участок федеральной трассы Р-255 в городе Тулун Иркутской области. Вторая волна паводка на реке Ия полностью блокировала автомобильное сообщение между востоком и западом страны. Последствия паводка изображены на рис. 4.



Рис. 1. Камнепад. Крым (2019)



Рис. 2. Автомобильная дорога между селами Шата и Вашендара, Чечня (2016)



Рис. 3. Курорт «Эльбрус». Река Баксан. Федеральная дорога Прохладный – Азау (2017). Фото из архива МЧС России



Рис. 4. Прибайкалье. Трасса Чуна – Братск (2019)

Сеть автомобильных дорог должна связывать населенные пункты, расположенные на территориях с различными гидрогеологическими и климатическими условиями. Многообразие причин, вызывающих природные явления, делает невозможным обеспечение гарантированной безопасности людей или сооружений. Но правильно выбранные методы инженерной защиты, использование современных технологий и конструкций способны в десятки раз уменьшить вероятность возникновения аварийных ситуаций и снизить расходы на ликвидацию их последствий.

Представленные в настоящей статье конструкции производятся компанией «ТР Инжиниринг» по японским технологиям под контролем квалифицированных специалистов.

Сооружения на основе габионных конструкций RockBox®

RockBox – высокопрочные коррозионностойкие габионы, состоящие из панелей (плетеная сетка диаметром до 8 мм и стальной каркас диаметром до 16 мм). Элементы соединяются между собой специальными U-скобами (рис. 5). Отдельные короба монтируются в единую массивную конструкцию.

RockBox предназначены для защиты, стабилизации и укрепления грунтов от эрозии; армирования грунтов; укрепления склонов, в том числе оползневых; насыпей, откосов берегов водоемов; устройства подпорных стенок; для строительства противопаводковых сооружений и других целей.

В отличие от стандартных габионов, RockBox, благодаря высокопрочной коррозионностойкой проволоке диаметром до 8 мм, способны выдерживать огромные статические и динамические нагрузки, например селевой поток. RockBox способны выдержать удар бревна, движущегося в потоке воды со скоростью 8 м/с, что подтверждено результатами численного моделирования компанией ESI Group (рис. 6).



Рис. 5. RockBox

Преимущества конструкций RockBox:

- Высокая прочность.
- Гибкость сооружений. Сооружения из RockBox не испытывают негативного влияния от неравномерных осадок, температурных напряжений, что исключает необходимость устройства температурно-осадочных швов.
- Проницаемость сооружений из габионных конструкций для грунтовых и паводковых вод. Конструкции не требуются система дренажа.
- Высокая скорость монтажа. Панели конструкций собираются при помощи скоб и не требуют сварочных работ, а также опалубки.
- Все элементы конструкции имеют надежное антикоррозионное покрытие.

