

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО УрГУПС)

На правах рукописи



Окунев Александр Владимирович

**РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА К ДИАГНОСТИКЕ
ОПОР КОНТАКТНОЙ СЕТИ НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Специальность 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог,
тяга поездов и электрификация (технические науки)

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

научный руководитель – кандидат технических наук, доцент
Ковалев Алексей Анатольевич

Екатеринбург – 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ОПОР КОНТАКТНОЙ СЕТИ.....	10
1.1 Анализ работ по теме исследования.	10
1.2 Анализ отказов опор контактной сети в период с 2012 по 2018 г.г.....	20
1.3 Основные проблемы при эксплуатации и обслуживании опорного хозяйства	25
1.4 Классификация основных приборов диагностирования.....	35
1.5 Анализ факторов, влияющих на стоимость жизненного цикла железобетонных опор контактной сети.....	39
Выводы по первой главе.....	42
2 РАЗРАБОТКА ПОДХОДА К КОМПЛЕКСНОЙ ДИАГНОСТИКИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОПОР КОНТАКТНОЙ СЕТИ	43
2.1 Формирование методики комплексной диагностики железобетонных опор кантатной сети	44
2.2 Проведение работ по диагностике железобетонных опор контактной сети.....	47
2.3 Обработка результатов измерений.....	59
2.4 Применение теоремы Байеса для определения вероятности совместного появления состояния D_i и признака $K_{нн}$	60
2.5 Применение метода последовательного анализа для постановки диагноза о состоянии железобетонной опоры контактной сети	62
2.5 Оценка риска задержки поездов вследствие отказа опоры контактной сети ...	68
Выводы по второй главе	76
3 РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ИЗМЕНЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОПОР КОНТАКТНОЙ СЕТИ	77
3.1 Описание процессов, влияющих на деградацию и износ железобетонных конструкций.....	78
3.2 Проверка возможности прогнозирования технического состояния опор контактной сети по изменению сопротивления.....	82

3.3 Математическая модель процесса изменения несущей способности опор контактной сети.....	92
Выводы по третьей главе.....	108
4 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА КОМПЛЕКСНОЙ ДИАГНОСТИКИ ОПОР КОНТАКТНОЙ СЕТИ.....	109
4.1 Оценка действующего метода диагностики опор контактной сети на участках эксплуатации Свердловской железной дороги	110
4.2 Алгоритм проведения комплексной диагностики железобетонных опор контактной сети.....	113
4.3 Расчет стоимости жизненного цикла железобетонной опоры контактной сети в случае замены или продления ее срока службы	121
Выводы по четвертой главе.....	129
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	130
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	132
ПРИЛОЖЕНИЕ А	146
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	153
ПРИЛОЖЕНИЕ В	256
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	262
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	264

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Одной из целей стратегии развития холдинга открытого акционерного общества «Российские железные дороги» до 2030 года поставлена задача сохранить лидирующие позиции в мире в части эффективности, безопасности, качества услуг инфраструктуры. Так, в сфере содержания и ремонта предусматривают внедрение системы комплексной диагностики и удаленного мониторинга инфраструктуры, проведение мероприятий по повышению энергетической эффективности, оптимизации технологических нормативов.

Согласно внедряемой методологии Управления ресурсами, рисками и надежностью на этапах жизненного цикла (УРРАН), управление безопасностью функционирования объекта железнодорожного транспорта должно осуществляться на основе управления рисками. Для оценки безопасности движения поездов на участках железных дорог предусмотрены расчеты по оценке риска с учетом произошедших отказов на рассматриваемом интервале времени. Повышение эффективности инфраструктурного комплекса осуществляется за счет совершенствования систем мониторинга и диагностики объектов эксплуатации на основе современных методов и систем, расширения практики планирования, обслуживания и ремонта по фактическому состоянию с учетом прогнозируемых предотказных состояний и рисков.

Несмотря на то, что доля отказов опор контактной сети составляет меньшую часть из общего числа отказов элементов контактной сети, одной из острейших проблем является определение их технического состояния. Действующие подходы к определению технического состояния опорного парка, применяемые в настоящее время, предусматривают контроль одного параметра, который описывает техническое состояние железобетонных опор. Широкий выбор приборов диагностики железобетонных опор контактной сети никаким образом не повышает

достоверность каждого из них в отдельности, что является не достаточным для постановки точного диагноза о техническом состоянии опор контактной сети и не дает достоверной информации о возможном её отказе. Более того, отсутствие прогнозирования предельных состояний не позволяет выявить систему отказов.

Организация комплексного подхода к диагностике, а также прогнозирование технического состояния в ходе текущей эксплуатации позволит более точно описать техническое состояние железобетонных опор. Основываясь на данных измерений нескольких параметров, необходимо сформировать мероприятия, направленные на принятие решений по замене или продлению срока службы опор контактной сети. Таким образом, тема диссертации является актуальной.

Степень разработанности темы исследования. Теоретико-методологическую основу исследования в области повышения надежности железобетонных конструкций составляют работы таких ученых, как: А. А. Царьков, А. И. Гуков, В. И. Подольский, В. Н. Ли, В. П. Михеев, С. М. Скоробогатов, и других.

Проблемы контроля технического состояния и взаимодействия устройств контактной сети и токоприемников электроподвижного состава изложены в работах таких ученых, как: А. Г. Галкин, А. А. Ковалев, А. Н. Смердин, В. Н. Яковлев, О. А. Сидоров, и других.

Способы технического обслуживания и подходы к эксплуатации объектов контактной сети отражены в работах таких иностранных ученых, как: Ш. Гордон, А. Д. Челлиа, Б. Шиманик, Г. Дитрих, Дех-Шу Сюй, К. Робинсон, П.К. Франковский, С. Такеюки, Т. Чади, Чунг-Хуэй Цай.

Цель работы: разработка комплексного подхода к диагностике опор контактной сети на этапе эксплуатации.

Задачи исследования:

1. Выполнить анализ эксплуатационной надежности опор контактной сети на участках железных дорог.
2. Усовершенствовать процесс диагностики опоры контактной сети, на основе применения комплексного подхода. Разработать концепцию системы кон-

троля состояния железобетонных опор контактной сети с использованием вероятностно-статистических подходов.

3. Разработать математическую модель отказа железобетонной опоры контактной сети.

4. Разработать алгоритм проведения комплексной диагностики опор контактной сети с учетом срока их эксплуатации.

Область исследования: системы технического обслуживания и эксплуатации устройств электроснабжения. Техническая диагностика систем электроснабжения. Обеспечение безопасности движения поездного состава.

Объект исследования: технология ремонта и технического обслуживания опор контактной сети.

Предмет исследования: методы определения технического состояния опор контактной сети.

Научная проблема формулируется следующим образом:

Превышение нормативных сроков эксплуатации опор контактной сети ведет к значительному снижению ее несущей способности. Недостаточность информации о состоянии опоры не позволяет своевременно принимать решения по замене опоры или продлению срока ее эксплуатации, что приводит к появлению внеплановых затрат на этапе эксплуатации. На практике комплексный подход к определению технического состояния опоры контактной сети отсутствует.

Научная новизна

1. Разработан комплексный подход к диагностике технического состояния опор контактной сети, учитывающий контроль нескольких измеряемых параметров, а также применения метода статистического анализа совместно с теоремой Байеса и методом последовательного анализа.

2. Выполнена оценка риска задержки поездов с учетом частичных отказов опор контактной сети по результатам постановки диагноза проведённой комплексной диагностики.

3. Разработана математическая модель процесса изменения несущей способности опор контактной сети.

4. Предложен к применению алгоритм организации комплексной диагностики и оценки необходимости продления срока службы опоры контактной сети с учетом срока ее эксплуатации.

Теоретическая и практическая значимость работы

Разработанный механизм на основе контроля нескольких параметров одновременно позволяет наиболее достоверно установить диагноз о техническом состоянии железобетонных опор контактной сети и принять обоснованное решение о продлении срока службы опоры или ее замене. Для снижения ошибок при определении экономических затрат разработан программный продукт по определению стоимости жизненного цикла опор контактной сети.

Методология и методы исследования. Методологической основой исследования являлись основные положения теории надежности и теории вероятностей. Для решения поставленных задач использовались методы расчета конструкций контактной сети, теорема Байеса, математическое моделирование и математическая статистика.

Положения, выносимые на защиту:

1. Комплексный подход по определению технического состояния опор контактной сети, включающий в себя теорему Байеса и метод последовательного анализа;
2. Результаты расчета риска задержки поездов на рассматриваемом участке эксплуатации с учетом количества частичных отказов опор контактной сети;
3. Математическая модель изменения несущей способности железобетонных опор контактной сети;
4. Результаты принятия решений по продлению срока эксплуатации или замене опор контактной сети при реализации разработанного алгоритма.

Реализация результатов работы. Разработанный подход проведения комплексной диагностики опоры контактной сети внедрен в опытную эксплуатацию проведения диагностических испытаний опор контактной сети Свердловской дирекции по энергообеспечению ТРАНСЭНЕРГО филиала ОАО «Российские железные дороги». Для расчета стоимости жизненного цикла в опытную эксплуата-

цию внедрен программный продукт по расчету стоимости жизненного цикла в ООО «Наилучшие доступные технологии». Получены акты о внедрении.

Степень достоверности результатов подтверждается сравнением результатов теоретических и экспериментальных исследований, при этом расхождение результатов не превышает 3%. Обоснованность результатов подтверждается корректным применением методов математического и физического моделирования.

Апробация результатов работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на конференциях, совещаниях, семинарах: «Инфраструктура железных дорог: эксплуатация электроподвижного состава, систем электроснабжения, автоматики и телемеханики», г. Екатеринбург (УрГУПС, 2013); НТС «Развитие инфраструктурного комплекса системы токосъема», г. Екатеринбург (УрГУПС, 2013, 2014); Региональная конференция «Энергетика, электропривод, энергосбережение и экономика предприятий, организаций, учреждений», г. Екатеринбург (РГППУ, 2015); Региональная конференция «Развитие систем электроснабжения, автоматики и телемеханики», г. Екатеринбург (УрГУПС, 2017); IX Международный симпозиум «Прорывные технологии электрического транспорта Элтранс-2017» (ПГУПС, 2017); Международная НПК «Будущее транспорта России» (УрГУПС, 2018); Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием «Эксплуатационная надежность локомотивного парка и повышение эффективности тяги поездов» (ОмГУПС, 2018); заседание кафедры «электроснабжение железнодорожного транспорта» (ОмГУПС, 2018); Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием «Влияние надежности устройств электроснабжения на работу транспорта» (УрГУПС, 2019); десятый международный симпозиум «*Eltrans 10.0*» (ПГУПС, 2019).

