

ШОКАРЕВ ВИКТОР СЕМЕНОВИЧ

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник, директор Запорожского отделения Государственного предприятия "Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций", член Международного общества по механике грунтов и геотехническому строительству.

Основные направления научной деятельности: строительство, реконструкция и эксплуатация зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях, техническое диагностирование строительных конструкций, разработка геотехнологий и автоматизированных систем мониторинга строительных объектов

Автор более 160 научных работ.

E-mail: zoniisk@mail.ru



ГРЕЧКО ВЛАДИМИР ФЕДОРОВИЧ

Инженер I категории лаборатории "Геотехнических исследований" Запорожского отделения Государственного предприятия "Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций", член Международного общества по механике грунтов и геотехническому строительству.

Основные направления научной деятельности: методы закрепления просадочных и слабых грунтов; способы защиты зданий и сооружений на деформируемых основаниях

Автор более 30 научных работ.

E-mail: zoniisk@mail.ru



МОСКАЛИНА ИВАН НИКОЛАЕВИЧ

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией "Реконструкции и техногенной безопасности зданий и сооружений" Запорожского отделения Государственного предприятия "Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций".

Основные направления научной деятельности: экспериментальные испытания зданий и сооружений на деформированных фундаментах, оптимизация конструктивных решений по защите и обеспечению безопасной эксплуатации зданий и сооружений

Автор более 50 научных работ.

E-mail: zoniisk@mail.ru

УДК 624.131

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ УСТРАНЕНИИ АВАРИЙНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ПУТЕПРОВОДА

Ключевые слова: подтопление, неравномерные осадки, сваи, домкраты, подъем конструкций, мониторинг.

Наводяться результати геотехнічних робіт з відновлення експлуатаційної придатності автомобільного шляхопроводу у м. Нікополі (Україна). Нерівномірні осідання фундаментів шляхопроводу в процесі його експлуатації досягла 600мм. Для стабілізації осідань виконано підсилення фундаментів шляхом підведення паль Ø 250мм і довжиною 36м. Підйом залізобетонних конструкцій в проектне положення проводився за допомогою електрогідравлічної системи, яка включала в себе 20 плоских домкратів, гідропровода, насосну станцію, пульт управління.

Приводятся результаты геотехнических работ по восстановлению эксплуатационной пригодности автомобильного путепровода в г. Никополе (Украина). Неравномерные осадки фундаментов путепровода

в процессе его эксплуатации достигла 600мм. Для стабилизации осадок выполнено усиление фундаментов путем подведения свай Ø 250мм и длиной 36м. Подъем железобетонных конструкций в проектное положение производился при помощи электрогидравлической системы, которая включает в себя 20 плоских домкратов, гидрпровода, насосную станцию, пульт управления.

Results of geotechnical works on restoration of serviceability of overhead road in Nikopol (Ukraine) are presented. Nonuniform settlements of overhead road foundation in process of its operation has reached 600mm. The foundation reinforcement was performed by leading of piles Ø 250mm and 36m for stabilization of settlements. Lifting of ferro-concrete structures in design position was made by means of electrohydraulic system which includes 20 flat jacks, hydrowire, pump station, a control box.

1 ВВЕДЕНИЕ

Гидротехнические сооружения оказывают существенное влияние на геологическую среду. На территории Украины эксплуатируется около 1100 гидроузлов с общим объемом воды в водохранилищах 55км³. Геотехнические сооружения размещаются в районах с развитой инфраструктурой и высокой плотностью населения. Вследствие строительства каскады гидроэлектростанций на реке Днепр (табл. 1), река превратилась в серьезную потенциальную угрозу для прилегающих территорий вследствие создания искусственных водохранилищ.

Таблица 1. Основные данные о плотинах Днепровского каскада гидроэлектростанции

Плотина	Год строительства	Расстояние от устья, км	Высота, м	Материал плотины
Киевская	1963	926	12	земляная
Каневская	1972	737	11	земляная
Кременчугская	1958	576	17	земляная
Днепродзержинская	1963	456	15	земляная
Запорожская	1932	360	39	бетонная
Каховская	1957	90	16	земляная

Изменения гидрогеологических условий привело к подтоплению прилегающих территорий и к необходимости обеспечения эксплуатационной пригодности расположенных на них зданий и сооружений. Примером решения данной проблемы является работа по восстановлению эксплуатационной пригодности автомобильного путепровода над железнодорожным полотном с интенсивным движением поездов в городе Никополь, Днепропетровской области (Украина), расположенного на берегу Каховского водохранилища.