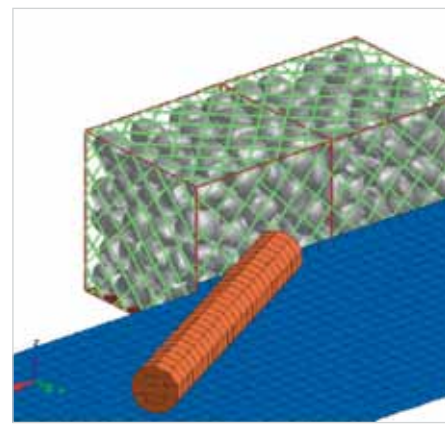


Рис. 6. Численное моделирование столкновения с бревном в условиях горной реки

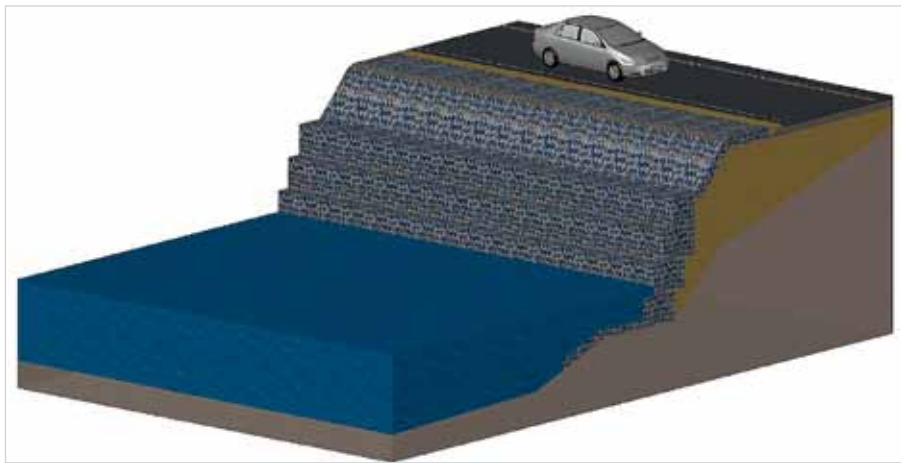


Рис. 7. Берегоукрепление с применением габионных конструкций RockBox. Визуализация

■ Возможность заполнения RockBox местным грунтом или балластным щебнем.

Рассмотрим решения для инженерной защиты объектов транспортной инфраструктуры с применением габионных конструкций RockBox.

RockBox®: берегоукрепление

Для предотвращения размывов дорог, разрушения дорожных одежд, подверженных влиянию рек, необходимо укрепление естественных откосов, находящихся в зоне неблагоприятных воздействий (рис. 7).

Береговые укрепления не оказывают заметного воздействия на режим течения реки и необходимы, прежде всего, для предохранения берегов от размыва,

облегчения воздействия водотока на склон, придают склону устойчивость, предотвращают разрушение речного русла селевыми потоками, сдерживают сход селевого потока. Берегоукрепительные сооружения возводят в пределах всего диапазона колебания уровней воды у защищаемого берега или по всей высоте берегов, часто затапливаемых паводком.

На рис. 8 и 9 показаны схемы укрепления размываемых берегов рек вблизи автомобильных дорог.

RockBox®: подпорные стены

Подпорные стены применяются как удерживающие сооружения для укрепления откосов дорожных насыпей, усиления оползневых и обвальных участков, неустойчивых склонов на слабых грунтах.

Стены из габионов могут выполняться как с вертикальной, так и со ступенчатой лицевой гранью.

Подпорные стены из габионных конструкций отлично вписываются в любой ландшафт благодаря возможности использования различных вариантов заполнения. На рис. 11 представлена подпорная стенка из габионных конструкций RockBox. Габионы заполнены местным грунтом с использованием вкладыша из геотекстиля. В пространстве между вкладышем и лицевой панелью RockBox размещен геомат, на который в последующем наносится гидропосев трав для образования растительного покрова (рис. 12).

RockBox®: защита от подтоплений

Дамбы – гидротехнические сооружения в виде насыпи для защиты территории от наводнений, для ограждения искусственных водоемов и водотоков, а также для направленного отклонения потока воды.

Применение подобных сооружений возможно для кратковременной задержки дождевого стока в зоне выпадения дождя и последующего его поступления в русло реки. Такая временная задержка стока снижает пик паводка, распределяя его пропуск на длительный период.

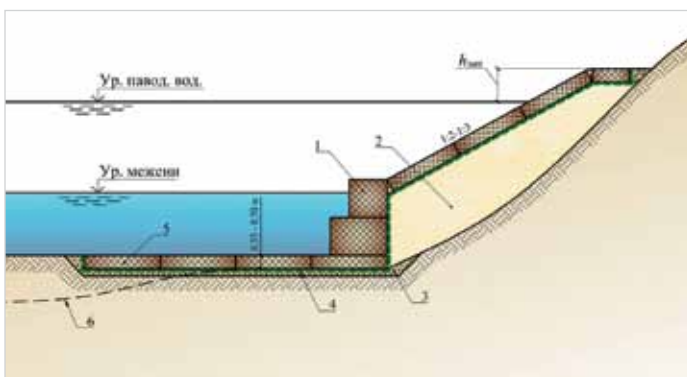


Рис. 8. Укрепление размываемого берега реки с помощью габионных конструкций RockBox. Вариант 1.