Результаты диссертационной работы в полном объеме заслушаны и одобрены на заседании кафедры «Электроснабжение транспорта» УрГУПС (Екатеринбург, 2019).

Публикации. По теме диссертации опубликованы 10 печатных работ, в том числе 3 статьи в ведущих изданиях из перечня, рекомендованных ВАК при Министерстве образования и науке Российской Федерации.

Общий объем публикаций по теме диссертационного исследования составляет 6,25 печатных листов, из которых автору принадлежат 4,0 печатных листа.

1 АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ОПОР КОНТАКТНОЙ СЕТИ

1.1 Анализ работ по теме исследования

Электрификация железных дорог России, начавшаяся в середине XX века, ознаменовала начало витка в развитии железных дорог. Новый этап развития, в то время это был инновационный прорыв как в науке, строительстве железных дорог, так и в целом процесс железнодорожных перевозок, претерпел значительные изменения. Как и в любой другой отрасли, обновление работы несет за собой значительные положительные эффекты в плане повышения работоспособности инфраструктуры, увеличение мощности производства и так далее. Но любой технологический процесс всегда имеет некоторые ограничения, при достижении которых увеличивается износ основных средств эксплуатации.

Нарушение границ, устанавливаемых внешними факторами, требует более подробного изучения проходящих процессов, что привело к массе выдающихся открытий.

Процесс электрификации железных дорог способствовал развитию и становлению многих наук, изучающих процессы токоёмкости, передачи электрической энергии подвижному составу, разработке различных искусственных сооружений, начиная от создания железобетонных опор контактной сети до разработки железнодорожных мостов и тоннелей.

Эксплуатация подвижного состава осуществляется на электрической тяге постоянного и переменного тока. При этом каждый род тока имеет ряд достоинств и недостатков. Так, например, на участках железных дорог, электрифицированных на системе переменного тока, происходят меньшие потери электриче-

ской энергии на тягу поездов и отсутствует проблема электрической коррозии в подземной части железобетонных опор контактной сети, но она имеет более дорогую и более сложную конструкцию локомотивов, а также образуются достаточно сильные электромагнитные поля, которые создают помехи в линиях радиосвязи [81].

Надежная работа любой технической системы в течение всего срока службы зависит от условий ее проектирования, сооружения, ввода в эксплуатацию и обслуживания. Напрямую это относится и к контактной сети – основному элементу системы тягового электроснабжения. Установлены высокие требования к значениям ее параметров по условию токосяема. На контактную сеть воздействуют токовые (тяговые), механические и климатические нагрузки. Она должна обеспечить бесперебойную эксплуатацию при сотнях тысяч последовательно соединенных узлов. Переход любого из них в предельное состояние (разрушение, потеря несущей способности или устойчивости, недопустимые деформации) приводит к отказу всей системы, к перерыву движения поездов. Поддерживать безаварийную работу контактной сети – задача очень сложная [114].

Центральный научно-исследовательский институт транспортного строительства (ЦНИИС) одним из первых среди научно-исследовательских институтов (НИИ) сертифицирован международным органом «TUV CERT» по стандарту 9001:2000.

В 1950 году в институте железнодорожного строительства и проектирования МПС была организована лаборатория электрификации железных дорог.

Нормативная база – фундамент развития технических систем. Она должна постоянно актуализироваться, с опережением учитывать ужесточение требований к конструкциям при скоростном и тяжеловесном движении поездов, обеспечивать создание новых конструкций.

В 1960 году были заложены основы нормативной базы по проектированию устройств контактной сети. С тех пор «Нормы проектирования контактной сети» переизданы четыре раза. «Нормы» регламентируют расчетные режимы, нагрузки и воздействия (ветровые, гололедные, сейсмические и др.), порядок назначения

марки металла для заданных условий эксплуатации и определения несущей способности опорных и поддерживающих конструкций. Все положения «Норм» проверены экспериментально.

С целью повысить надежность железобетонных опор разработаны конструкции со стержневой напрягаемой арматурой диаметром 10–18 мм. Их способность противостоять коррозии значительно выше, чем у опор с арматурой из высокопрочной проволоки диаметром 5 мм.

Новые проектные решения конструкций контактной сети приходят и с производства. ЗАО «Форатек Энерго Трансстрой» устанавливало нераздельные железобетонные опоры в скальных грунтах в разбуренный котлован диаметром 600 мм.

Для оценки качества деталей используют методы количественного определения показателей качества при испытании с помощью технических средств на всех этапах их жизненного цикла.

Рассмотрено применение арматуры из стеклопластиковых стержней для железобетонных конструкций: снимаются проблемы электрокоррозии. В ЦНИИС разработали проект опоры, и на Толмачевском заводе железобетонных и металлических конструкций изготовили бетонный фундамент с такой арматурой. При воздействии нагрузки, на поверхности фундамента ширина раскрытия трещин оказалась в четыре раза больше чем при стальной арматуре, поэтому от идеи пока пришлось отказаться.

Под руководством заведующего отделением электрификации железных дорог ОАО ЦНИИС кандидата технических наук А. П. Чучева, специалистами научно-исследовательский институт автоматики и связи (ОАО НИИАС) была разработана методология УРРАН (управление ресурсами, рисками и анализом надежности). Используя математические модели для изучения статистики технических отказов и данных поведения систем в прошлом, УРРАН составляет для руководителей РЖД диаграммы возможных отказов инфраструктуры или подвижного состава (анализ «дерева отказов») и диаграммы возможных последствий предполагаемых отказов («дерева событий») [113].

Помимо прогнозирования, УРРАН снабжен инновационной функцией, позволяющей в значительной мере экономить бюджет. На Северной железной дороге комплекс позволил снизить число отказов и сократить простой поездов на 47,102 млн рублей. Сокращение прямых текущих расходов на содержание путевой инфраструктуры составило 51,827 млн рублей. Система дает рекомендации о замене используемой детали или механизма с учетом времени, загруженности, статистики отказов и реального состояния техники. В аналогичных иностранных системах подобного модуля, позволяющего сокращать прямые текущие расходы на содержание путевой инфраструктуры, нет. Также в комплекс УРРАН инженерами АО «НИИАС» включены математические модели поведения человека. Это позволило повысить уровень управления рисками и расширить круг технических задач.

После внедрения системы УРРАН в ОАО «Российские железные дороги» появилась математически выверенная возможность прогнозирования в краткосрочной и среднесрочной перспективе состояния объектов инфраструктуры. У руководителей РЖД появился реальный и эффективный инструмент для принятия важных решений по оптимизации эксплуатационных расходов и рациональному инвестированию в объекты инфраструктур с учетом безопасности [115].

Учеными Уральского государственного университета путей сообщения внесен неоценимый вклад в развитие систем диагностики контактной сети и разработку неразрушающего контроля железобетонных строительных конструкций и опор контактной сети.

А. И. Гуков разработал способ контроля состояния железобетонной опоры контактной сети на основе двух методов: электрохимического и вибрационного. Он является автором прибора АДО-2М, который позволяет применять оба метода контроля состояния железобетонных опор. Также прибор АДО-2М позволяет измерять значения потенциала земля-рельс и проверку исправности искровых промежутков [30, 31, 77].

Несмотря на имеющиеся недостатки, подобное достижение дает огромный прорыв в области проведения диагностических испытаний, а также упрощает задачу диагностики в плане количества применяемых приборов.

Гуков А. И. Является одним из авторов разработки железобетонных фундаментов для пустотелых опор контактной сети, позволяющих не накапливать влагу, возникающую при конденсации и атмосферных осадков.

С. М. Скоробогатов доказал неотвратимость наступления предельных состояний железобетонных конструкций, а также указал на основные недостатки проектирования массивных железобетонных сооружений в настоящее время. Рассмотрев проблемы старения железобетона, он разделил термин «катастрофа» на два составляющих типа – «тренд» и «экстремум». Определил основной феномен катастрофы – отсутствие надежного предвестника отказа железобетонной конструкции, объясняя необходимость поиска такого предшественника для определения момента наступления катастрофы, говоря о том, что вероятностные подходы применимы в достаточно обширной области обработки накопленной информации. Достаточно в полной мере Скоробогатов С. М описал резерв живучести (продольной трещиностойкости) железобетонных конструкций, объединяя вероятностный энтропийный подход со статистически накопленной информацией о повреждениях [99, 100, 101, 102, 103, 104].

А. Г. Галкин сформировал системный подход в осуществлении анализа надежности устройств контактной сети (КС). Разработал структурную модель КС, на основе которой разработана математическая модель, связывающая в единую систему моделей отдельных объектов, что позволило описать процесс смены технических состояний на всех этапах жизненного цикла контактной сети. Предложил гибридную статическую и квазидинамическую модель для оценки качества токосъёма, с помощью которых появляется возможность оценить качество токосъёма и прогнозирование износа контактных проводов [17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24]

Галкин А. Г. является автором работ, направленных на описание и оценку технического состояния контактной сети, повышения качества токосъёма и безопасности движения поездов. создал математическую модель взаимодействия нагрузок на контактную сеть, которая позволяет разработать стратегии техниче-

ского обслуживания, спланировать места и сроки проведения технического ремонта и капитального ремонта (ТО и КР).

А. А. Ковалев исследовал влияние различных грунтов в различных температурных режимах на положение угла наклона опор контактной сети. Доказал необходимость контроля положения угла наклона опор для повышения безопасности движения поездов. На основе накопленной информации проводимых измерений систематизированы причины изменения угла наклона опор контактной сети, составлена математическая модель, позволяющая определить сроки достижения предельных значений, сформированы методы борьбы с данным явлением [38, 39, 40, 41, 42, 43].