2 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПЛОЩАДКИ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОДОРОЖНОГО ПУТЕПРОВОДА

Строительство и эксплуатация зданий и сооружений на территории Украины, в большинстве случаев, ведется в сложных инженерно-геологических условиях. К категории сложных грунтовых условий относятся территории, где в результате развития деформационных или динамических процессов в грунтах, возникает опасность повреждения или разрушения зданий и сооружений.

К сложным условиям относятся районы залегания грунтов с особыми свойствами (просадочные – 70% территории Украины); с возможным развитием опасных геологических процессов; подрабатываемые, подтапливаемые и др. территории.

Грунтовые условия площадки, на момент проектирования (1961) автодорожного путепровода, характеризовались наличием лессовых просадочных отложений в виде супесей и суглинков мощностью 25...26 м, подстилаемых на глубине 37 м скальными породами, а также отсутствием подземных вод.

Современные исследования грунтовых условий площадки застройки показало, что инженерно-геологический разрез представлен следующими грунтовыми напластованиями:

1. Насыпной слой представлен суглинком желтовато-серым, коричневатобурым

от твердой до текучепластичной консистенции. Мощность слоя 2,8...4,8 м.

2. Почвенный слой представлен суглинком темно-бурым, с примесью растительных остатков, макропористым, просадочным, от твердой до тугопластичной консистенции. Мощность слоя 0,5...0,6 м.
3. Суглинок лессовый палево-серый, макропористый с включением карбонатных журавчиков, от мягкопластичной до текучей консистенции. Мощность слоя 5,0...6,2 м.
4. Лесс палевый, текучей консистенции. Мощность слоя 2,0...5,9 м.
5. Суглинок лессовый, палево-бурый, от тугопластичного до текучепластичного. Мощность слоя 9,1...12,7 м.
6. Лесс палево-серый, текучий. Мощность слоя 6,5...7,9 м.
7. Суглинок палевый, от твердой до полутвердой консистенции. Мощность слоя 6,5...7,9 м.
8. Дресвяно-щебенистый грунт с песчаным заполнителем, в кровле слоя с суглинистым заполнителем, водонасыщенный. Мощность слоя 1,3...2,4 м.
9. Гранит.

Уровень подземных вод зафиксирован на глубинах 4,3...4,7 м и практически достиг подошвы фундаментов. Основанием фундаментов опор путепровода являются обводненные лессовые суглинки естественного сложения.

3 КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АВТОДОРОЖНОГО ПУТЕПРОВОДА И ЕГО ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ

Автодорожный путепровод, возведенный в 1963 году, предназначен для пропуска автомобильного и пешеходного движений над железнодорожными путями станции Никополь. Путепровод четырёхпролётный из сборных железобетонных конструкций. Геометрическая схема сооружения – 14,06 + 2x32,96 + 14,06 (м), габарит проезжей части – Г14 + 2x2,25 (м). В плане путепровод расположен на прямой, в профиле на одностороннем уклоне. Подходы к путепроводу выполнены в насыпях, высотой 8...10 метров. Конструктивная схема путепровода представлена на рисунке 1.

Пролетные строения - балочные разрезные. Средние пролеты перекрыты преднапряженными железобетонными пролетными строениями, крайние - из обычного железобетона. В поперечном сечении пролетные строения состоят из 13 Т-образных балок, объединенных между

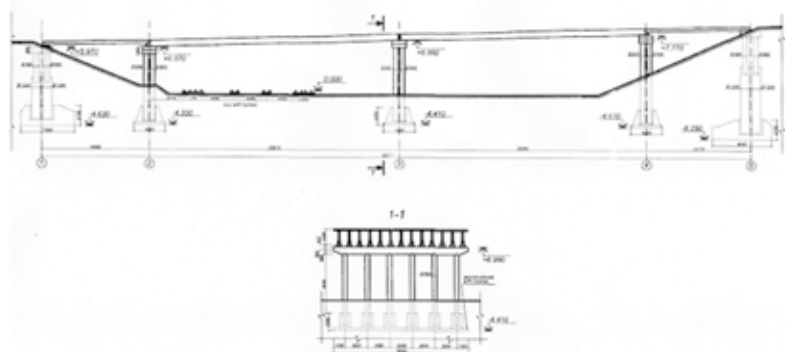


Рис.1. Конструктивная схема путепровода.

собой диафрагмами, причем, в крайних пролетах объединение осуществлено путем сварки закладных деталей, а в средних – путем натяжения пучков поперечной арматуры.

Все опоры путепровода имеют стоечную конструкцию. Каждая из них состоит из двух рядов стоек, объединенных поверху монолитными ригелями. Стойки опор – сборные, трубчатого сечения, заполненные бетоном и песком.

