

ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА XXI ВЕКА

Компания «ТР Инжиниринг» специализируется на разработке и производстве систем инженерной защиты территорий от опасных геологических процессов, а также полного спектра средств мониторинга.

Основными продуктами компании являются:

Канатно-сетчатая система MightyNet для укрепления склонов, откосов, берегов от оползней, защиты грунтов от эрозии, крепления горных выработок на шахтах и карьерах, защиты от камнепадов.

Габионные конструкции RockBox для повышения общей устойчивости склона, исключения локальных размывов, предотвращения

эрозии и обрушения по линии скольжения оползней.

Канатно-анкерные системы RopeNet и TRS для укрепления скальных склонов, откосов, берегов, крепления горных выработок на шахтах и карьерах, защиты от камнепадов и обвалов (рис. 1).

С целью обеспечения безопасности строительства и эксплуатационной надежности вновь возводимых (реконструируемых) объектов

должен осуществляться геотехнический мониторинг.

В настоящей статье рассматривается внедрение системы мониторинга в системы инженерной защиты от опасных геологических процессов.

Для снижения эксплуатационных затрат компанией «ТР Инжиниринг» был разработан и интегрирован в продукцию программно-аппаратный комплекс мониторинга состояний систем инженерной защиты, отображающий информацию в режиме реального времени.

