

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра геофизики

**«Способ определения глубины заложения опор автодорожных мостов
методом электроразведки - МЗСБ (на примере объекта Кубань)»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 403 группы
направление 05.03.01 геология
профиль «Нефтегазовая геофизика»
геологического ф-та
Владимирова Дмитрия Викторовича

Научный руководитель

К. г.-м.н., доцент

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Зав. кафедрой

К. г.- м.н., доцент

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2021

Введение. В данной работе три раздела: первый раздел – «Причины снижения эксплуатационных качеств мостов и методы их изучения»; второй раздел – «Применение метода МЗСБ»; третий раздел – «Результаты электроразведочных исследований». Актуальность данной темы заключается в том, что в условиях постоянно эксплуатации автодорожных железобетонных мостов, их фундамент теряет свои прочностные качества и необходимо постоянно следить за качеством фундамента. В этой связи перспективным представляется использование геофизических методов, которые могут применяться для решения широкого круга задач, начиная от изучения инженерно-геологических условий на участках строительства и реконструкции сооружения, оценки свойств грунтов под фундаментом сооружения и кончая изучением самого фундамента. Применение геофизических методов на участке нового строительства или вблизи него, может дать полезную информацию о составе и свойствах грунтов, существенно уточняющую данные обследования шурфов и скважин, носящих дискретный характер.

Цель выпускной квалификационной работы заключалась в рассмотрении способа определения глубин заложения автодорожных железобетонных опор методом электроразведки-МЗСБ

Для выполнения этой цели были поставлены следующие задачи:

1. Ознакомится с причинами и факторами, которые могут повлиять на долговечность автодорожных железобетонных мостов.
2. Изучить геофизические методы и их применение в определении глубин заложения опор автодорожных железобетонных мостов.
3. Разобраться в методе электроразведки и в специальной технологии данного метода.
4. Ознакомится с типами фундаментов мостовых переходов через реки.
5. Выяснить как применяется метод электроразведки

Основное содержание работы. Первый раздел «Причины снижения эксплуатационных качеств мостов и методы их изучения». Жизненный

цикл автодорожных железобетонных мостов включает три основные стадии: проектирование, строительство, эксплуатация. Все стадии объединяет в систему единая цель - эффективное использование объекта.

Проектирование является первой и наиболее ответственной стадией жизненного цикла моста, стадия строительства создает предпосылки для последующих условий эксплуатации, не формирует начальное физическое состояние сооружения. В это состояние мост приходит не с нулевым балансом, а с определенным напряженно-деформированным состоянием конструкций. Наиболее продолжительной является стадия эксплуатации. Срок службы моста в значительной степени зависит от режима его эксплуатации, т.е. организации обслуживания и обеспечения объекта. Следовательно, с позиций стадийности формирования все факторы долговечности и надежности МСО могут быть разделены на: проектные, строительные и эксплуатационные.

Даже два одинаковых сооружения, построенные по одному и тому же проекту в сходных условиях не всегда могут находиться в одинаковых физических состояниях. Источником разнообразия состояний является неоднородность воздействующих факторов и ее проявление при формировании сложной системы моста. Воздействующие факторы можно разделить на внутренние и внешние.

К внутренним неоднородностям относятся различия характеристик сооружений по условиям формирования их структуры и параметров. Внешние неоднородности это, неуправляемые переменные, т.е. такие переменные, на которые субъект управления повлиять не в состоянии, но может хотя бы частично их учитывать.

Последствия принимаемых проектных решений всегда неопределенны, что вызвано разными причинами. Предлагается следующая классификация неопределенностей: исходная, целевая, природная, ресурсная, модельная, достижимости результата множественности решений, субъективная, оценочная. Практически все эти факторы неопределенности отражаются в дальнейшем на эксплуатационных качествах и состояниях объекта.

Факторы, влияющие на поведение сооружения при эксплуатации можно разделить на две группы: природно-климатические и техногенные.

Исследования показывают, что существенной причиной снижения эксплуатационных качеств и долговечности автодорожных железобетонных мостов являются природно-климатические воздействия. К ним относятся стихийные бедствия, ураганы, паводки, землетрясения, наводнения, которые могут привести к разрушению мостовых опор и т.д. непредсказуемые, но редкие события. Их следствием может быть авария, как внезапный отказ сооружения. Сюда же можно отнести хоть и замедленные, но постоянно или периодически действующие агрессивные факторы окружающей среды такие как температура, ветер, дождь, лед, изменения уровней воды, размывы рек т.д., вызывающие постепенную коррозию, разрушение, снижение несущей способности конструкций. Аварийный отказ сооружения в этом случае имеет износный характер.