Фундаменты под опоры путепровода запроектированы и возведены в виде монолитных железобетонных лент шириной 4,2 м и длиной 18 м. Несмотря на оговоренные в проекте условия возведения фундаментов на слое уплотненного грунта, применение фундаментов мелкого заложения в данных грунтовых условиях оказалось неоправданным. В течение десятилетий эксплуатация путепровода требовала ремонтных работ из-за местных утечек воды из трубопроводов и общего повышения уровня подземных вод.

В связи с непрекращающимися неравномерными осадками и кренами опор путепровода развился процесс наклона опорных частей пролетных строений, что могло привести к обрушению конструкций. Непрекращающиеся неравномерные осадки и крены опор путепровода вызвали процесс наклона опорных частей пролетных строений. Для предупреждения обрушения конструкций мостового перехода, параллельно балкам опор, под пролетные строения были подведены дублирующие опорные конструкции из стальных элементов, возведенные на дневной поверхности грунта.

Надземное строение получило повреждения в виде местного разрушения защитного слоя и коррозии арматуры устоев, ригелей промежуточных опор, пролетных строений и деталей опорных частей. Зафиксировано изменение геометрии профиля путепровода из-за наклонов опорных столиков вдоль и поперек путепровода в следствии неравномерных осадок фундаментов опор, достигших 600 мм.

4 ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ПРИГОДНОСТИ АВТОМОБИЛЬНОГО ПУТЕПРОВОДА

Для восстановления эксплуатационной пригодности автомобильного путепровода применялись следующие геотехнические технологии:

- усиление фундамента опор подведением свай;
- устранение неравномерных осадок конструкций путепровода (рис.2).

4.1 Усиление фундаментов

Для предупреждения дальнейших осадок опор путепровода было выполнено усиление фундаментов опор путепровода путем подведением буроинъекционных свай. Исходя из инженерно-геологических и гидрогеологических условий опорным слоем для свай были приняты граниты.

После проведения полевых статических испытаний опытных свай, выполненных в непосредственной близости от действующего путепровода, произведен выбор оптимальной конструкции буроинъекционной свай. (рис. 3)

Допускаемая нагрузка на отдельную сваю диаметром



Рис.2. Устранение неравномерных осадок конструкций путепровода с использованием плоских домкратов. 1- плоские домкраты.

250 мм с усиленным армированием (8 \varnothing 20 АП в верхней части до глубины 15,7 м и 4 \varnothing 20 АП до отметки залегания опорного слоя) принята 690 кН. Заглубление нижнего конца свай производилось на величине 0,5м.

Для обеспечения производства работ по усилению фундаментов и безопасности движения поездов по железнодорожному полотну вокруг опоры выполнено шпунтовое ограждение. Шпунтовое ограждение выполнялось при помощи одного ряда буроинъекционных свай \varnothing 250 мм с шагом в плане 1,0м и длиной 7,5 м. Поверху свай объединялись армированным железобетонным ростверком.

После выемки грунта в пределах шпунтового ограждения выполнялся основной комплекс работ по усилению фундаментов. Для подведения свай под фундаменты через железобетонную плиту устраивались отверстия при помощи специальных коронок. Бурение скважин под глинистым раствором осуществлялось до скалы с поверхности подмостей, установленных в уровне верха стаканов опор. После установки арматурного каркаса выполнялось бетонирование ствола свай. Арматура свайных каркасов объединялась ростверком между собой и со стаканной частью опор.

Из пяти фундаментов опор путепровода были усилены три средние опоры. Под фундамент №2 было подведено

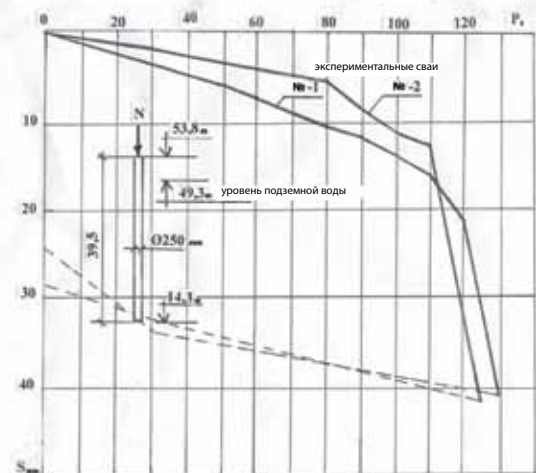


Рис.3. Результаты испытания буроинъекционных свай.

31 бурин'єкційна свая, под №3 – 40 свай, а под №4 – 34 сваи.

Длина и сплошность ствола сваи контролировались при помощи программно-технический комплекс Pile Integrity Tester PIT-W.

