

Решения инженерной защиты прилегающих территорий ГЭС от камнепадов



В статье рассказано про два решения компании «Маккаферри» по защите от камнепадов – это системы драпировки склонов и динамические камнеулавливающие барьеры. Показана эффективность применения данных решений на примерах выполненных проектов инженерной защиты на Богучанской ГЭС и Гоцатлинской ГЭС.

Кукло Иван Александрович

Директор по маркетингу «Маккаферри СНГ»

Довольно часто объекты гидроэнергетики возводятся в горных районах, где высока вероятность возникновения опасных геологических процессов. На функциональность ГЭС могут повлиять различные факторы, одним из них являются камнепады – неконтролируемое откалывание горной массы от склона ввиду внешних и внутренних воздействий и, как следствие, обрушение на нижерасположенную инфраструктуру и людей.

Задача обеспечения бесперебойной работы ГЭС в течение всего периода эксплуатации включает в себя организацию беспрепятственного движения по подъездным дорогам, а также создание безопасных условия работы для персонала станции. Поэтому устройство инженерной защиты территории очень важно для предупреждения возникновения чрезвычайных ситуаций как во время строительства, так и во время эксплуатации гидроэлектростанции.

Решение вопроса инженерной защиты ГЭС

Для решения задач подобного плана [компания Маккаферри](#) располагает несколькими типами защиты. Рассмотрим основные.

Системы драпировки склонов

Система Стилгрид® предназначена для драпировки склонов от камнепадов или как укрепительное мероприятие, направленное на увеличение устойчивости поверхности откосов. Как правило, драпировка применяется в случае, когда необходимо закрепить неустойчивый массив в условиях ограниченного пространства.

Система Стилгрид® представляет собой стальной геокомпозит, который изготавливается из стальной проволоки и канатов. Система Стилгрид® – это полотно из сетки двойного кручения с вплетенными в продольном и поперечном направлениях канатами диаметрами 8 мм, 8.2 мм.

Стальная проволока, которая используется для производства сетки двойного кручения, имеет гальфановое покрытие, состоящее на 95% из цинка, на 5% из алюминия с добавлением примеси мишметаллов.

Стилгрид® HR (от англ. Highly Resistant — высокопрочный) полотно из сетки (проволока 3,0 мм) двойного кручения с шестиугольными ячейками (80 × 100 мм) и вплетенными в нее в продольном направлении стальными тросами диаметром 8,2 мм с шагом 50, 100 или 150 см (рисунок 1). Сетка и тросы удовлетворяют требованиям ГОСТ Р 51285, ГОСТ 3066.



Рис. 1. Драпировка Стилгрид HR на склоне

Динамические камнеулавливающие барьеры

Вторым основным типом защиты инфраструктуры ГЭС от камнепадов является установка динамических камнеулавливающих барьеров. Барьеры являются наилучшим решением,

когда невозможно точно установить место отрыва и падения обломков и имеется достаточно места в основании склона для их установки.

Камнеулавливающие барьеры обычно устанавливаются у подножия крупных скальных массивов, склоны которых невозможно полностью покрыть драпировкой, но есть опасность обрушений над инфраструктурой.

Нагрузка, действующая от каменных блоков на барьер, распределяется между стойками равномерно, тем самым минимизируя напряжение на отдельные его элементы, а система поглощения энергии работает не за счет трения, а за счет деформации сменных энергогасителей и обеспечивает эффективность и длительный срок службы конструкции. Подобная конструкция барьера может устанавливаться практически на любом склоне (вне зависимости от уклона и подстилающей поверхности).

Камнеулавливающие барьеры устанавливаются в виде комплекта: улавливающие сетчатые панели, стойки, опорные плиты основания, элементы фундамента и анкера, тормозные устройства, тросы и такелажные детали (рисунок 2).

Каждая модель барьера имеет свои конструкционные особенности. барьеры различаются по:

- поглощаемой кинетической энергии удара (от 100 кДж)
- высоте (от 2 до 8 м)
- типу стоек (трубчатые и двутавровые)
- типу перехватывающей панели (сетка двойного кручения с канатами, сетка двойного кручения с кольчужной сетью)
- количеству гасителей энергии
- диаметру удерживающих тросов 16-22 мм.