Является автором работ, направленных на повышение надежности и безотказности и контроля предельных состояний узлов и деталей контактной сети. Один из авторов прибора контроля угла наклона опор контактной сети в ходе их эксплуатации.

Ученые Омского государственного университета путей сообщения в большей степени специализировали свои изучения в области повышения качества токосъёма и взаимодействия элементов контактной сети с токоприемниками электроподвижного состава. Выполнены исследования в области оценки влияния поддерживающих устройств контактной сети на токосъём, а также разработаны способы оценки состояния и контроля железобетонных опор контактной сети.

В. П. Михеев является автором работ, направленных на повышение надежности контактной подвески и моделированию токоприемников ЭПС. Рассмотрел и дал развернутую оценку качества и надежности токосъёма на различных участках пути [60].

В. Н. Яковлев исследовал диагностические признаки разрушения опор воздушных линий электропередач, а также обосновал необходимость выбора соответствующих опор для создания линий электропередач. Во многих работах по исследованию технического состояния опорного хозяйства не учтено, что некоторые признаки, характеризующие техническое состояние опор, имеют не постоянные значения [39].

О. А. Сидоров является автором разработки и усовершенствования токоприемников для скоростного и высокоскоростного железнодорожного подвижного состава. В числе работ имеются публикации по исследованию взаимодействия токоприемника ЭПС с элементами контактной сети и разработка математических моделей по оценке качества токосъёма [96, 97].

А. Н. Смердин является автором работ по совершенствованию диагностических средств для проведения натурных измерений устройств контактной сети. С целью совершенствования подходов диагностики технического состояния устройств электроснабжения доказал актуальность применения Байесовских сетей. Предложил применять математическую модель диагностической системы и определять влияние каждого параметра для точной постановки диагноза и предсказания отказа в системе электроснабжения. Выстроена зависимость причин повреждений токоприемников, разработан и предложен обновленный подход к ведению статистики повреждения устройств участвующих в токосъёме [105, 106].

Ученые Дальневосточного университета путей сообщения имеют большой опыт в области разработки и совершенствования методов неразрушающего контроля, основываясь на измерениях параметров железобетонных конструкций в суровых условиях.

В. Н. Лу в своих работах доказал необходимость совершенствования методов и средств неразрушающего контроля элементов контактной сети. Разработал и предложил усовершенствованные методы оценки факторов, влияющих на устойчивость опор контактной сети, учитывая вибродинамическое воздействие на них. Ввел соответствующие коэффициенты, с помощью которых выполнена оценка степени влияния вибрационных воздействий при проходе подвижного состава. В его работах подробно описаны процессы, приводящие к наклону опор контактной сети, разработан ряд технических решений, направленных на повышение устойчивости опор [52, 53, 54, 55].

Рассмотрены силовые воздействия на опору контактной сети, определяющие опрокидывающий момент, с целью разработки мероприятий по повышению качества токосъёма и безопасности движения поездов.

Ученые ВНИИЖТа, имея наиболее тесный контакт с предприятиями железнодорожного транспорта, имеют огромный опыт по разработкам устройств электроснабжения скоростного и высокоскоростного железнодорожного транспорта и повышению надежности и безопасности перевозочного процесса:

В. И. Подольский доказал необходимость разработки и применения новых конструктивных решений по созданию опор контактной сети, а также выполнил обобщенный анализ проблем, связанных с эксплуатацией опорного парка. Рассмотрены этапы эволюции опорного хозяйства, с указанием проблем эксплуатации на каждом этапе, с разработкой соответствующих требований для обеспечения безопасности и бесперебойности движения электроподвижного состава (ЭПС) [7 83, 85].

Подольский В. И. описал процессы, происходящие в железобетонных опорах, влияние грунтов и погодных условий на целостность защитного слоя. Выполнены исследования изменения прочностных показателей железобетонных центрифугированных опор, изменения прочностной составляющей при изменении температуры, влияющей на изменения размеров металлической арматуры внутри бетона и самого бетона. Разработаны мероприятия по обеспечению устойчивости железобетонных опор к колебаниям температур. Составлена приближенная модель снижения прочности с учетом накопления трещин в слое бетона и изменения напряжений на различных уровнях высоты опоры, доказано, что с увеличением относительной площади сжатой зоны бетона с пониженной прочностью возрастает суммарное значение относительной площади сжатой зоны по мере образования трещин в бетоне.

А. А. Царьков, исследуя способы проектирования и создания железобетонных опор контактной сети, разработал электромагнитный метод контроля расположения металлической арматуры опор контактной сети при смешанном армировании, определил степень влияния электромагнитного поля на металлическую арматуру в стенках бетона, доказана достоверность получаемых результатов при применении разработанного метода. Рассмотрено применение электромагнитного

метода в определении технического состояния железобетонных опор контактной сети [111, 113].

Рассмотрен зарубежный опыт к эксплуатации железобетонных опор контактной сети:

Г. Дитрих на железных дорогах Германии предлагает выполнять техническое обслуживание (ТО) КС по методам планово-предупредительного обслуживания, устанавливая предельный срок службы [33].

S. Takeiku в Японии разделяет устройства контактной сети на две основные группы, в первой группе устройства КС соответствуют определенным состояниям, которые наступают в зависимости от срока службы, во второй группе элементы КС не зависят от срока службы. Таким образом, устройства КС первой группы обслуживаются по интервалам наработки, вторая группа находится под постоянным контролем специализированной системы, определяющей техническое состояние [119].

Чунг-Хуэй Цай в Китае разработал и предложил метод диагностики железобетонных оснований по статистическим данным трещинообразования и, моделируя обратное распространение, при помощи нейронных сетей. Накопленная статистика измерений, обрабатываемая в программе, формирует соответствующие ответы, характеризующие состояние железобетонной конструкции [117]. Но данный подход требует серьезной доработки, так как при увеличении масштабности или усложнении конструкции не удастся достичь достоверных результатов.

Б. Шиманик в Швеции предлагает выполнять оценку состояния железобетонных опор по контролю состояния металлической арматуры с использованием активной инфракрасной термографии с микроволновых возбуждений и применяя датчики контроля вихревых токов (датчики Базель)[118].

Несмотря на разработанность темы исследования, не учтено появление трещин в бетоне ввиду вибрационных воздействий в ходе эксплуатации опор. Разработанные приборы в настоящее время обладают основным недостатком. Позволяя проводить комплекс измерений, различные условия эксплуатации создают непостоянство

значений контролируемых параметров, при этом можно сделать выводы о низкой достоверности получаемых данных, применяя один прибор контроля состояния.

Доказанная ценность применения вероятностно-статистического подхода для определения наступления катастроф не была применена для железобетонных опор контактной сети, конструкция которых требует более подробного изучения ввиду сложности определения их технического состояния.

Объединение многих моделей, процессов переходов технических состояний различных элементов контактной сети должно учитывать рассмотрение универсальных параметров элементов КС. Такой подход не позволит учесть и обеспечить контроль изменения технического состояния железобетонных опор контактной сети, имеющих множество параметров, с помощью которых описывается их техническое состояние.

Рассмотренные способы контроля и эксплуатации устройств контактной сети применяются с учетом установленных сроков эксплуатации. Мировой опыт эксплуатации показывает то, что на действующих участках железных дорог диагностика применяется только для оценки технического состояния для установления оставшихся сроков эксплуатации, в отличие от отечественного подхода, не применяется продление срока службы после достижения его предела, установленного изготовителем.

1.2 Анализ отказов опор контактной сети в период с 2012 по 2018 гг.

Началу массовой электрификации с 1964 года на железнодорожном транспорте в послевоенное время последовало огромное количество разновидностей железобетонных конструкций, предназначенных для подвешивания устройств контактной сети. Главной целью при разработке железобетонных поддерживающих конструкций ставилась экономия металла без снижения несущей способности. В ходе различных испытаний и накопления большого опыта и исследований, на железнодорожном транспорте для подвешивания проводов контактной сети решено применять цилиндрические, имеющие форму конуса опоры [35, 61].

Также все железобетонные опоры можно классифицировать по различным типам, применяемым в эксплуатации начиная с наиболее старых, заканчивая более новыми. Более новые опоры типа СО, СС, СП, СТ считаются наиболее надежными, так как в них устранены недостатки более старых марок опор типа ЖБК, СЖБК, УЖБК, КС, СКУ, СКЦ, СКо. Наименее надежными опорами «старого» типа считаются опоры СКУ и СКЦ потому, что в их бетоне находятся фракции щебня чуть более крупного размера, чем в остальных типах железобетонных опор. В результате этого в опорах контактной сети данного типа наиболее часто замечена практически полная коррозия металла на глубине от 0,8 до 1 метра, в связи с чем появляется недопустимый наклон опор без возможности выправки, или падение, что может привести к нарушению безопасности движения поездов [7, 8, 9, 10, 11].

На основании выполненного анализа по полученным статистическим данным отказов основных элементов контактной сети по состоянию на 2018 год в филиалах ОАО «РЖД» составлена диаграмма (рисунок 1.1).

Из диаграммы (рисунок 1.1) следует, что доля отказов опор контактной сети имеет наименьший вес в общем количестве отказов. Поэтому зачастую в статистике уделяется не достаточное внимание отказам опор контактной сети. Нельзя

не учесть тот факт, что конструктивная особенность железобетонных опор контактной сети, при их нормальной эксплуатации, не допускает воздействия на них различных дополнительных механических воздействий, чем в эксплуатации достаточно часто пренебрегается [7, 8, 9, 10, 11].