4.2 Устранение неравномерных осадок конструкций путепровода

Регулирование плано-высотного положения зданий и сооружений осуществляется путем инженерного воздействия на подсистему «фундамент - верхнее строение».

Воздействие на подсистему «фундамент – верхнее строение» обычно производится путем подъема верхнего строения поршневыми или плоскими металлическими домкратами, которые устанавливаются в специальные ниши и объединяются в одномагистральные или модульные системы

В научно-исследовательском институте строительных конструкций на протяжении 35 лет разрабатываются и внедряются в практику строительства технологии управления высотным положением зданий и сооружений, что позволяет обеспечивать качественное проведение натурных экспериментов на зданиях с различными конструктивными схемами и выполнять защиту эксплуатируемых зданий и сооружений. Начиная с 1977 года специалистами НИИСК, с применением вышеуказанных технологий, были устранены сверхнормативные крены 76 зданий различной этажности и конструктивной схемы и сооружений (дымовые трубы, емкостные сооружения, водонасосные башни и т.д.) в 24 городах Украины, России, Казахстана и Грузии.

Рихтуемые 800-тонные пролетные строения путепровода поднимались до проектных отметок при помощи плоских домкратов. Все балки пролетного строения для совместной работы при подъеме временно объединялись специальным банджом. Все узлы опирания пролетной конструкции на поперечные ригели были приспособлены для подъема. Подъем пролетного строения осуществлялся при помощи системы, которая включала 20 плоских домкратов, маностанцию, бронированные шланги высокого давления, манометры, запорную арматуру и др. (рис. 4).

Параллельно с усилением фундаментов опор выполнялось восстановление и ремонт самого путепровода. Выполнено устранение продуктов коррозии арматуры, защита её от дальнейшего разрушения, восстановление защитного слоя бетона на всех поврежденных участках железобетонных конструкций.

5 МОНИТОРИНГ

До последнего времени регулирование плано-высотного положения зданий и сооружений обычно выполнялись на основании одного фиксированного проекта, который разрабатывали с учетом наиболее вероятностной интерпретации исходных данных (геологии, технического состояния объекта, предлагаемой технологии производства работ и др.). Однако в процессе реализации такого проекта могут возникнуть непредвиденные обстоятельства технологического, организационного и другого характера, которые невозможно учесть на стадии проектирования из-за сложности решаемых задач и геотехнической непредсказуемости системы «основание – фундамент».

Мониторинговой частью таких проектов предусматриваются периодические геодезические наблюдения за



Рис.4. Подъем балок на высоту до 600мм. 1 – плоский домкрат; 2 – шланги высокого давления; 3 – измерение высоты подъема.

кренами и осадками, а также инструментальные наблюдения, фиксирующие динамику величин раскрытия трещин в строительных конструкциях. При этом геодезические и инструментальные наблюдения играют пассивную роль в прогнозировании отклонений от наиболее вероятностного состояния объекта. Поэтому проведение работ по устранению кренов зданий на основании проекта основанного на исключительно благоприятном прогнозе развития событий и в не интерактивном режиме контроля параметров системы «основание – фундамент» может повлиять на уровень безопасности объекта.

В настоящее время в геотехнике все шире применяется метод наблюдений, который заключается в непрерывном, комплексном процессе проектирования и строительства. Метод базируется на мониторинге и анализе основных параметров системы «основание – фундамент – верхнее строение» в режиме реального времени, что позволяет корректировать проект на любой стадии производства работ.

Для реализации метода наблюдения при устранении кренов зданий и сооружений Государственным предприятием «Государственный научно-технический институт строительных конструкций» разработано автоматизированную измерительно-информационную систему «Мониторинг», на основе индуктивных преобразователей с периодическим сбором измерений информации о контролируемых физических величинах, с последующим их обработкой и хранением в ЭВМ. При этом контролируются следующие параметры строительных конструкций: направление и величина смещения; угол наклона; величина раскрытия трещин.

Преимуществом автоматизированной системы является возможность запрограммировать период, когда система включится и опросит датчики, установленные на строительных конструкциях. Данные передаются в центр обработки информации в виде SMS сообщений.

По результатам мониторинга путепровода производилась оценка напряженно-деформированного состояния строительных конструкций и при необходимости корректировались технологические параметры производства работ по регулированию плано-высотного положения путепровода и принимались другие управленческие решения.

6 ВЫВОДЫ

После выполнения геотехнических работ по усилению фундаментов путепровода сваями и выполнение восстановления геометрии его несущих конструкций осадки стабилизировались. В настоящее время автомобильный путепровод в г.Никополе нормально эксплуатируется при интенсивном движении подвижного железнодорожного и автомобильного транспорта.