- 1 – упорная стенка из габионов RockBox;
- 2 – насыпной грунт;
- 3 – подготовка из щебня;
- 4 – геотекстиль;
- 5 – крепление дна реки от размыва;
- 6 – контур местного размыва;
- $h_{зам}$ – запас высоты гребня дамбы

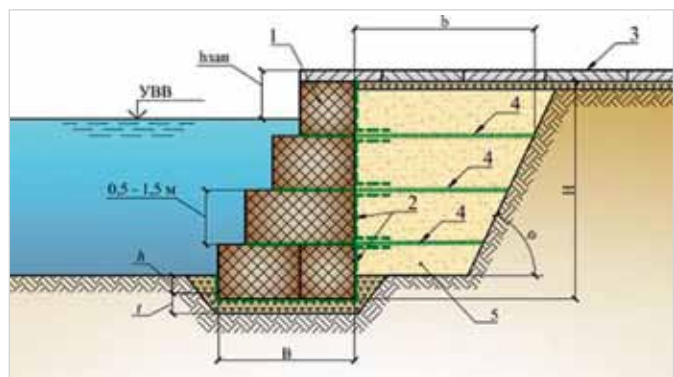


Рис. 9. Укрепление размываемого берега реки с помощью габионных конструкций RockBox с армированием грунта

- 1 – подпорная стена из габионов RockBox;
- 2 – геотекстиль;
- 3 – покрытие территории;
- 4 – анкеровка геосеткой (или геомембраной);
- 5 – обратная засыпка (непучинистый грунт)



Рис. 10. Укрепление откосов насыпи габионными конструкциями RockBox. Визуализация



Рис. 11. Подпорная стенка из габионных конструкций RockBox. Жилой комплекс «Образ жизни. Горная деревня». Санкт-Петербург

На рис. 13 представлена схема защитной дамбы с применением габионных конструкций RockBox.

Для защиты от селей используют селенаправляющие и селепропускные сооружения (рис. 14). Их задача – отвести селевой поток в сторону от дорог и населенных пунктов, ослабить энергию потока. Габионные конструкции RockBox отлично подходят для создания таких сооружений, способны выдерживать нагрузку от селевого потока, так как обладают дополнительной прочностью благодаря используемой проволоке.

Системы укрепления склонов и предотвращения камнепадов

Для защиты от скально-обвальных явлений, укреплений оползневых участков, стабилизации склонов используются канатно-сетчатые, канатно-анкерные системы и противокампнепадные системы (рис. 15).

Система MightyNet®

MightyNet – система укрепления склонов и предотвращения камнепадов, в которой в качестве основ-