Техногенные факторы это в основном нагрузки от транспортных средств, воздействующие на сооружение. Они могут вызывать непосредственное разрушение конструкций в результате дорожно-транспортных происшествий или недопустимой для данного моста схемы приложения нагрузки. Со временем также происходят процессы накопления и развития повреждений, старения материалов. Аварийное разрушение моста в первом случае может быть внезапным, а во втором случае имеет износный характер.

Под влиянием факторов всех выше представленных групп в сооружении могут появляться повреждения конструкций в виде отклонений их геометрических параметров от первоначальных, что может быть отражено в изменении глубины промежуточных опор моста. Традиционно интервал глубин, связанных с инженерно-техническими сооружениями, находится в верхней части разреза. Этот интервал изучается малоглубинными геофизическими методами.

Под малоглубинной геофизикой понимают совокупность геофизических методов изучения строения верхней части разреза (ВЧР) на глубины до первых

сотен метров. Основные задачи и цели методов малоглубинной геофизики сводятся к прогнозу геологической безопасности строительства, геологическому мониторингу, поиску и разведке малоглубинных месторождений полезных ископаемых.

Второй раздел «Применение метода МЗСБ». Определить трансформацию глубины заложенной опоры в период эксплуатации можно методом электроразведки – электромагнитное зондирование становление поля в ближней зоне в малоглубинной модификации.

Электромагнитная разведка методом зондирования становлением поля в ближней зоне (ЗСБ), разработан в лаборатории электроразведки Нижне-Волжского института геологии и геофизики (НВ НИИГГ) В.А. Сидоровым, В.В. Тикшаевым (г. Саратов, Россия) (Авторское свидетельство № 234544, СССР, 1969 г.), и является ведущим методом в комплексе геофизических исследований при решении задач нефтегазовой геологии и структурно-геологического картирования. Современным направлением развития метода, является изучение интервала ВЧР (верхняя часть геологических разрезов).

В методе ЗСБ и его малоглубинной модификации (МЗСБ) регистрируются амплитудно-временные характеристики затухания вторичных электромагнитных полей, содержащих информацию о геоэлектрических и геометрических параметрах геологического разреза, при ступенчатом или осцилляционном возбуждении током конечной длительности в магнитном или электрическом диполе. Разработанные способы обработки сигнала, при условии приближения реального геологического разреза к горизонтально-слоистой среде или однородного полупространства, предполагают использование приближенной формы беспалеточной количественной интерпретации получаемых материалов.

В результате выполненных аналитических, лабораторных и экспериментальных полевых исследований, в лаборатории электроразведки ОРГ НВ НИИГГ разработан оригинальный способ определения глубины залегания нижней кромки железобетонных конструкций.

Для получения искажающего эффекта в геоэлектрическом разрезе с вертикальной проводящей аномалией, например железобетонной сваей, необходимо приемно-генераторную установку повернуть на некоторый угол α относительно горизонта, так чтобы наведенное электромагнитное поле проходило через аномалиеобразующий объект. Перемещая рамку по профилю, (линия АВ), см. формулы 1:

$$AB = \frac{BC}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (1)$$

фиксируют момент появления искажающего эффекта, который можно увидеть на рисунке 3.1. Далее, рассматривая систему подобных треугольников вычисляется глубина до границы объекта.

Для удобства расчетов и измерений это выражение преобразовано в более удобную форму см. формулу 2:

$$H = L \frac{h_2}{h_1} - h_1 \quad (2)$$

Данная формула позволяет рассчитывать глубину нижней кромки железобетонных конструкций.

Разработанный способ определения глубины нижней кромки железобетонных конструкций получил экспериментальное подтверждение и рекомендован для опытного опробования на опытных полигонах плановых объектах заказчика.

Далее рассмотрены фундаменты и их конструкции, так как фундаменты являются важным конструктивным элементом здания, а также мостов ну и других инженерных сооружений. По конструктивной схеме фундаменты могут быть: ленточные, столбчатые, сплошные, свайные.

Ленточные фундаменты. По способу устройства ленточные фундаменты бывают монолитные. Монолитные фундаменты устанавливают бутовые, бутобетонные, бетонные и железобетонные. Более эффективными являются бетонные и железобетонные фундаменты из сборных элементов заводского изготовления.

Столбчатые фундаменты. Они имеют форму столба. Фундаментные столбы могут быть так же бутовыми, бутобетонными, бетонными и железобетонными. Соответственно самые эффективные железобетонные.

Сплошные фундаменты. Сплошные фундаменты применяют при неравномерной сжимаемости грунтов, слабых, разрушенных, размытых, насыпных грунтах, так же применяют при необходимости защиты от высоких грунтовых вод или значительном увеличении нагрузки от веса здания. Их выполняют из монолитного железобетона.