Стандартное расстояние между стойками – 10 м. (в зависимости от проекта может быть изменено 8-12 м). Рекомендуемая длина барьера от 30 до 70 м.

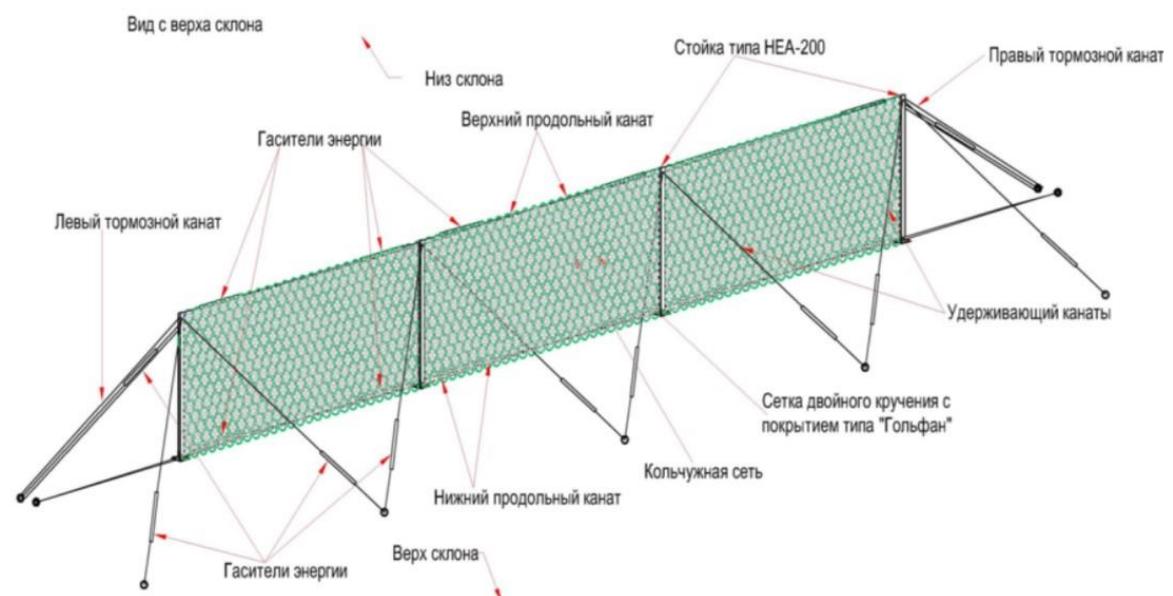


Рис. 2. Конструктив камнеулавливающего барьера Маккаферри

Для обеспечения планового срока службы барьера важно правильно выбрать/спроектировать тип его основания. Различают два основных типа фундамента – (1) для скальных грунтов и (2) для рыхлых грунтов.

Особенностью данных барьеров являются тормозные системы – запатентованная технология компании Маккаферри. Диссипатор или Гаситель энергии (рисунок 3) – устройство для гашения кинетической энергии, действующей на улавливающую панель барьера в момент падения каменных обломков. Он соединяет при помощи канатных оттяжек стойку и панель барьера с анкером. Нагрузка, действующая от каменных обломков на барьер, распределяется между стойками равномерно, тем самым минимизируя напряжение на отдельные его элементы, а система поглощения энергии работает не за счет трения, а за счет деформации алюминиевых трубок (рисунок 4) и обеспечивает эффективность и длительный срок службы конструкции Камнеулавливающего барьера RMS.



Рис. 3. Общий вид гасителя



Рис. 4. Вид гасителя после срабатывания

Динамические камнеулавливающие барьеры прошли сертификацию в системе ГОСТ Р как целая конструкция и получили Техническое Свидетельство Минстроя России, где они имеют маркировку «барьеры РМС». Все модели барьеров производятся на заводе Маккаферри по ТУ 1275-008-42873191-2012.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Защита от камнепадов инфраструктуры Богучанской ГЭС

Богучанская ГЭС расположена на реке Ангара у города Кодинска Кежемского района Красноярского края. Она входит в Ангарский каскад ГЭС, являясь его четвертой, нижней ступенью. Строительство Богучанской ГЭС, шедшее с 1974 до 2014 года, является рекордным по продолжительности в истории российской гидроэнергетики.