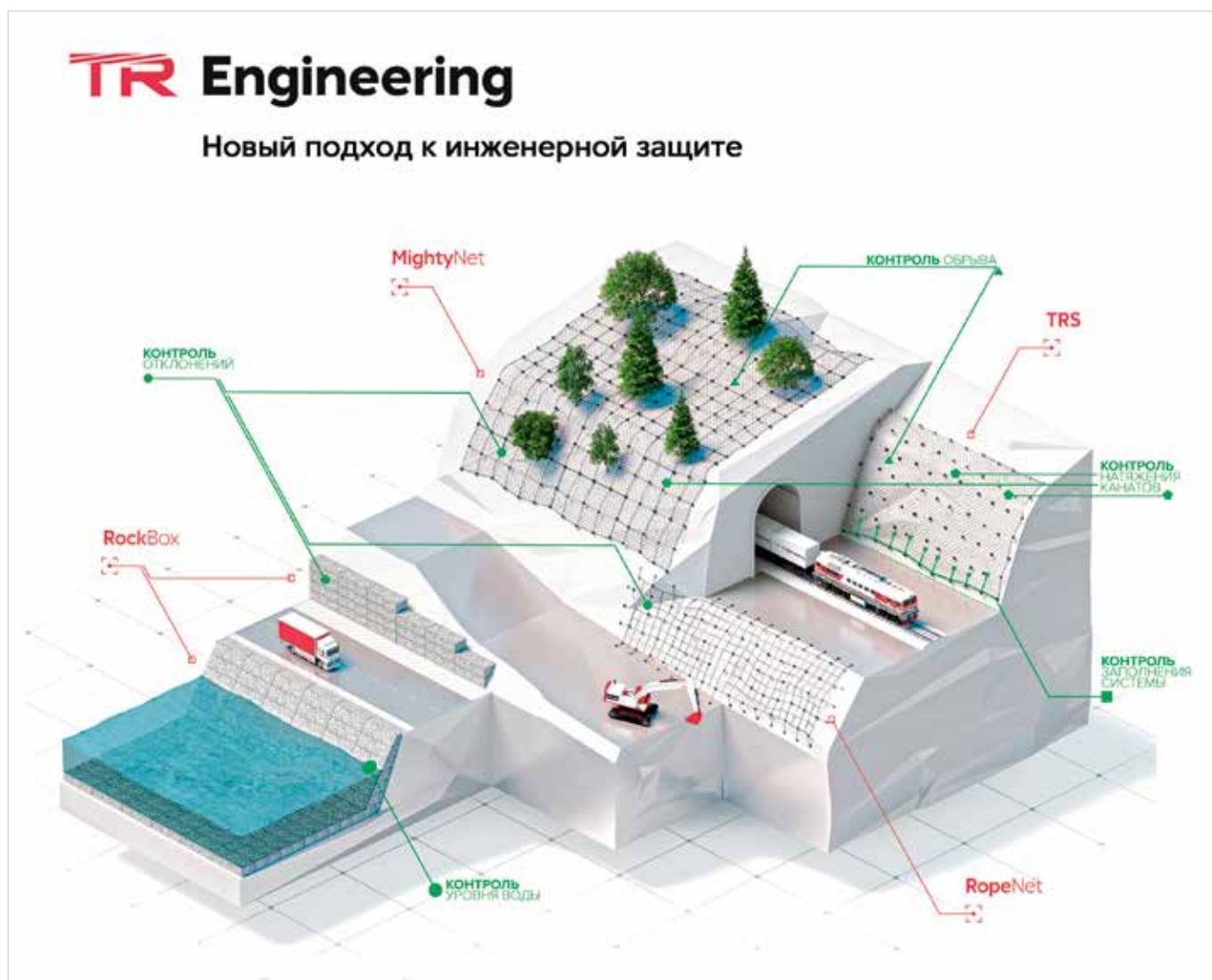


Рис. 1. Информационные технологии в инженерной защите



Инклинометры, смонтированные на системе RopeNet

Передача информации осуществляется по энергоэффективному интерфейсу передачи данных LPWAN, что обеспечивает автономность системы на пять-шесть лет, тем самым сводя к минимуму необходимость обслуживания. Данные передаются по зашифрованным каналам связи и не могут быть использованы третьими лицами.

Система предназначена для:

- мониторинга, хранения и анализа информации о текущем состоянии системы инженерной защиты и изменениях ее пространственного положения, фактически являясь системой мониторинга инженерных конструкций (СМИК);
- отображения информации о геотехническом состоянии объекта и прилегающих опасных территорий (выемок, обвальных участков, неустойчивых валунов и др.);
- информирования заинтересованных служб эксплуатации.

Система содержит в себе:

- автономные модули, передающие показания беспроводной связью;
- массив датчиков;
- базовая станция, принимающая информацию от датчиков;
- сервер, принимающий информацию от модуля;
- сайт (приложение), отображающий информацию с сервера.

Отображение информации о геотехническом состоянии работает по принципу, описанному ниже.

Данные о состоянии фиксируются в программной части при монтаже системы на объекте. В последующем при возникновении отклонений от изначально заданных параметров датчика, установленные на объекте, передают информацию о данном событии на сервер, который обрабатывает данные и отправляет их в виде информации в приложение. Приложение наглядно (при необходимости) отображает объект с массивом установленных сенсоров, каждый из которых настроен на определенный вид событий, таких как:

- изменение угла наклона элемента системы от первоначального положения;
- факт начала движения элемента системы;
- фиксация изменения натяжения троса;
- обрыв сегмента;
- сильная вибрация;
- повышение или понижение уровня воды;
- вскрытие охраняемого сегмента.

В качестве системы оповещений используются варианты, необходимые для конкретного объекта, такие как:

- оповещение с помощью телефонного звонка от конкретного

датчика на заданный в приложении номер телефона;

- оповещение СМС-сообщением;
- оповещение на электронную почту;
- оповещение через мессенджер;
- индикация изменения состояния в приложении.

Система геомониторинга позволяет снизить эксплуатационные расходы за счет исключения человеческого фактора, а также оперативно предоставить информацию о скально-обвальных и других процессах, тем самым предотвратить возможные аварийные ситуации.

Сейсмический геомониторинг как система быстрого реагирования, предназначенная для выявления опасных обрушений на скально-обвальных участках, в режиме реального времени позволяет дать оценку ситуации и возможность разработать меры по скорейшему устранению аварийной ситуации.

Современные системы обеспечивают контроль состояния объекта, уменьшают число необязательных остановок транспорта и сокращают затраты на восстановление.