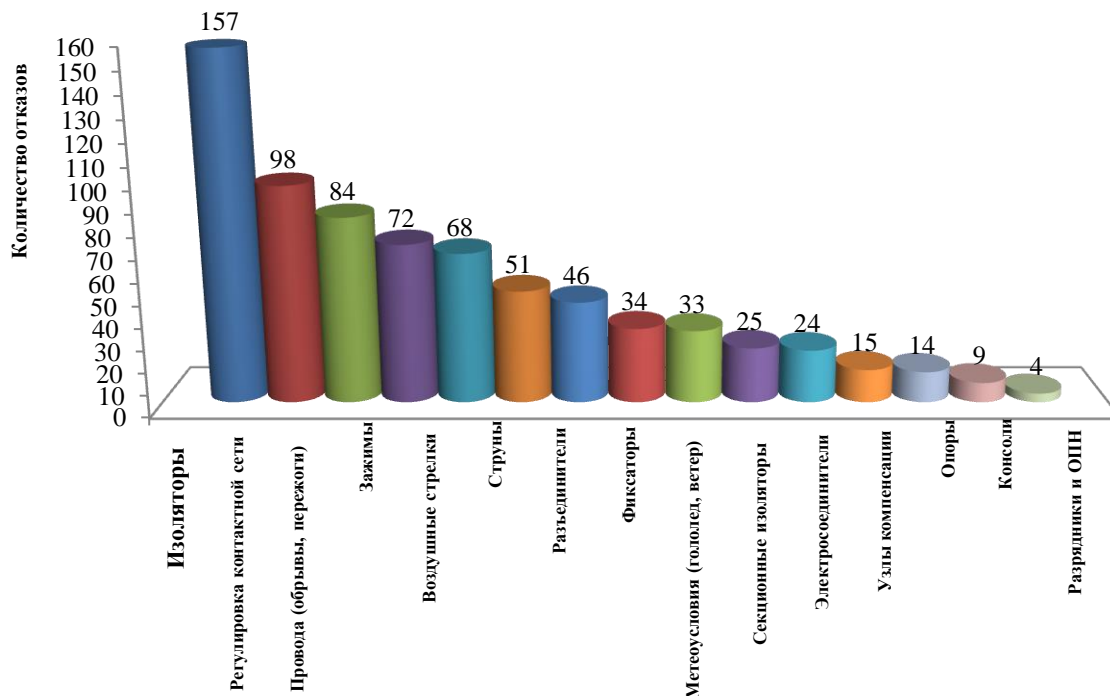


Рисунок 1.1 – Статистический анализ отказов контактной сети в 2018 году

Отказы опор на контактной сети приводят к более тяжелым последствиям сравнительно с теми устройствами, которые вынуждают обращать на себя большее внимание. К примеру, отказ опоры в 2013 году на Дальневосточной железной дороге на станции привел к падению жесткой поперечины из-за неоднократных механических воздействий при проведении погрузо-разгрузочных работ. Данный отказ привел к повреждению контактной сети и ее отключению, что, в свою очередь, повлекло к массовой задержке в движении поездов в количестве 55 пар (в т. ч. пассажирских, пригородных и грузовых). Отказ изолятора по причине электрохимической коррозии на станции в границах Свердловской железной дороги привел к провисанию контактной подвески в габарит подвижного состава, в результате чего произошла задержка одного поезда на 56 минут.

Рассмотрим более подробно отказы и разрушения опор контактной сети, которые произошли на участках Свердловской железной дороги за 2014 – 2018 годы.

2014 год. Допущен излом четырех железобетонных опор контактной сети, ригеля жесткой поперечины, что привело к повреждению 400 метров контактной подвески. Причиной был сход цистерны в составе грузового поезда, в результате чего для обеспечения работ восстановительного поезда бригадой района контактной сети произведена подготовка фронта работы для восстановительного поезда:

- демонтаж контактной подвески – двух съездов;
- произведена временная стыковка несущего троса и контактного провода;
- выполнена разборка пяти воздушных стрелок;
- произведена разборка точек подвеса контактного провода на двух жестких поперечинах;
- выполнен демонтаж шлейфов мачтового разъединителя;
- выполнен демонтаж шкафов мачтового разъединителя.

2015 год. Произошло падение ригеля освещения при изломе опоры на высоте 1,2 м от среза фундамента стаканного типа. Причиной послужило снижение механической прочности опоры вследствие локальной коррозии части струн при некачественном проведении периодического обследования. В результате падения жесткой поперечины освещения допущены повреждения устройств контактной сети: обрыв гибкой поперечины, обрыв нижнего фиксирующего троса, оборваны поддерживающие струны контактной сети по 8 путям. Разрегулирована контактная подвеска по 8 путям, а также нарушен график движения поездов, вызвана задержка 20 поездов.

2015 год. Разрушение фундамента типа ТСА-4,5-3 опоры контактной сети на глубине 1,2 м привело к излому токоприемника электроподвижного состава. Фундаменты клиновидной формы сплошного поперечного сечения с несущей способностью 10 тн/м устанавливались методом вибропогружения в грунт с помощью механизированных виброагрегатов АВФ-МС. Фундамент под опорой контактной сети № 72 не обеспечил требуемой несущей способности вследствие его

механического разрушения в виде сплошной поперечной трещины, с раскрытием до 100 мм с полевой стороны. Данное раскрытие привело к наклону опоры в сторону пути. Отказ опоры контактной сети произошел в результате нарушения технологии установки ввиду увеличения допустимой механической нагрузки.

2015 год. Повреждение опоры контактной сети укладочным краном типа УК-25/9-18. При более подробном расследовании случая установлено, что габарит поврежденной опоры контактной сети составил 2600 мм. При радиусе кривой 230 м нормативное значение габарита должно быть не менее 2610 мм. Снижение габарита произошло после замены стрелочного перевода, после чего не был выполнен замер действующего габарита опоры.

2015 год. В результате схода подвижного состава произошло разрушение двух анкерных опор по четному и нечетному путям.

2016 год. Произошел наклон опоры контактной сети по причине локальной коррозии струн опоры на глубине 1,83 м вследствие нарушения целостности и частичного отслоения бетона, в результате которого произошел доступ влаги (кислотная среда, почвенная коррозия), что способствовало протеканию электрохимических процессов и снижению механической прочности опоры. Дополнительным фактором явилось нахождение низкоомной опоры ($R=40$ Ом) под воздействием опасных токов утечки на участке пути с высоким положительным потенциалом «рельс-земля» ($U=77$ В). Подобный случай привел к излому токоприемника и устройств контактной сети, а также к задержке движения поездов на 2 часа. В ходе проведения внеплановой диагностики на том же участке эксплуатации выявлены еще две железобетонные опоры с подобным дефектом.

2016 год. Повреждена железобетонная опора контактной сети в результате схода грузовых вагонов, что повлекло за собой обрыв проводов контактной подвески.

2017 год. Произошел наклон железобетонной опоры контактной сети по причине ослабления грунта с полевой стороны при производстве работ по капитальному ремонту пути, при демонтированных оттяжках. Подобный случай привел к нарушению графика в движения и задержке 8 поездов почти на два часа.

2017 год. Произошло разрушение железобетонной опоры под ригелем жесткой поперечины контактной сети от удара черепицы здания по причине штормовых ветровых воздействий.

2018 год. Повреждены три опоры под жесткими поперечинами контактной сети в результате схода подвижного состава.

2018 год. По причине схода грузовых вагонов на станции произошло разрушение железобетонной опоры под ригелем жесткой поперечины, повреждена одна промежуточная опора. В результате падения ригеля жесткой поперечины повреждены провода контактной подвески в объёме:

- 200 метров контактного провода МФ-100;
- 100 метров несущего троса М-95;
- 200 метров несущего троса ПБСМ-70.

Все вышеприведенные случаи можно классифицировать следующим образом, которые приведены в таблице 1.1:

Таблица 1.1 – Классификация отказов опор контактной сети

Основные причины	Количество отказов, шт
Сходы подвижного состава	5
Износ (старение, электрическая коррозия)	5
Нарушение технологий установки, превышение допустимых нагрузок	2
Влияние метеоусловий	1
Нарушение габарита	1

В ходе анализа повреждений и отказов опор контактной сети установлено, что отказы по причине электрической коррозии или старения имеют наибольший вес после повреждений, допущенных в результате схода подвижного состава. Наименьший вес имеют разрушения опор, вызванные нарушением габарита подвижного состава в результате несогласованной работы смежного подразделения.

В результате проведенного анализа отказов доказано, что любой отказ опор контактной сети приводит к задержкам в движении поездов не менее 1 часа, что, в

соответствии с комплексной автоматизированной системой анализа и учета надежности технических средств, классифицируется как отказ первой категории. Отказы данной категории создают недопустимые уровни рисков, влияющих на безопасность движения поездов.

В указанный период на этих участках проводились работы групп коррозии по оценке технического состояния указанных повреждений опор. Но применённые подходы к диагностике не позволили предотвратить отказы.

1.3 Основные проблемы при эксплуатации и обслуживании опорного хозяйства

В ходе анализа надежности опор контактной сети выявлен ряд основных проблем, возникающих при эксплуатации, которые определяют приоритетные задачи для активации работ по снижению рисков отказа опорных конструкций. Выполнена более подробная классификация основных проблем и причин возникновения отказов железобетонных опор контактной сети.

1.3.1 Влияние метеоусловий на разрушение железобетонных опор контактной сети

Центрифугированная железобетонная опора контактной сети, ввиду сложности своей конструкции, оказалась достаточно сильно подверженной трещинообразованию под воздействием температурных изменений. Доказано, что в центрифугированных опорах могут создаваться перепады температур до 12 – 14 гра-

дусов Цельсия в утренние часы. К полудню перепады температур сглаживаются, а в вечерние часы температура воздуха внутри опор оказывается теплее температуры наружного воздуха [74]. Так как прочность бетона зависит от величины, определяющей соотношение сжимающих и растягивающих напряжений, то при неравномерности этих соотношений происходит разрушение бетона [54].

Нестационарные тепловые режимы вызывают соответствующие изменения напряжений в течение суток [96]. Доказано, что чем больше перепады температуры окружающей среды, тем больше возникают растягивающие напряжения. Это ведет к снижению трещиностойкости железобетонных опор.

Температурные колебания приводят к трещинообразованию бетонного слоя различной степени дефектности. Так, например, в течение 2018 года выявлено вновь 505 дефектных опор. Для снижения количества дефектных опор контактной сети была выполнена следующая работа:

- выполнена замена 141 опоры с переводом нагрузки;
- 389 опор выведено из дефектных после проведения их ремонта (лечения);
- 222 опоры выведены из дефектных по актам после дополнительного обследования.