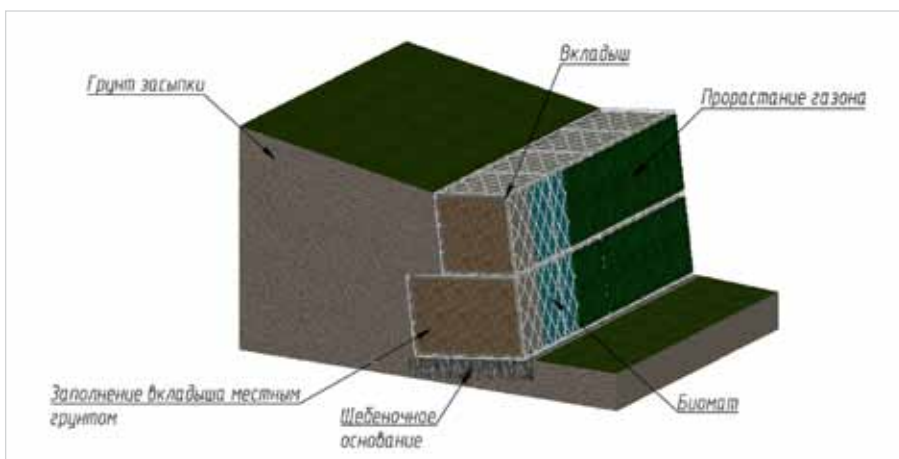


Рис. 12. Схема заполнения RockBox местным грунтом с прорастанием биоматов на лицевой грани

ных элементов, воспринимающих нагрузку, используются канаты и сетка.

Основные элементы системы – эластичная стальная сетка, стальной канат и специальные зажимы – отлично повторяют особенности рельефа и закрепляют склоны со сложной поверхностью. Данную систему можно устанавливать на местности с различным рельефом, не препятствуя прорастанию семян и способствуя эффективному озеленению.

Преимущества конструкций:

- Эффективная стабилизация склона и фиксация отдельно лежащих камней на поверхности склона. Склон покрывается эластичной стальной сеткой и стальными канатами, обладающими достаточной гибкостью и прочностью. Это позволяет сетке плотно прилегать к поверхности и предотвращать движение рыхлой горной породы, тем самым предупреждая возникновение камнепадов.
- Восстановление естественного облика склона. Плотнo покрываю-

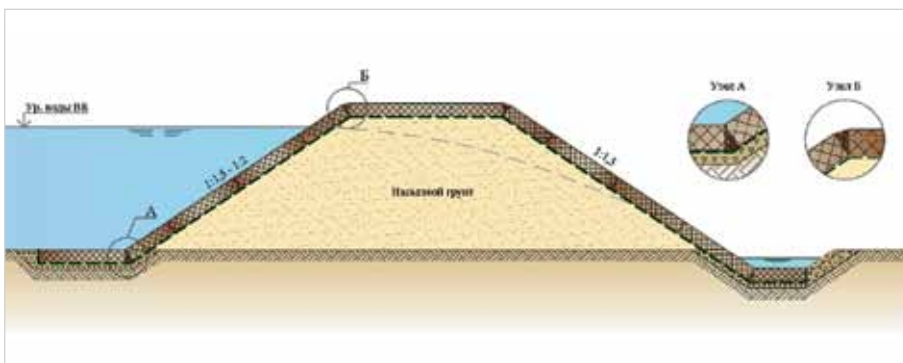


Рис. 13. Конструктивное решение защитной дамбы с применением габионных конструкций RockBox



Рис. 14. Селепропускное сооружение с применением габионных конструкций RockBox. Япония



Рис. 15. Укрепление и стабилизация грунтов оползнеопасных склонов и откосов

шая склон сеть уменьшает эрозию грунта и способствует возобновлению роста растительности.

- Простота обслуживания. Не требуется проведение работ по периодическому удалению скатившихся к основанию склона камней.

- Широкая область применения. Поскольку используемые материалы и оборудование имеют небольшой вес и размеры, транспортировка и монтаж системы не вызывают затруднений, что позволяет применять данную систему в высокогорных условиях.

- Бережное отношение к природе. Благодаря своей конструкции в большинстве случаев не требуется

вырубка деревьев, а плотное прилегание сетки к поверхности способствует уменьшению внешнего воздействия на почвенно-растительный грунт и восстановлению плодородного слоя. Пример использования системы MightyNet изображен на рис. 16.

Система RopeNet®

Система RopeNet представляет собой сеть из стальных канатов, на точках пересечения которых устанавливаются зажимы, закрепляемые к склону анкерами.

Таким образом, система плотно прилегает к склону и фиксирует крупные фрагменты горных

пород, предотвращая падение свободных обломков пород и обеспечивая укрепление склона.