LPWAN представляет собой специально разработанную беспроводную технологию передачи небольших объемов данных на дальние расстояния. Радиус действия базовой станции достигает 50 км.

Особенностями LPWAN являются: большая дальность передачи радиосигнала, низкое энергопотребление конечного устройства, работа в безлицензионном диапазоне частот.

С точки зрения практического развития технологии для конечного потребителя, можно говорить о ряде преимуществ LPWAN технологий и их большей перспективности (по сравнению с LoRaWAN, SigFox, Стриж и ВАБИОТ) за счет:

- использования безлицензионного диапазона радиочастот;

- большей площади покрытия одной базовой станцией (сетевым шлюзом);
- меньшей стоимости конечного устройства;
- большего срока работы на одном элементе электропитания (более пяти лет);
- простоты и низкой стоимости организации сети.

Сеть имеет топологию типа «звезда». Конечные устройства через сетевые шлюзы (базовые станции) взаимодействуют с сервером сети. Диапазон используемых радиочастот составляет 863,0–870,0 МГц с мощностью от 25 мВт до 100 мВт, что позволяет использовать конечные устройства и создавать частные сети без получения лицензии на использование радиочастот.

Применение узкополосного сигнала с высокой энергетикой на каждый бит передаваемой информации обеспечивает хороший энергетический потенциал канала связи и высокую помехоустойчивость. Пропускная способность в нелицензируемом диапазоне радиочастот составляет 846 тыс. сообщений в сутки для разных классов устройств. Применяемая технология обратного канала позволяет минимизировать мощность обратного сигнала до разрешенного уровня от 25 мВт до 100 мВт.

Поддержка движущихся объектов

SigFox, Стриж и ВАБИОТ для передачи сообщений в прямом канале используют фазовую модуляцию, что приводит к ухудшению качества приема сигнала с движущихся объектов за счет многолучевого распространения узкополосного сигнала и к существенному сокращению дальности работы системы. LPWAN использует UNB сигнал с частотной модуляцией, которая менее чувствительна к движению конечного устройства.

Необходимость получения лицензии

В сетях SigFox, Стриж и ВАБИОТ для обеспечения симметричного по

дальности обратного канала требуется повышенная мощность передатчика базовой станции (до 0,5–2 Вт). Это приводит к необходимости получения лицензии на использование радиочастот, что, в свою очередь, негативно сказывается на скорости и простоте разворачивания сети SigFox и создает сложности при построении частных сетей в России.

Сквозное шифрование данных

Защита данных конечного устройства (payload) осуществляется путем шифрования устройством и расшифровки приложением пользователя. Также защита осуществляется и при передаче команд в обратном канале (от приложения к устройству). В сети применяется шифрование AES128. Каждое конечное устройство имеет идентификатор и персональный 128-битный ключ AppPKey. При активации устройства (или отключении/подключении элемента питания) ключ аутентификации приложения AppPKey используется для вычисления ключа приложения AppSKey. Сквозное шифрование осуществляется на ключе AppSKey. Архитектура предусматривает вынесение сервиса, отвечающего за выработку ключа приложения AppSKey, на сторону приложения, что дает возможность пользователю обеспечить безопасность независимо от оператора сети.

Применение шифрования позволяет обеспечить:

- аутентичность данных конечного устройств;
- конфиденциальность информации;
- безопасное хранение информации.

Обзор сетевой архитектуры

Сеть строится в соответствии с общепринятой архитектурой, в которой присутствует несколько уровней:

- уровень сети;
- уровень платформы;
- уровень приложений пользователя.

Уровень сети предназначен для сбора данных с конечных

устройств. Конечные устройства обеспечивают сбор данных о физическом объекте и выполнение команд от приложения. Взаимодействие осуществляется с сетевым шлюзом (базовой станцией) по радиоканалу.