Таким образом, на начало 2019 года в эксплуатации находилось 3536 дефектных опор контактной сети (рисунок 1.2).

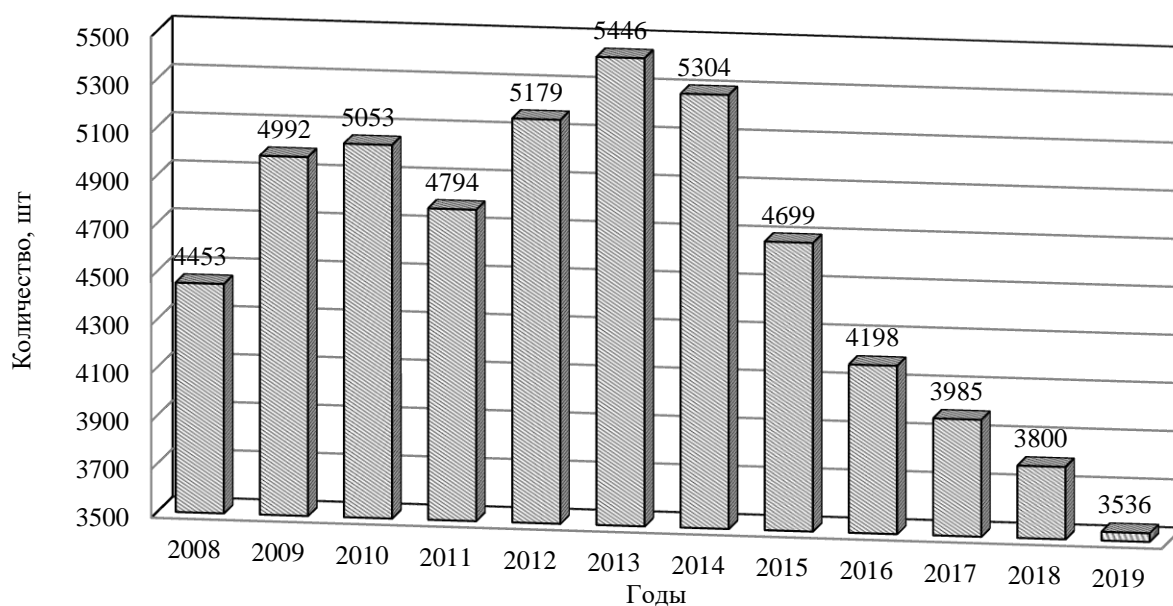


Рисунок 1.2 – Изменение количества дефектных опор по годам

Из приведенного рисунка видно, что в хозяйстве электрификации наблюдается стабильная динамика по снижению количества дефектных опор. Однако, обозначенные проблемы образования дефектов в железобетонных опорах не могут быть в полной мере решены путем перевода опор из разряда дефектных и остродефектных на основе ремонта местных повреждений опор, тем более на основе проведения дополнительного обследования.

Классифицируя по типам опор, наибольшее количество дефектных составляют железобетонные опоры типа СКУ (1088 шт.), ЖБК (612 шт.), металлические опоры типа М (502 шт.).

Влияние штормовых порывов ветра является важным фактором, который способствует снижению срока службы опор контактной сети. Не исключаются и прямые попадания грозовых разрядов в опоры, расположенные на открытых насыпях, при отсутствии соответствующих молниеотводов.

Проблема метеоусловий, в которых эксплуатируются опоры контактной сети, требует решений как в конструктивной части самих железобетонных опор, позволяющих компенсировать температурные колебания, так и разработку технических мероприятий, обеспечивающих сохранность опор при различных погодных условиях.

Описанные выше мероприятия показывают достаточно стабильную статистику снижения количества опор различной степени дефектности, при этом нельзя не заметить, что большинство мер не направлено на устранение самих дефектов. Проведение различных дополнительных обследований должны в более полной мере устанавливать диагноз по исправности опор контактной сети. Учитывая тот факт, что появление трещин в бетонном слое способствует образованию коррозии металла и в том числе снижению несущей способности, разработанные способы «лечения» способствуют лишь снижению скорости ее протекания. Поэтому опоры, подвергнутые «лечению», сложно считать бездефектными, в данном случае снижена лишь степень дефектности [63, 100, 101].

1.3.2 Расположение на межподстанционной зоне

Анализ повреждений и классификация причин отказов железобетонных опор контактной сети позволяет сделать выводы о том, что большинство опор, отказавших по причине электрической коррозии, располагались на межподстанционной зоне. Основываясь на опыте исследований в области электрической коррозии опор контактной сети, можно сказать, что основной причиной являются анодные и катодные зоны (рисунок 1.2).

При проходе электроподвижного состава рельс в данной области получает положительный потенциал. Таким образом, при увеличении количества электропоездов на межподстанционной зоне увеличивается и область разности потенциалов в грунте, что приводит к появлению токов утечки (рисунок 1.3) [78, 79]. Так как бетон не проявляет свойств диэлектрика, то соответственно при появлении разности потенциалов появляются токи утечки, которые вызывают электрическую коррозию металлической арматуры в стенках бетона [47, 49, 50, 65, 68].

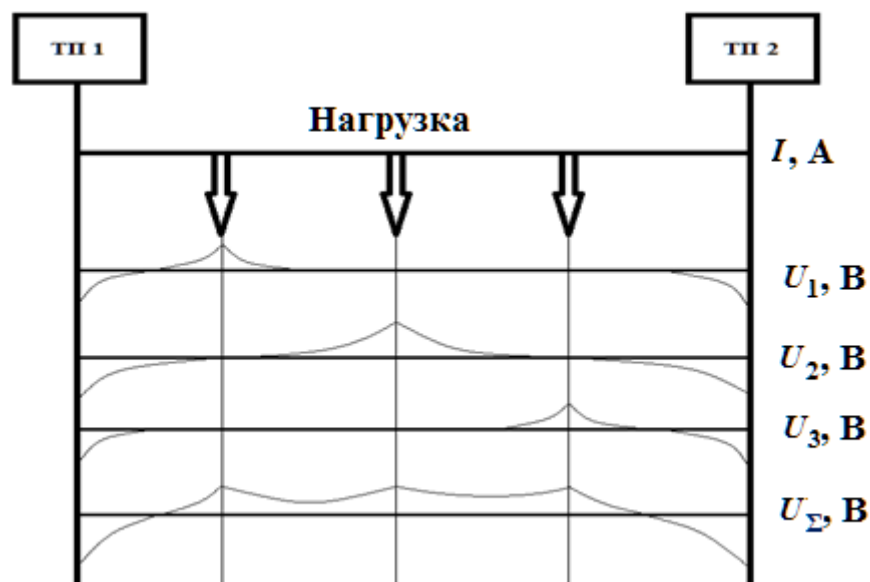


Рисунок 1.3 – Изменение характера распределения потенциала при движении электровоза:

I – тяговый ток электровоза; U_1, U_2, U_3 – соответственно разность потенциалов, вызванная движением поезда в начале, середине и конце межподстанционной зоны; U_{Σ} – разность по-

тенциалов, вызванная тем, что в межподстанционной зоне одновременно находится несколько поездов

В зависимости от того, в какой зоне располагаются опоры, проявляется электрическая коррозия:

- в катодной зоне вынос металла происходит в надземной части железобетонной опоры;
- в анодной зоне вынос металла происходит в подземной части (на глубине примерно от 0,8 до 1 метра от уровня условного обреза фундамента) железобетонной опоры.

Наиболее подверженные действию электрической коррозии считаются опоры с сопротивлением менее 1 кОм, которые называются «низкоомные опоры» или «электрокоррозионноопасные» (ЭКО). Наличие низкоомных опор в групповых заземлениях особо опасно с точки зрения коррозии из-за перетекающих токов. Число электрокоррозионноопасных (ЭКО) опор, т. е. низкоомных и с током утечки более 40 мА достигло 20758 опор (рисунок 1.4).

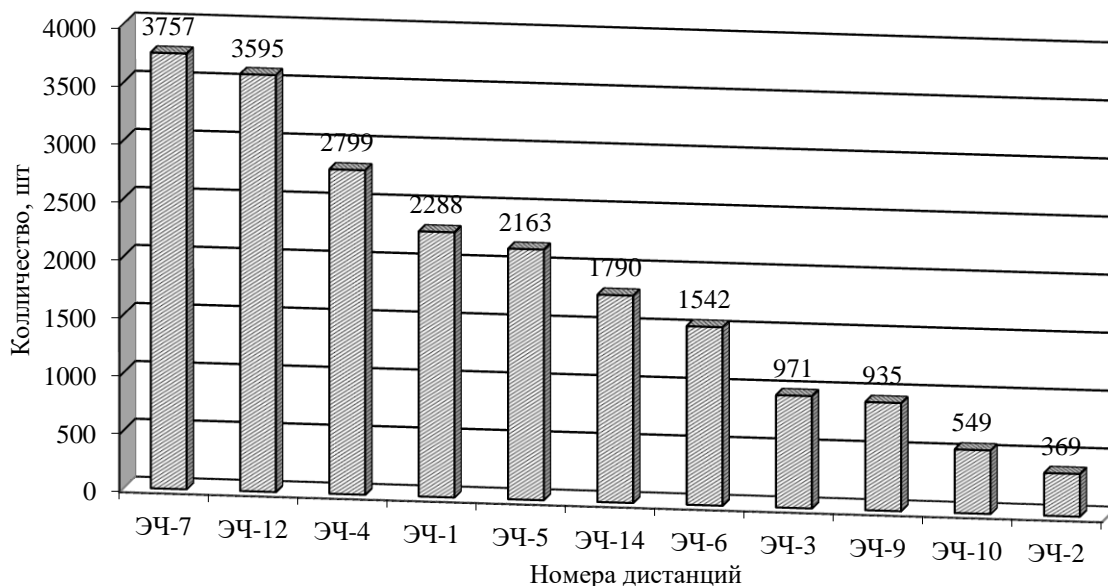


Рисунок 1.4 – Распределение количества электрокоррозионноопасных опор в границах дистанций электроснабжения Свердловской железной дороги

Различные исследования в области электрической коррозии подтверждают тот факт, что токи утечки, приводящие к разрушению металлических частей, по большей части оказывают влияние на дорогах постоянного тока. Появляется необходимость применения различных способов защиты от данного негативного явления [42]. В свою очередь, доказано, что на дорогах с переменным током такое явление, как ток утечки, не проявляется.