Свайные фундаменты. Свайные фундаменты состоят из отдельных свай, объединенных сверху бетонной или железобетонной плитой или балкой. Свайные фундаменты устанавливают в случаях, когда необходимо передать на слабый грунт значительные нагрузки. По методу изготовления и погружения в грунт сваи бывают забивные, то есть, погружаемые в грунт в готовом виде, и буронабивные, они изготавливаются непосредственно в грунте. В зависимости от характера работы в грунте различают два вида свай: сваи стойки и висячие сваи. Стойкие забиваются или заливаются таким образом, чтобы они упирались в прочный грунт. Ну и соответственно висячие сваи забиваются или заливаются в не прочный грунт.

Третий раздел «Результаты электроразведочных исследований». Электроразведочные исследования мостового перехода через реку Кубань, на автодороге Невинномысск – Красная деревня (Ставропольский край), проведены в период 4–8 июля 2002 г. с задачей определения фактической глубины заложения фундаментов промежуточных опор моста. Работы проводились дистанционным методом электромагнитных зондирований становлением поля в ближней зоне (МЗСБ), в малоглубинной модификации, по методике ориентированных зондирований, разработанной специально для решения поставленных задач. Методика основана на принципах распространения наведенного электромагнитного поля по нормали к приемно-генераторной установке, с одной стороны, и искажения наблюдаемого сигнала становления поля в ближней зоне на границе контрастных сред (проводник –

изолятор) в горизонтально-неоднородных разрезах. Это явление используется как индикатор перехода приемно-генераторной петли через границу раздела железобетонная конструкция - вмещающая среда. Для условий разреза с аномалиеобразующим объектом, соизмеримым с размерами приемно-генераторной установки, искажения сигнала становления особенно сильны при переходе границы аномалии одной из сторон приемно-генераторной петли.

Для изучения геоэлектрического разреза с вертикальной проводящей аномалией, приемно-генераторная установка устанавливается под некоторым углом α относительно горизонта, так чтобы наведенное электромагнитное поле проходило через аномалиеобразующий объект.

Далее, рассматривая систему подобных треугольников вычисляется глубина исследуемого объекта по расчетной формуле: $H = L \frac{h_2}{h_1} - h_1$, разработанной в лаборатории электроразведки ОРГ НВ НИИГГ, где параметры L , h_2 , h_1 могут быть точно и быстро измерены в полевых условиях.

Методика и объемы полевых наблюдений определялась исходя из имеющейся архивной документации, предоставленной ГИП института "Проектмостореконструкция" и местных условий проведения геофизических работ. По предварительным данным, предположительная глубина фундаментов опор исследуемого мостового перехода составляет от 3 до 5 метров. Исходя из этого, при проведении исследований использована ориентированная система наблюдений, с совмещенной приемно-генераторной установкой прямоугольной формы, размером 3.3 x 3.3 метра, эффективной площадью 10.89 м². Установка размещалась на плоту под пролетом моста, под углом $\approx 45^\circ$ к поверхности воды. Плот доставлялся к опоре, передвигался по профилю и надежно фиксировался в процессе измерения на 4 растяжках. Сеть наблюдений ориентированными зондированиями - профильно-лучевая с шагом наблюдения 0,5 метра. Для изучения предполагаемого интервала заглубления опор, расчетное удаление ориентированных систем от опоры

составляет: $L_{max} = 7,5$ метров (для $H = 5$ м.), $L_{min} = 5,5$ метра (для $H = 3$ м.). Реально, измерения проводились по профилю длиной 10 – 11 метров ($L_{min} = 2,0$; $L_{max} = 10 - 11$ метров), в зависимости от конкретных условий. Увеличение длины профилей связано с необходимостью фиксирования фоновых значений электромагнитного поля, с одной стороны, и получения дополнительной информации, в случае если глубина заложения опор больше предполагаемой. Полевые исследования проводились автоматизированным аппаратурным комплексом “Импульс - SL” в режиме пикетных измерений, в диапазоне времен от 1 до 52.1 мкс, с накоплением 100 и более импульсов.

Как правило, для снижения вероятности ошибочных решений, зондирования проводятся по нескольким профилям вокруг опоры, по разным направлениям. С учетом местных условий производства работ, скорости и направления течения, отмелей и завалов вокруг опор, удалось выполнить только четыре профиля:

- опора №3, со стороны опоры № 2, в верховой и низовой частях;
- опора №2, со стороны береговой опоры, в верховой и низовой частях.