Сетевые шлюзы обеспечивают автоматизированный прием сообщений от конечных устройств по радиоканалу и их передачу по сети на сервер. Также сетевые шлюзы обеспечивают передачу команд на конечные устройства. В качестве канала до сервера поддерживается отправка по GSM и Ethernet и задействуется сеть Интернет для передачи данных.

Шлюзы могут использоваться как на стационарных, так и на передвижных объектах, а их особенностью является то, что все они обеспечивают прием всех сообщений из радиоэфира во всем диапазоне частот и направляют все сообщения на сервер.

Сетевой шлюз имеет уникальный аппаратный идентификатор, являющийся его сетевым идентификатором, который используется сетевым сервером для обработки сообщений.

Уровень платформы состоит из сетевого сервера и предназначен для получения данных, их обработки, перенаправления приложениям пользователей и управления уровнем сети.

Такой подход имеет следующие важные преимущества:

- позволяет работать нескольким операторам сети, согласование работы операторов не требуется;
- отсутствует необходимость частотного планирования и обеспечения роуминга в сети;
- отличается простотой разворачивания сети и минимизацией затрат на организацию;
- отсутствует необходимость наличия у пользователей или операторов связи сервера сети;
- повышается надежность работы сети;

- снижаются операционные расходы на эксплуатацию сети.

Необходимо понимать, что для всех сетей связи, включая LPWAN, при наличии необходимости осуществления частотного планирования требуется специализированное ПО для его проведения.

Варианты использования сетевого сервера

Пользователи устройств могут использовать единый облачный сервис и личный кабинет пользователя. В этом случае задачи по обеспечению отказоустойчивости и масштабирования решаются компанией и все пользователи получают единый и качественный сервис.

При наличии ограничений на использование облачных сервисов возможен вариант размещения сетевого сервера на стороне пользователя.

Оборудование

Сетевой шлюз:

- внесен в реестр ТОПЭ;
- не требует настройки и обслуживания;
- имеет множество вариантов подключения питания, включая питание от солнечной батареи;
- 2G/3G/4G UPLINK канал;



Рис. 2. Сетевой шлюз

- всепогодное исполнение;
- поставляется вместе с блоком питания;
- крепится на балки-мачты.

Сетевой шлюз (рис. 2) является средством обеспечения доступа сети и создает радиопокрытие в диапазоне частот 868 МГц. Изделие обеспечивает прием сообщений от конечных устройств по радиоканалу и их передачу по GSM сети на сервер. Шлюз принимает более 880 тыс. сообщений в сутки на максимальной дальности. Это более чем в 30 раз превосходит пропускную способность шлюза LoRa на максимальной дистанции. Шлюз может использоваться на стационарных и передвижных объектах. Устройство имеет всепогодное исполнение с возможностью крепления на мачте антенны.

Шлюз построен по принципу «включил и забыл». После включения питания он самонастраивается и не требует дополнительного ПО для управления, а также не нуждается в конфигурировании и профилактическом обслуживании. Особенности организации системы позволяют расположить несколько станций рядом для увеличения общей пропускной способности или резервирования.

Инклинометр:

- измеряет угол наклона (от вертикали или горизонтали);
- герметичное, всепогодное исполнение, степень защиты IP67;
- не требует обслуживания;
- работает от батареи (в комплекте), рассчитан на 50 тыс. сообщений, что эквивалентно пяти годам работы при передаче сообщений раз в час (если передавать реже – проработает дольше);
- точность – до 0,1°;
- при превышении порогового значения передает сигнал тревоги.



Рис. 3. Инклинометр

Инклинометр (рис. 3) предназначен для непрерывного измерения угла наклона объекта от оси. Имеет широкий спектр применения: контроль отклонения противопожарных систем, опор ЛЭП, башенной инфраструктуры (АМС) «сотовых» операторов, столбов уличного освещения, падения деревьев, дорожных знаков, строительных кранов, рекламных щитов и других конструкций.

Сообщение «тревога» передается моментально при резком отклонении от выбранной оси, то есть при превышении заданных граничных значений угла отклонения.