В большинстве случаев монтаж системы не требует вырубки деревьев и не препятствует росту трав, кустарников (деревьев) на склоне, сохраняя естественный вид склона.

Канатно-анкерная система применяется на склонах, где существует опасность возникновения камнепадов по причине отделения горной породы из-за эрозии материнской породы, скалывания горной породы и увеличения трещин. Увеличение



Рис. 16. Система MightyNet. Япония



Рис. 17. Канатно-анкерная система RopeNet



Рис. 18. RopeNet. Укрепление скального массива на объектах в Красной Поляне



Рис. 19. RopeNet. Скально-обвальный участок железной дороги Санкт-Петербург - Бусловская

трещин происходит ввиду выветривания скальной породы на склонах, составленных материнской породой и чередующимися слоями.

Канатно-анкерная система может применяться для усиления автомобильных дорог, представленных выемками, полунасыпями или полувыемками, проходимыми в скальных выветривающихся или выветрелых горных породах, предотвращая вывалы, обвалы и падение камней на пути со склона.

Преимущества конструкций:

- Фиксация камней на скальной поверхности. Стальные канаты, образуя прочную сеть, плотно прилегают к поверхности и фиксируют крупные камни, предотвращая их падение.

- Удобство монтажа. Поскольку используемые материалы и оборудование имеют небольшой вес, монтаж системы не вызывает затруднений.

- Бережное отношение к природе. Сеть формируется на склоне из отдельных канатов, поэтому их прокладка в большинстве случаев не требует вырубки деревьев.

- Возможность использования стальной сети. На участках, где происходит вывал рыхлых пород и мелких камней из сети стальных канатов, возможно применение мелкоячеистой стальной сетки.

Примеры использования системы RopeNet изображены на рис. 18–19.

Система RockNet

Противокаменная система RockNet предназначена для защиты территории от падающих камней. Система RockNet представляет собой конструкцию из стальных канатов и сети, покрывающую откосы.

Таким образом, склон или скальный откос, на котором существует опасность возникновения камнепада, полностью покрывается конструкцией, состоящей из стальных канатов и стальной сети, благодаря чему обеспечивается надежная защита от камнепада на всей поверхности склона.

Система RockNet, в отличие от системы RopeNet, в период эксплуатации требует проведения работ по периодическому удалению скатившихся к основанию откоса камней. Принцип работы противокаменной системы RockNet наглядно показан на рис. 20.

Главная задача рассмотренных в статье конструктивных решений заключается в обеспечении безопасности людей и предупреждении природных и техно-природных явлений.

При выборе технического решения для инженерной защиты

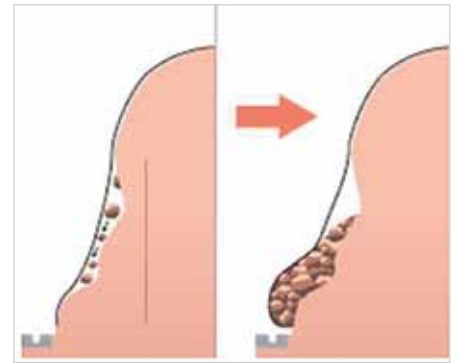


Рис. 20. Принцип работы противокаменной системы RockNet

объектов транспортной инфраструктуры ключевыми факторами являются надежность и долговечность используемых конструкций.

Применение современных технологий и решений позволяет решать эти задачи, минимизировать природные и техногенные риски, сохранив эстетику и первоначальный облик окружающей среды, а главное – обеспечить безопасность и бесперебойность движения автомобильного транспорта.

А.П. Бойцова, инженер,
тел.+7-911-146-9576,
anastasiya.boytsova@tre.spb.ru

Е.А. Коновалов,
главный технолог,
ООО «ТР Инжиниринг»
тел.+7-911-936-3012,
evgeniy.kononov@tre.spb.ru

TR Engineering