Обработка полевых материалов проводилась в два этапа. На первом этапе, непосредственно в полевых условиях, проведен экспресс-анализ полученных материалов и профильная обработка по алгоритмам “ABC-new”, для контроля правильности выбранных методических параметров, предварительной оценки глубины фундаментов опор. В результате обработки составлено предварительное заключение.

В камеральный период проведены следующие работы:

- по пикетная обработка зондирований до стадии геоэлектрических параметров: продольной электропроводимости от глубины $S_k(h)$ в трансформации плавающей плоскости, кажущегося электросопротивления $\rho_a(h)$ в трансформации однородного полупространства;

- анализ полученных материалов по качеству, оценка характера искажений, выбор геоэлектрических параметров для последующей интерпретации;

- составление и обработка профилей по каждому ориентированному зондированию, анализ и интерпретация;

- обработка и анализ дополнительных параметров.

В качестве интерпретируемого параметра выбрана продольная электропроводимость от глубины $S_k(h)$, в трансформации плавающей плоскости, как наиболее дифференцированный. Количественная интерпретация сводится к фиксированию момента локального изменения значений продольной проводимости, определению расстояний от опоры (L) и расчету глубины заложения фундамента (H).

По материалам проведенных электроразведочных исследований мостового перехода через реку Кубань, автодороги Невинномысск – Красная деревня (Ставропольский край) по определению фактической глубины заложения фундаментов несущих опор № 2, 3, получены следующие результаты:

- Глубины заложения опор определяются не однозначно. В первом варианте 3,6 – 4,1 метра, во втором 5,6 – 7,6 метров. Из общего анализа полученных материалов, сходимости аномалий по всем зондированиям, более достоверен вариант № 1, который и был представлен на этапе предварительного заключения.

- После получения данных о параметрическом бурении в теле опоры № 3 ($H = 6,6$ метров), предпочтение следует отдать варианту № 2.

- Опора № 2. Глубины, определенные по двум зондированиям (верховая и низовая части), составляют $H_1 = 7,6$ метра, $H_2 = 5,6$ метра от уреза воды на день проведения исследований.

- Опора № 3. $H_1 = 7,6$ метра, $H_2 = 6,6$ метра, от уреза воды на день проведения исследований.

Заключение. В результате были рассмотрены факторы, которые могут повлиять на долговечность автодорожных железобетонных мостов, также выяснено с помощью каких геофизических методов можно изучать фундаменты автодорожных железобетонных мостов и разобран один из

методов электроразведки, и специальная технология данного метода. Так же ознакомились с типами фундаментов мостовых переходов через реки.

По предварительным данным, предположительная глубина фундаментов опор исследуемого мостового перехода составляет от 3 до 5 метров. Исходя из этого, при проведении исследований использовалась ориентированная система наблюдений автоматизированным аппаратурным комплексом “Импульс - SL” в режиме пикетных измерений, в диапазоне времен от 1 до 52.1 мкс, с накоплением 100 и более импульсов, прямоугольной формы, с размером 3.3 x 3.3 метра, эффективной площадью 10.89 м². Установка размещалась на плоту под пролетом моста, под углом $\approx 45^\circ$ к поверхности воды.

В качестве интерпретируемого параметра выбрана продольная электропроводимость от глубины $S_k(h)$, в трансформации плавающей плоскости, как наиболее дифференцированный. Количественная интерпретация сводится к фиксированию момента локального изменения значений продольной проводимости, определению расстояний от опоры (L) и расчету глубины заложения фундамента (H).

В камеральный период проведены следующие работы:

- по пикетная обработка зондирований до стадии геоэлектрических параметров: продольной электропроводимости от глубины $S_k(h)$ в трансформации плавающей плоскости, кажущегося электросопротивления $\rho_{\tau}(h)$ в трансформации однородного полупространства;

- анализ полученных материалов по качеству, оценка характера искажений, выбор геоэлектрических параметров для последующей интерпретации;

- составление и обработка профилей по каждому ориентированному зондированию, анализ и интерпретация;

- обработка и анализ дополнительных параметров.

По материалам проведенных электроразведочных исследований мостового перехода через реку Кубань, автодороги Невинномысск – Красная деревня (Ставропольский край) по определению фактической глубины заложения фундаментов несущих опор № 2, 3, получены следующие результаты:

- Опора № 2. Глубины, определенные по двум зондированиям (верховая H_1 и низовая части H_2), составляют $H_1 = 7,6$ метра, $H_2 = 5,6$ метра от уреза воды на день проведения исследований.

- Опора № 3. Глубины, определенные по двум зондированиям (верховая H_1 и низовая части H_2) $H_1 = 7,6$ метра, $H_2 = 6,6$ метра, от уреза воды на день проведения исследований.