В ходе работ строители столкнулись с проблемой обрушения скального грунта. Склон над подъездной дорогой и сопутствующими зданиями, состоящий из сильновыветрелых скальных пород, представлял серьезную опасность. Нарушение транспортного сообщения по причине частых камнепадов могло привести к срывам сроков строительства объекта, поэтому возникла необходимость обеспечения безопасной эксплуатации подъездной дороги ГЭС и, в первую очередь, здания.

Администрация Богучанской ГЭС приняла решение по осуществлению чрезвычайных мер по защите, потому как были инциденты по вывалу каменного материала. Изначально рассматривался вариант устройства противокампнепадных насыпей, но ввиду значительной высоты склонов – от 60 до 120 метров, а также практически вертикального угла заложения – до 90 градусов, было решено, что эффективность устройства насыпей у основания будет слишком низкой. Насыпь попросту не уловит большую часть тех обломков, которые потенциально могут оторваться и достичь элементов защищаемой территории.



Рис. 5. Процесс установки Стилгريد® HR

С технической и экономической точек зрения была выбрана система драпировки Стилгريد® HR150 (рисунки 5, 6).

Работы по инженерной защите были выполнены в два этапа и шли параллельно со строительством самой ГЭС. В 2010 году было установлено 45 000 м² драпировки, в 2011 году – оставшиеся 23 000 м².

По сей день система Стилгريد® HR150 находится в хорошем состоянии, защищая гидроэлектростанцию от камнепадов.

Положительная практика устройства данного типа защиты послужила основанием для применения данной технологии на других объектах гидроэнергетики.



Рис. 6. Система драпировки СтилGRID® HR 150

Защита от камнепадов инфраструктуры Гоцатлинской ГЭС

Совсем недавно РусГидро ввело в эксплуатацию Гоцатлинскую ГЭС в Дагестане – самую крупную на данный момент гидроэлектростанцию, целиком построенную в постсоветское время. С 1 октября 2015 года ГЭС начала работу на оптовом рынке электроэнергии. Гоцатлинская ГЭС находится в 43 км от устья реки Аварское Койсу, несколько выше впадения в нее крупнейшего притока – реки Каракойсу. Ее проектная мощность – 100 МВт, среднегодовая выработка – 350 млн кВт/ч.

Для строительства здания ГЭС и вспомогательной инфраструктуры был подрезан крутой сильнотрещиноватый склон, скально-обвальные явления угрожали жизни обслуживающего персонала и бесперебойному функционированию самого объекта. Инженерная защита представляет собой комплексное решение (рисунок 7). На промежуточной берме установлен Камнеулавливающий барьер RMC/100А, рассчитанный на удержание обломков с кинетической энергией до 1000 кДж (рисунок 8). Ниже барьера, непосредственно над зданием ГЭС, на 30 метровом склоне установлена простая драпировка СтилGRID® HR150. Проект разработан ЗАО «ОРП ДАГЕСТАНСКИХ ГЭС» – «Отдел рабочего проектирования Дагестанских ГЭС».