На основании вышеизложенного можно утверждать, что проблемой обслуживания опорного парка является сложность выявления дефектов опор, находящихся в анодной зоне, в связи с тем, что появляется необходимость откопки опор на глубину до одного метра и проведение соответствующих замеров [111].

1.3.3 Нарушение действующих правил установки (выправки) опор

Проектирование участков электрификации железных дорог подразумевает выполнение расчетов по определению значений максимальных изгибающих нагрузок на опоры контактной сети, возникающих при эксплуатации контактной сети. Исходя из полученных значений, происходит выбор поддерживающих конструкций и опор контактной сети [63]. Разнообразие местностей, на которых происходит строительство, предполагает различные способы установки опор для контактной сети. Разработанные способы установки опор контактной сети предусматривают их установку в грунт без увеличения нормативных нагрузок на них [39].

Нарушение действующих правил установки (выправки) вызывает дополнительные напряжения в стенках бетона, что приводит к образованию трещин и соответственно снижению несущей способности. Анализ повреждений опор контактной сети показал, что при нарушении правил установки происходит разрушение фундаментной части и дальнейшее падение опор контактной сети. При проведении выправки железобетонных опор контактной сети и не соблюдении соот-

ветствующих требований в организации подготовительных мероприятий, в плане откопки, происходит их излом, который на начальных этапах достаточно сложно обнаружить [101].

Таким образом, к проблемам эксплуатации опорного парка можно отнести работы по установке или выправке выполненные с нарушением действующих правил.

1.3.4 Несогласованная работа служб электрификации и пути

В соответствии с требованиями инструкции правил технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации (ПТЭ), все строительные размеры и габариты устройств контактной сети привязываются к железному пути [87, 88].

Отсутствие согласованности в действиях по переустройству объектов эксплуатации приводит к нарушению установленных расстояний, требуемых для обеспечения нормальной работы перевозочного процесса [101].

Ежегодное планирование и проведение работ по капитальному ремонту пути зачастую не согласовано с дистанциями электроснабжения, в результате чего проведение работ капитального ремонта планируется на разных участках.

При обследовании на соответствие требованиям ПТЭ вновь выявляются негабаритные опоры контактной сети, зачастую на тех участках, где проходили работы по ремонту железнодорожного пути, а также после проведения работ по его выправке. Поэтому необходимо постоянно разрабатывать мероприятия, направленные на устранения несоответствий ПТЭ. При этом опоры, относительно железнодорожного пути, считаются негабаритными. Отсюда следует, что это становится проблемой на этапе эксплуатации, при том что ежегодно планируемый бюджет не предусмотрен на проведение работ по установке новых опор контактной сети, переводу на них нагрузки от проводов контактной подвески и демонтажу негабаритных опор. Сложившаяся ситуация приводит к тому, что перераспре-

деление трудозатрат на выполнение мероприятий, направленных на устранение негабаритных опор контактной сети, снижает производительность труда на проведение запланированных работ, повышая, в свою очередь, трудозатраты на выполнение плановых предупредительных работ (ППР).

Только за 2013 – 2015 года выявлены негабаритные опоры контактной сети в количестве 246 шт. после проведения ремонтных путевых работ, что не только повышает ежегодный объем трудозатрат, но и негативно влияет на обеспечение безопасности перевозочного процесса. Примером этого является сбитая негабаритная опора, расположенная в горловине станции, образовавшаяся в результате смены стрелочного перевода [1, 2, 3, 4, 5, 6].

1.3.5 Эксплуатация опор со сроком службы более 40 лет

Основным последствием массовой электрификации с 1964 года явилось то, что в настоящее время проявляется резким скачком роста опор со сверхнормативным сроком эксплуатации. В итоге количество опор со сроком эксплуатации более 50 возрастает. Отсутствует техника или технология, которая позволила бы решить такую проблему. В связи с тем что в среднем на полную реконструкцию одного перегона уходит от 3 до 5 лет, в разы увеличивается количество опор со сроком эксплуатации, превышающим нормативный (более 30 лет).

Так, при анализе эксплуатационной надежности опор контактной сети по Свердловской железной дороге выявлено, что при количестве 127 тыс. опор контактной сети, в состав которых входят как металлические, так и железобетонные, наибольший удельный вес составляют опоры со сроком эксплуатации более 40 лет (рисунки 1.5, 1.6).

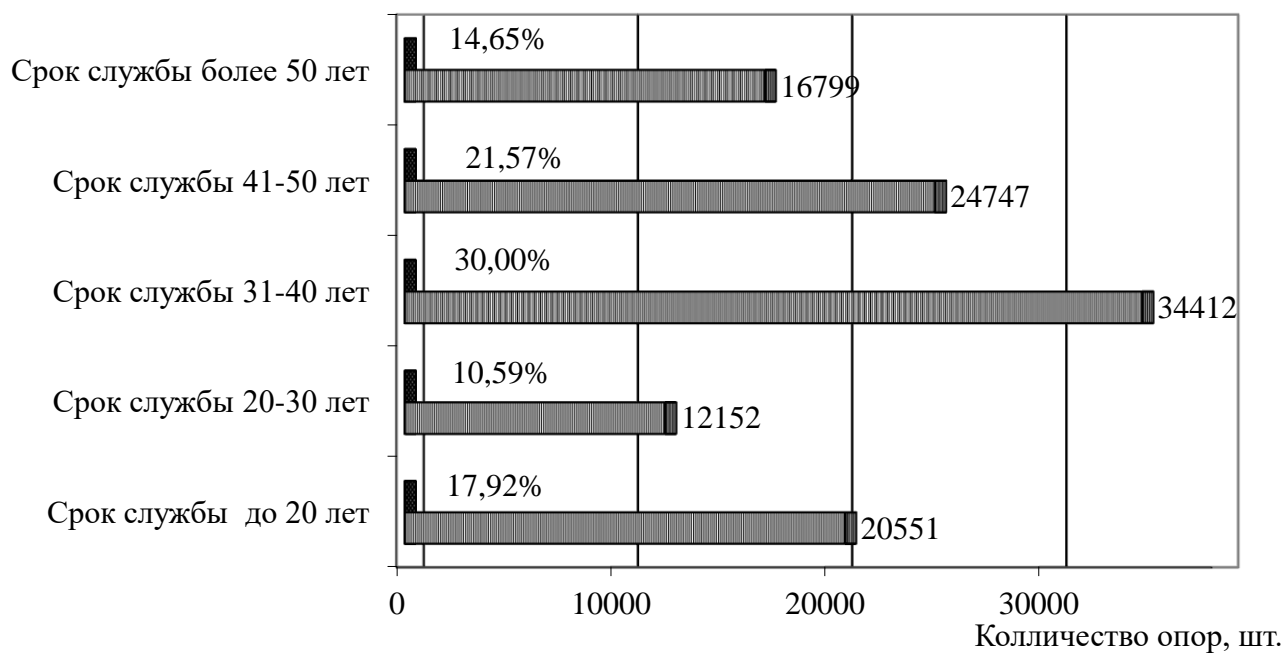


Рисунок 1.5 – Распределение количества железобетонных опор по срокам службы

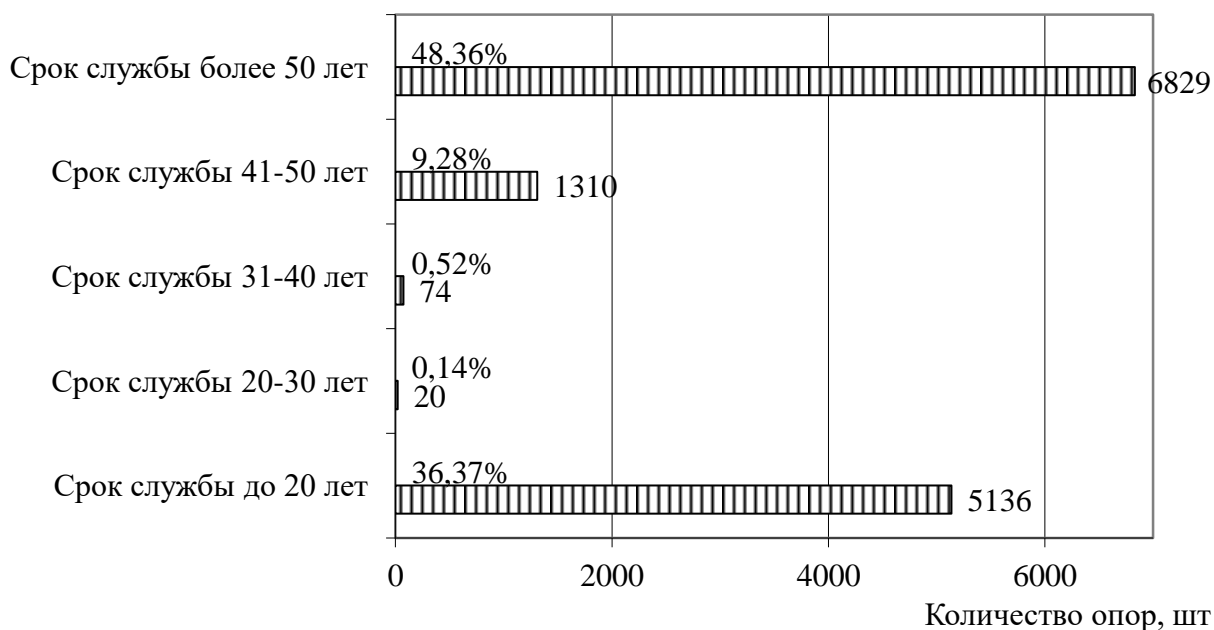


Рисунок 1.6 – Распределение количества металлических опор по срокам службы

Если в год силами дистанций электроснабжения заменять по 400 опор сроком службы более 40 лет, с учетом участков обновления, то такой объем замены составит лишь 0,9 % от всех имеющихся опор со сроком службы более 40 лет, в то время как темпы увеличения количества опор со сверхнормативным сроком

эксплуатации заметно превышают ежегодный объем замены таких опор (таблица 1.2).