Датчик температуры и влажности воздуха:

- всепогодное исполнение;
- не требует обслуживания;
- работает от батареи (в комплекте), рассчитан на 50 тыс. сообщений, что эквивалентно пяти годам работы при передаче сообщений раз в час. Если передавать реже – проработает дольше.



Рис. 4. Датчик температуры и влажности воздуха

Датчик (рис. 4) позволяет с высокой точностью измерять температу-

ру и влажность воздуха. Как и все остальные конечные устройства, работает на движущихся объектах.

Датчик движения:

- герметичное, всепогодное исполнение, степень защиты IP67;
- не требует обслуживания;
- периодически подтверждает, что стоит на охране (передает контрольный сигнал);
- работает от батареи (в комплекте), рассчитан на 50 тыс. сообщений, что эквивалентно пяти годам работы при передаче сообщений раз в час. Если передавать реже – проработает дольше.



Рис. 5. Датчик движения

Датчик (рис. 5) предназначен для непрерывного контроля движения или выявления момента вскрытия (движения). Для этого используется давно зарекомендовавшая себя технология пассивных инфракрасных сенсоров, или «датчиков движения», которые широко применяются в охране.

Устройство постоянно передает сообщения «контроль канала» в заданные интервалы времени, а сообщения о выявлении вскрытия (движения) передаются вне очереди и повторяются несколько раз (для надежности).

Охранный датчик:

- герметичное, всепогодное исполнение, степень защиты IP67;
- не требует обслуживания;



Рис. 6. Охранный датчик

■ периодически подтверждает, что стоит на охране (передает контрольный сигнал);

■ антенна специально рассчитана на работу из металлического окружения.

Охранный датчик (рис. 6) предназначен для непрерывного контроля размыкания или замыкания контактов на любых объектах. По сути, он является беспроводным датчиком «сухого контакта». Радиомодем датчика может передавать сообщения из полностью металлического окружения на расстоянии до 5 км.

Такое расстояние в подобных условиях не обеспечивает ни одна другая технология. Датчик передает сообщения «контроль канала» в заданные интервалы времени и сообщения о выявлении смены состояния контактов.

Датчик уровня воды:

- определение текущего уровня воды, тревога в случае резкого изменения;
- герметичное, всепогодное исполнение, степень защиты IP67;
- не требует обслуживания;
- работает от батареи (в комплекте), рассчитан на 50 тыс. сообщений при передаче сообщений раз в час (если передавать реже – проработает дольше);
- точность измерений – 1 см, есть спецверсии повышенной точности (до 1 мм).



Рис. 7. Датчик уровня воды

Датчик уровня жидкости специально разработан и предназначен для непрерывного выявления факта изменения уровня жидкости. Не имеет ограничений на диапазон минимального и максимального измеряемого уровня.

Может использоваться для контроля уровня в резервуарах, водоемах и широкого круга технологических объектов. Это достигается за счет применения универсального способа измерения, основанного на базе датчика давления.

Модем:

- подключение аналоговых датчиков с интерфейсом RS-485;
- подключение аналоговых датчиков с интерфейсом 4–20 мА;
- герметичное, всепогодное исполнение, степень защиты IP67;
- не требует обслуживания;
- работает от батареи (в комплекте), рассчитан на 50 тыс. сообщений, что эквивалентно пяти годам работы при передаче сообщений раз в час. Если передавать реже – проработает дольше. Данное устройство разработано для подключения любых аналоговых датчиков с интерфейсами RS-485 и 4–20 мА для интеграции их в общую систему мониторинга.



Рис. 8. Модем

Благодаря разработанному комплексу мониторинг за сооружением может осуществлять один человек с персонального компьютера или любого мобильного устройства.

Д.С. Скворцов,
руководитель проекта,
Н.В. Селезнева,
менеджер проектов
ООО «ТР Инжиниринг»

TR Engineering

тел. +7 (812) 424-18-88
info@tre.spb.ru
www.tre.spb.ru