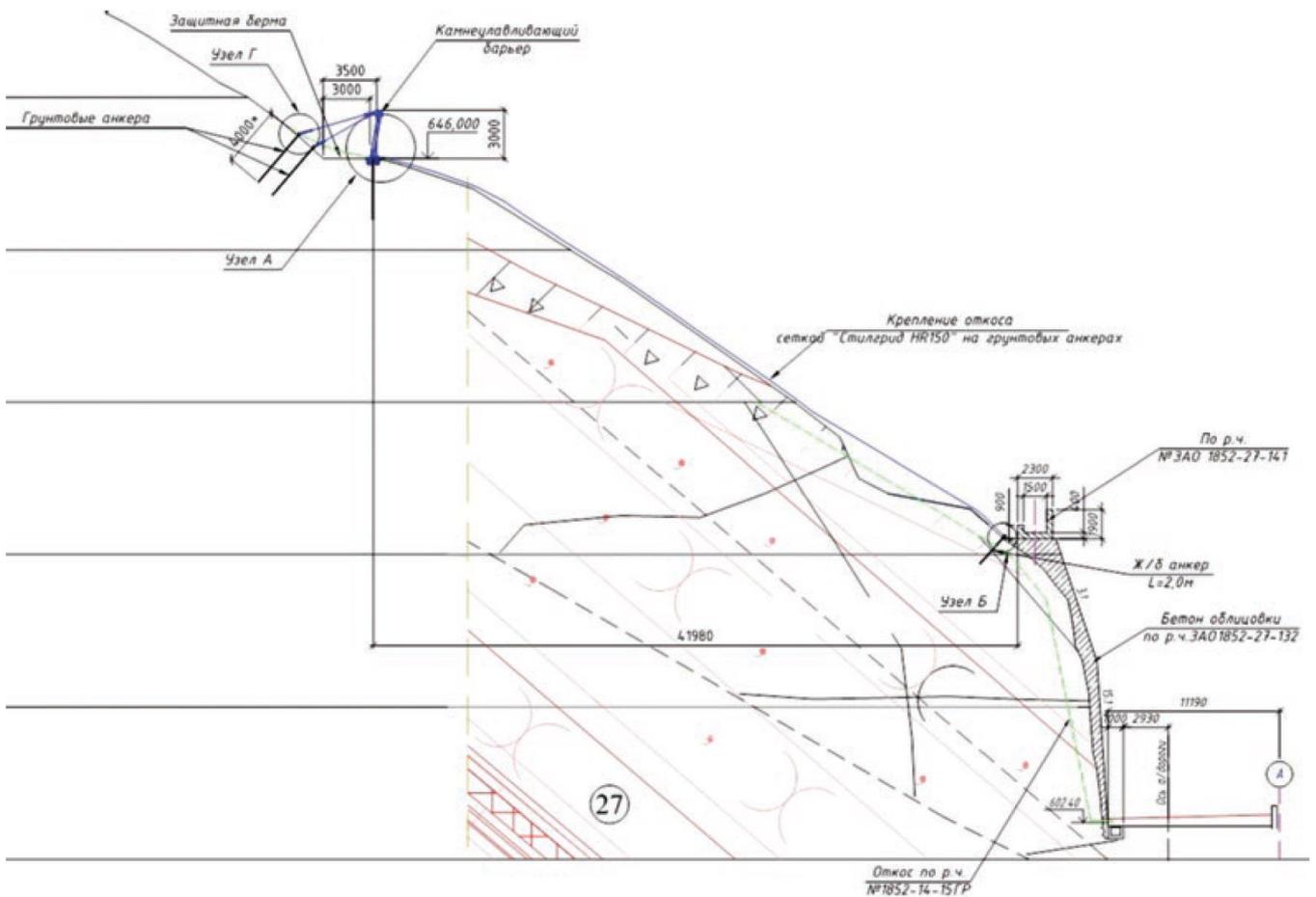


Рис. 7. Поперечный профиль скально-обвального участка с элементами инженерной защиты

Таким образом, здание было защищено от обвальных явлений как на вышележащих естественных склонах, так на искусственно созданном склоне самого котлована (рисунок 9).



Рис. 8. Закрепление улавливающей панели (финальная стадия)



Рис. 9. Первый камнепад успешно задержан барьером RMC 100A

Компания Маккаферри располагает пакетом расчетных программ, сертифицированных на территории России, позволяющих определять параметры инженерных сооружений как для систем драпировки Стилгрид®, так и для динамических камнеулавливающих барьеров. Благодаря этому на основании всех возможных траекторий падения обломков выбирается наиболее оптимальное местоположение барьера; в зависимости от распределения эпюры скоростей и энергии подбирается его подходящая модель.

Опыт применения подобных конструкций на вышеназванных объектах показал высокую эффективность данных систем и их высокую надежность по защите инфраструктуры ГЭС, чем, как мы считаем, заслужил более широкое применение на объектах гидроэнергетики.