

# Активная термостабилизация и инженерная защита мёрзлых грунтов оснований



Деформационные трещины асфальтобетонного покрытия на участке деградации многолетнемёрзлых грунтов основания земляного полотна. Федеральная автодорога «Амур». Фото Дмитрия Шестернёва, заведующего лабораторией инженерной геокриологии ИМЗ СО РАН

**В последние годы в России при строительстве и ремонте автомобильных дорог в зоне вечной мерзлоты (криолитозона) появилась возможность применять технологию активной термостабилизации мёрзлых грунтов оснований, откосов и тела насыпи единым комплексом с методами инженерной защиты многолетних мёрзлых грунтов от деградации.**

**Рефик Баясан,**  
кандидат технических наук

**Т**ехнология активной термостабилизации с применением искусственного замораживания и охлаждения грунтов с помощью автономных охлаждающих устройств — термостабилизаторов различных типов и конструкций — позволяет расширить область использования мёрзлых пород в качестве оснований сооружений по 1 принципу. Активная термостабилизация позволяет повысить несущую способность грунтовых и свайных оснований и фундаментов и тем самым обеспечить их устойчивость и эксплуатационную надёжность, упростить технические решения и технологию строительства, а кроме того, в ряде

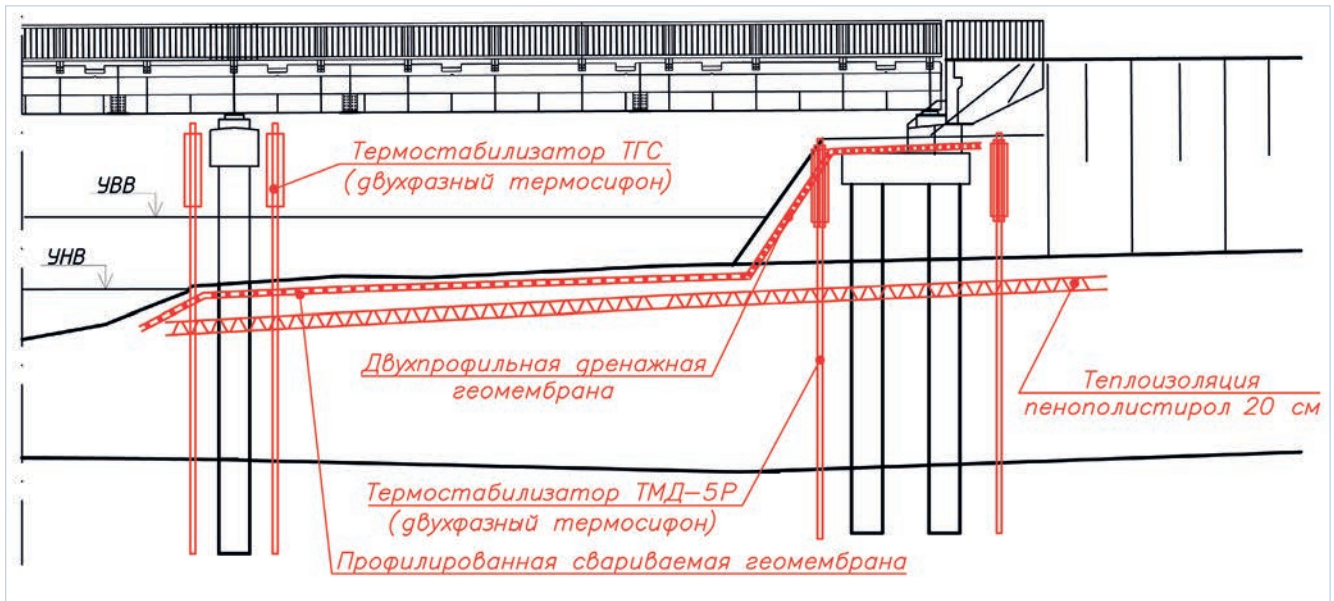
случаев, снизить материалоёмкость и трудозатраты, сократить сроки и, соответственно, стоимость.

Физической основой использования двухфазных термосифонов в качестве наиболее эффективных термостабилизаторов для инженерной защиты сооружений в криолитозоне является зависимость свойств дисперсных пород от температуры (когда она ниже температуры начала замерзания). Их прочность (на сжатие, на сдвиг, на отрыв от поверхностей фундаментов) многократно возрастает с понижением температуры, а сжимаемость и влагопроницаемость при этом снижаются. Поэтому активное глубинное охлаждение грунтового массива приводит к значительному повышению его несущей способности и устойчивости к воздействию потоков тепла и влаги как от возводимых сооружений, так и возникающих вследствие нарушений естественного режима тепло- и влагообмена в грунте.