На участках Свердловской железной дороги находится около 7 тыс. металлических опор (48,4 % от общего парка металлических опор) и 17 тыс. железобетонных опор (14,7 %), которые эксплуатируются более 50 лет. Продолжается рост количества опор со сроком эксплуатации более 50 лет (1964 – 1965 гг. установки). С 2013 года количество таких опор составляло всего 9 % от общего количества, а сегодня 18,34 % (рисунок 1.7). Количество всего за 7 лет увеличилось в 2,3 раза (таблица 1.2) [7].

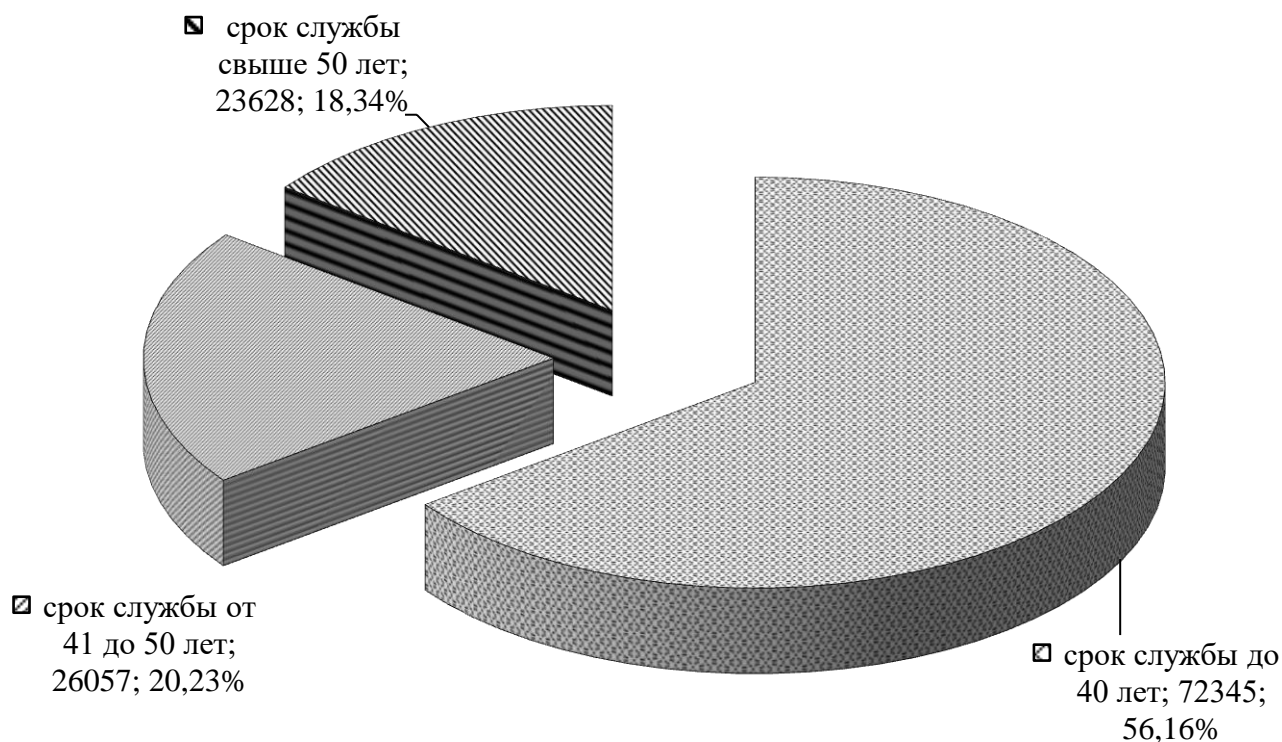


Рисунок 1.7 – Доля распределения количества опор от 40 лет до 50 лет и свыше 50 лет службы, находящихся в эксплуатации

Таблица 1.2 – Распределение парка опор по сроку службы

	Всего, шт	до 20лет	20-30 лет	31-40 лет	41-50 лет	> 50 лет
Ж.Б.	114704	20551	12152	34412	24747	16799
%		17,92%	10,59%	30,00%	21,57%	14,65%
Металл.	14121	5136	20	74	1310	6829
%		36,37%	0,14%	0,52%	9,28%	48,36%
Всего	128825	25687	12172	34486	26057	23628
На 01.01.2019		19,94%	9,45%	26,77%	20,23%	18,34%
На 01.01.2018		27,50%	10,70%	25,80%	20,50%	17,30%
На 01.07.2017		25,10%	11,50%	28,20%	20,40%	14,80%
На 01.01.2016		24,55%	12,20%	29,81%	20,10%	13,34%
На 01.01.2015		24,45%	21,59%	22,67%	18,14%	13,19%
На 01.01.2014		25,21%	21,71%	23,17%	20,79%	9,13%
На 01.01.2013		24%	22,20%	24,40%	20,30%	9%

Превышение сроков эксплуатации проявляется в виде увеличения числа дефектных опор из-за постоянного воздействия окружающих факторов.

Уже в начале 2019 года выявлено 3 остродефектных опоры, в то время как в течение 2018 года выявлено 34 остродефектных опор, по ним заменено 17 шт. и выведено из разряда остродефектных после ремонта (лечения) 17 шт.

1.4 Классификация основных приборов диагностирования

Своевременное определение технического состояния и принятие соответствующего решения по устранению возможных факторов влияет на безопасность движения поездов. Таким образом, проведение комплекса диагностических меро-

приятый позволяет повысить безопасность за счет своевременного обновления опорного парка на тех участках, где это наиболее необходимо [81].

В настоящее время имеется достаточно широкая линейка для диагностики железобетонных конструкций, представленных на рынке как отечественным производителем, так и зарубежным [80, 81].

Классифицируем приборы, применяемые в дистанциях электроснабжения для выполнения диагностики железобетонных опор контактной сети [32]:

1. По скорости получения информации. Различают несколько методов диагностики, характеризующихся различной скоростью получения информации:

– магнитный метод – основанный на взаимодействии магнитного поля, создаваемого прибором с металлической арматурой железобетонной конструкции. Позволяет определить толщину защитного слоя бетона, а также примерно оценить диаметр арматуры. Скорость получения информации ограничивается скоростью распространения электромагнитного поля в бетоне;

– ультразвуковой метод – основан на свойствах ультразвуковых волн отражаться от объектов. В основном применяется для дефектоскопии бетона, а так же для измерения прочности. Скорость получения информации определяется скоростью распространения ультразвука в бетоне;

– метод радиолокации – основан на свойствах отражения радиоволн в исследуемой среде от находящихся в ней предметов или неоднородной среды, имеющих отличную от среды диэлектрическую проницаемость или проводимость. После обработки сигнала полученная информация отображается на дисплее в виде радарограмм. Сложность обработки сигналов хоть и несущественно, но снижает скорость получения информации;

– механический метод – позволяет определять ширину раскрытия трещин при помощи различных щупов и специальных оптических микроскопов;

– электрохимический – позволяет осуществлять контроль развития процессов электрической коррозии. Измеряют значения потенциалов и значения сопротивлений, осуществляя контроль параметров по заранее подготовленной схеме соединения. Определяемый ток утечки позволяет сделать вывод о скорости про-

текания электрической коррозии. Данный метод по скорости получения информации является одним из самых медленных, в связи с тем что для каждой контролируемой опоры контактной сети необходимо собирать электрическую цепь и определять величину тока утечки.

– вибрационный способ – позволяет осуществлять контроль целостности бетонного слоя и арматуры по скорости затухания колебаний. Также считается достаточно медленным по скорости получения информации за счет выполнения подготовительных мероприятий для проведения испытаний.

2. По скорости обработки полученных данных. Рассмотренные методы условно разделим на несколько групп по скорости обработки полученной информации:

– моментальные – информация о техническом состоянии железобетонной опоры выводится на дисплей прибора сразу после проведения испытаний;

– справочные – выводы о техническом состоянии железобетонных опор делаются после сравнения опытных данных с указанными данными в соответствующих справочниках, таблицах и т. д.;

– вычисляемые – методы диагностики, при которых необходимо провести ряд вычислений, для того чтобы описать техническое состояние опор контактной сети.

3. По точности измерений. Классификация приборов диагностики по степени точности подразделяются на следующие классы точности: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; и 4,0. Класс точности не должен превышать приведенной относительной погрешности прибора:

– по характеру проявления:

а) систематические – составляющая погрешности измерений, которая при измерении остается постоянной или закономерно изменяется;

б) случайные – составляющая погрешности измерения, которая изменяется случайным образом. Может быть обнаружена при повторных измерениях одной и той же величины, когда получаются неодинаковые значения;

в) грубая – погрешность результата отдельного измерения, входящего в ряд измерений, которая для данных условий резко отличается от остальных результатов этого ряда. Такой вид погрешности нельзя исключить, но ее влияние на результат измерений может быть теоретически учтено методами теории вероятности и математической статистики,

– по условиям применения:

а) основная – погрешность средства измерений применяемого в нормальных условиях;

б) дополнительная – составляющая погрешности средства измерений, возникающая дополнительно к основной погрешности, вследствие отклонения какой либо из влияющих величин от нормального ее значения или вследствие ее выхода за пределы нормальной области значений,

– по режиму измерений:

а) статическая – погрешность средства измерений применяемого в нормальных условиях;

б) динамическая – погрешность средства измерений, выраженная в единицах измеряемой физической величины.

4. По объему выполняемых работ можно классифицировать соответственно виды выполняемых работ по диагностике технического состояния железобетонных опор контактной сети:

1) диагностика надземной части опор. Такой вид диагностики производится преимущественно на участках переменного тока с определением несущей способности;

2) диагностика подземной части опор. Выполняется преимущественно на дорогах постоянного тока. Подразумевает собой откопку опор или фундаментов опор находящихся в грунте на глубину до одного метра. При данном способе диагностики производится оценка технического состояния железобетонных опор от влияния агрессивных веществ, находящихся в грунте и электрической коррозии на участках анодных зон;

3) контроль сопротивлений опор контактной сети. Позволяет определить величину тока утечки, влияющего на протекание электрической коррозии.