Изменение геокриологических условий грунтов оснований объектов как в процессе строительства, так и в период эксплуатации оказывает существенное воздействие на стабильность оснований и фундаментов и, соответственно, на устойчивость самих сооружений. Развитие негативных инженерно-геокриологических процессов, в том числе пучения, термокарста, осадки при оттаивании мёрзлых грунтов и др. начинается даже при незначительных изменениях установившегося теплового баланса в геотехнической системе «атмосфера — сооружение — грунт».

Термостабилизаторы предназначены для искусственного замораживания талых и охлаждения многолетнемёрзлых грунтов в криолитозоне. Термостабилизаторы — двухфазные термосифоны сезонного действия являются автономными холодильными

**Баясан Рефик Мамедович**, к. т. н., профессор, академик (иностранный член) Инженерной Академии Украины, член-корреспондент Международной Инженерной Академии, заслуженный изобретатель СССР, лауреат Премии Ленинского Комсомола, награждён тремя медалями ВДНХ, ветеран труда. Член Президиума и Председатель комитета по применению тепловых труб в строительстве, агросекторе и коммунальном хозяйстве Межреспубликанской Научной Ассоциации «Тепловые трубы».



Активная термостабилизация опор и конусов мостов на многолетнемёрзлых грунтах

устройствами, работающими за счёт низких температур атмосферного воздуха в холодное время года с аккумуляцией холода в грунте на летний период, и не требуют в процессе эксплуатации никаких затрат. Парожидкостные термостабилизаторы — двухфазные термосифоны обладают очень высокой теплопередающей способностью, быстрым темпом вмораживания, изотермичностью по длине, высокой эффективностью охлаждения, удлинённым периодом активной работы, удобством транспортировки и монтажа, малыми металлоёмкостью и весом. Двухфазные термосифоны являются «тепловыми диодами», проводящими «холод» в зимний период года и не проводящими «тепло» в летнее время.

Термостабилизация весьма эффективна и как средство защиты от морозного пучения. Кроме того, термостабилизация мёрзлых грунтов посредством двухфазных термосифонов является мощным средством нейтрализации негативного влияния случайной изменчивости климатических факторов на устойчивость сооружений. Никакие пассивные средства — теплоизоляционные покрытия и экраны, подсыпки и прочее — не могут дать такого эффекта.

Инженерная защита на основе современных геосинтетических материалов (теплоизоляция, дренажи, гидроизоляция, многочисленные композиты) становится прекрасным дополнением к термостабилизаторам. Уровень современных знаний и вычислительные мощности позволяют дополнять расчёты конструкций на прочность и деформативность теплотехническими расчётами и долгосрочным прогнозным моделированием поведения грунтов основания в зависимости от инженерно-геологических, гидрологических и гидрокриологических условий и с учётом характеристик термостабилизируемого объекта (тело насыпи, основание, откос насыпи, устой и опоры мостов).

### Эффективность комплексных решений для вечной мерзлоты

В качестве примера комплексного решения по активной термостабилизации и инженерной защите приведён эскиз технического решения по опоре моста на вечной мерзлоте.

Термостабилизаторы промораживают грунты основания опор и устоев моста на всю глубину их установки в грунт плюс 0,5–1,0 м глубже торца устройства. При этом работают не только боковые силы сцепления грунта с опорой по её периметру, но и создаётся твердое основание опоры, что позволяет гарантировать устойчивость устоя моста.

Теплоизоляция работает как обратный клапан: в летний период препятствует проникновению тепла и сохраняет холод, аккумулятивный в холодное время года термостабилизатором вокруг и в основании опоры.

Профилированная сварная геомембрана позволяет сохранить термо-влажностный режим грунтов основания опоры моста в тёплое время года. Прекращение миграции воды (влаги) (прекрасного теплоносителя) в грунтах вокруг опоры снижает тепловую нагрузку на мерзлоту. Наличие профиля у геомембраны делает возможным использовать её на откосах, а сварной шов обеспечивает прочность и полную герметичность соединения полотен.

Кроме опор мостов и путепроводов комплексные решения по активной термостабилизации и инженерной защите перспективны в применении на подходах к мостам и пойменным насыпям и для предотвращения деградации мерзлоты на эксплуатируемых участках дорог. Отдельно стоит отметить перспективы по применению данной технологии при строительстве на болотах: гарантия сохранения мерзлоты в основании во многих случаях позволит отказаться от замены грунта основания (выторфовки).

Выбор технологии и технических средств активной термостабилизации и инженерной защиты мёрзлых грунтов оснований (тип и конструкция термостабилизаторов, параметры теплоизоляционных, гидроизоляционных и геосинтетических материалов) определяется на стадии проектирования на основании результатов инженерных, теплотехнических, теплофизических расчётов и краткосрочных и долгосрочных прогнозов, выполняемых методом математического моделирования. ■ н-дв.рф