1.5 Анализ факторов, влияющих на стоимость жизненного цикла железобетонных опор контактной сети

Стратегия технического обслуживания подразумевает эксплуатацию объектов железнодорожного транспорта с максимально низкой среднегодовой стоимостью жизненного цикла [20, 42]. Поэтому эксплуатация железобетонных опор контактной сети на протяжении всего жизненного цикла не должна превышать минимально допустимые значения, обеспечивающие продление срока их эксплуатации. В ином случае требуется организация работ, направленных на установку новых и утилизацию старых опор, эксплуатация которых является экономически не целесообразной.

Определение стоимости жизненного цикла является важным аспектом в области развития железнодорожного транспорта, являясь одной из нескольких стоимостных моделей, применявшихся на практике. Затраты, определяющие стоимость жизненного цикла, включают в себя следующие стоимостные показатели:

- стоимость научно-исследовательских работ;
- стоимость производства и строительства;
- стоимость эксплуатации и техобслуживания;
- стоимость вывода из эксплуатации системы и утилизация.

Можно выделить некоторые зависимости, которые в той или иной мере оказывают влияние на стоимость жизненного цикла железобетонной опоры контактной сети.

1. Затраты, связанные с текущим ремонтом, которые включает в себя проведение работ по обследованию технического состояния. Недостаточно качественно проведенная работа по выявлению и устранению дефектов может выразиться в виде отказа (наклона) опоры контактной сети, что, в свою очередь, приводит к значительному увеличению стоимости жизненного цикла.

2. Плановые виды ремонта. Ежегодно планируемые мероприятия, направленные на обследование железобетонных опор, срок эксплуатации которых значительно превышает установленный, выражаются в виде трудозатрат, определяемых соответствующим увеличением стоимости жизненного цикла. Организация работ по прогнозированию технического состояния позволит избежать неоправданных потерь ресурсов на постоянное обследование, которое ежегодно увеличивается.

3. Снижение вероятности возникновения дополнительных затрат возможно при неукоснительном соблюдении соответствующих инструкций по установке или выправке опор контактной сети.

В литературе [117] подробно сформулированы отраслевые факторы, которые непосредственно влияют на сроки эксплуатации, надежность и безопасность эксплуатации. К ним относятся:

1. Фактор железнодорожного транспорта. Включает в себя специфические факторы, которые отражают область влияния на объекты эксплуатации. Рассматривая кратко, к таким специфическим факторам относятся:

- эксплуатация объекта;
- внешняя среда;
- условия применения;
- условия эксплуатации;
- категории отказов.

2. Человеческий фактор. Отражает влияние человека на объекты эксплуатации, связанное с качеством обслуживания. Ниже приведена классификация факторов, влияющих на производительность и качество обслуживания человеком (таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Классификация факторов, влияющих на производительность и качество обслуживания человеком

Физические факторы	Антропометрия	Основное размещение в рабочей среде
	Рабочие условия	Физические условия, такие как температура, влажность, освещенность, шум
	Конструкция «человеко-машинного интерфейса» (ЧМИ)	Расположение и размещение ЧМИ; удобство и простота использования; качество обратной связи
Персональные факторы	Индивидуальные факторы	Состояние здоровья; эмоциональное напряжение; возраст, пол
	Зависимые факторы	Усталость; навыки; опыт; мотивация; техника безопасности
Организационные факторы	Факторы, имеющие отношение к персоналу	Планирование графика дежурств; руководство; образование; квалификация; социальные аспекты; культура безопасности
	Стандартные факторы	Стандарты; правила и руководящие указания; постановка задачи

Учитывая все вышеперечисленные факторы, следует принимать во внимание, каким образом происходит влияние, как положительно, так и отрицательно, на производственный процесс, который отражается на безопасности железнодорожных перевозок и стоимости жизненного цикла.

Выводы по первой главе

1. В результате проведенного анализа надежности эксплуатационной работы опор контактной сети установлено, что при анализе рисков задержки поездов учитывают в меньшей степени отказы опор, в то время как последствия при этом оказываются наиболее тяжелыми и всегда характеризуются отказами первой категории.

2. Выявлен ряд проблем, связанных с нормальной эксплуатацией железобетонных опор контактной сети, что позволяет указать на несовершенство действующих методов и способов их эксплуатации, при которых отсутствует выявление системы отказов железобетонных опор контактной сети. Доказана необходимость в организации более согласованной деятельности смежных подразделений для обеспечения безопасности перевозочного процесса.

3. Выполненная классификация основных приборов диагностики позволила обосновать необходимость в применении комплексного подхода к осуществлению диагностики железобетонных опор контактной сети на этапе эксплуатации.

4. Проведен анализ основных факторов, влияющих на стоимость жизненного цикла железобетонных опор контактной сети, в ходе которого установлено, что имеется необходимость в организации более строгого контроля над выполнением работ и применением высококачественных материалов. Данные меры позволят повысить эффективность выполняемых работ по установке и эксплуатации железобетонных опор контактной сети, а также снизить вероятность возникающих рисков задержки поездов, влияющих на безопасность перевозочного процесса.

2 РАЗРАБОТКА ПОДХОДА К КОМПЛЕКСНОЙ ДИАГНОСТИКЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОПОР КОНТАКТНОЙ СЕТИ

Срок службы железобетонных опор контактной сети напрямую зависит от условий эксплуатации [66, 69]. Поэтому большинство опор, находящихся в эксплуатации более заявленного срока службы, выполняют свои функции по обеспечению работы перевозочного процесса. Однако влияние внешних условий, рассмотренных в первой главе настоящей диссертации, в большей мере повышают вероятность отказа.

Разнообразие существующих приборов диагностики железобетонных конструкций позволяет выполнять достаточно большой спектр диагностических операций и, соответственно, контролировать значения разных параметров.

Несовершенство современных подходов в диагностике опор по части определения их технического состояния заключается в обеспечении контроля по одному, в редких случаях двум параметрам. Это приводит к тому, что выявить систему отказов опор становится крайне сложно. Внешние факторы обуславливают проявление случайных погрешностей, что снижает достоверность показаний приборов, при этом достоверность постановки диагноза не всегда проверяется [55, 103, 104, 106, 113]. Такой подход к диагностике нельзя считать достаточно эффективным, поэтому требуется разработка комплексного подхода к диагностике опор контактной сети.

2.1 Формирование методики комплексной диагностики железобетонных опор контактной сети

Диагностика железобетонных конструкций в настоящее время имеет достаточно много различных подходов. Широкий диапазон контролируемых параметров и способов получения информации позволяет осуществлять контроль технического состояния на всех этапах эксплуатации, исключая этапы проектирования и утилизации. Многолетний опыт исследований в области железобетонных конструкций позволяет совершенствовать существующие методы диагностики [106, 113]. Современные приборы предполагают осуществление косвенной диагностики, описывая техническое состояние железобетонных опор на основании вероятностно-статистических методов. Таким образом, железобетонные опоры контролируются по признакам:

- определяя сопротивление на определенном участке железобетонной конструкции, можно вычислить величину тока утечки и остаточное сечение металлической арматуры;
- по скорости затухания колебаний определяется состояние металлической арматуры;
- скорость прохождения ультразвуковых волн на участке бетона определяет накопление микрповреждений в нем и, соответственно позволяет оценить состояние защитного слоя;
- угол наклона опоры позволяет оценить необходимость проведения работ по выправке опор контактной сети для снижения вероятности повреждения устройств, участвующих в токосъеме, а также позволяет судить о вероятном её неисправном техническом состоянии.

Ошибки, допускаемые при постановке диагноза о техническом состоянии опор контактной сети, приводят к серьезным последствиям, выражающимся в задержке большого количества поездов [45].

Таким образом, определяя информационный вес соответствующих показаний приборов, можно с определенной долей вероятности поставить диагноз опоре контактной сети.

Практика обслуживания железобетонных опор контактной сети говорит о том, что постановка диагноза об исправном или неисправном состоянии производится на основании показателей одного параметра. Такие подходы в определении технического состояния являются наименее точными и приводят в большинстве случаев к ошибкам при постановке диагноза. Примером является излом двух опор контактной сети на перегоне Чупино – Юшала по причине электрической коррозии на глубине 1,3 – 1,8 м в 2016 году, при том что, оценивая показатели сопротивлений при плановой диагностике, определено исправное состояние.

Ряд проведенных исследований показал, что контроль одного параметра позволяет рассмотреть техническое состояние лишь в одной плоскости измерений, но, увеличивая число переменных, можно получить более объемную картину, которая подробно позволяет описать состояние железобетонной опоры контактной сети в определенный момент времени.

Основываясь на различных вероятностных подходах и статистических данных, полученных опытным путем при оценках технического состояния железобетонных опор контактной сети и объединяя контролируемые показатели, был разработан подход к комплексной диагностике, направленный на определение технического состояния железобетонной опоры контактной сети (рисунок 2.1) [100].

Комплексный подход направлен на постановку диагноза о техническом состоянии железобетонной опоры контактной сети на основании контроля нескольких параметров, определяемых рядом диагностических приборов, применяемых в эксплуатации опорного парка.

Реализация подхода к комплексной диагностике состоит из пяти этапов последовательно выполняемых действий:

1. Проведем классификацию основных приборов диагностики, чтобы определить ряд приборов, предназначенных для оценки технического состояния железобетонной опоры контактной сети, такими приборами являются: УК-1401, ПК-2,

ИСО-1М, УГК, ИНТРОСКОП. Выбор приборов диагностики, которые применяются в эксплуатации в дистанциях электроснабжения, позволяет провести натурные измерения и выбрать диагностические параметры (α – угол наклона опоры; R – сопротивление цепи «консоль-рельс»; V – скорость распространения ультразвука в бетоне; ν – частота затухания колебаний в железобетонной опоре). Составим структурную схему (рисунок 2.1).

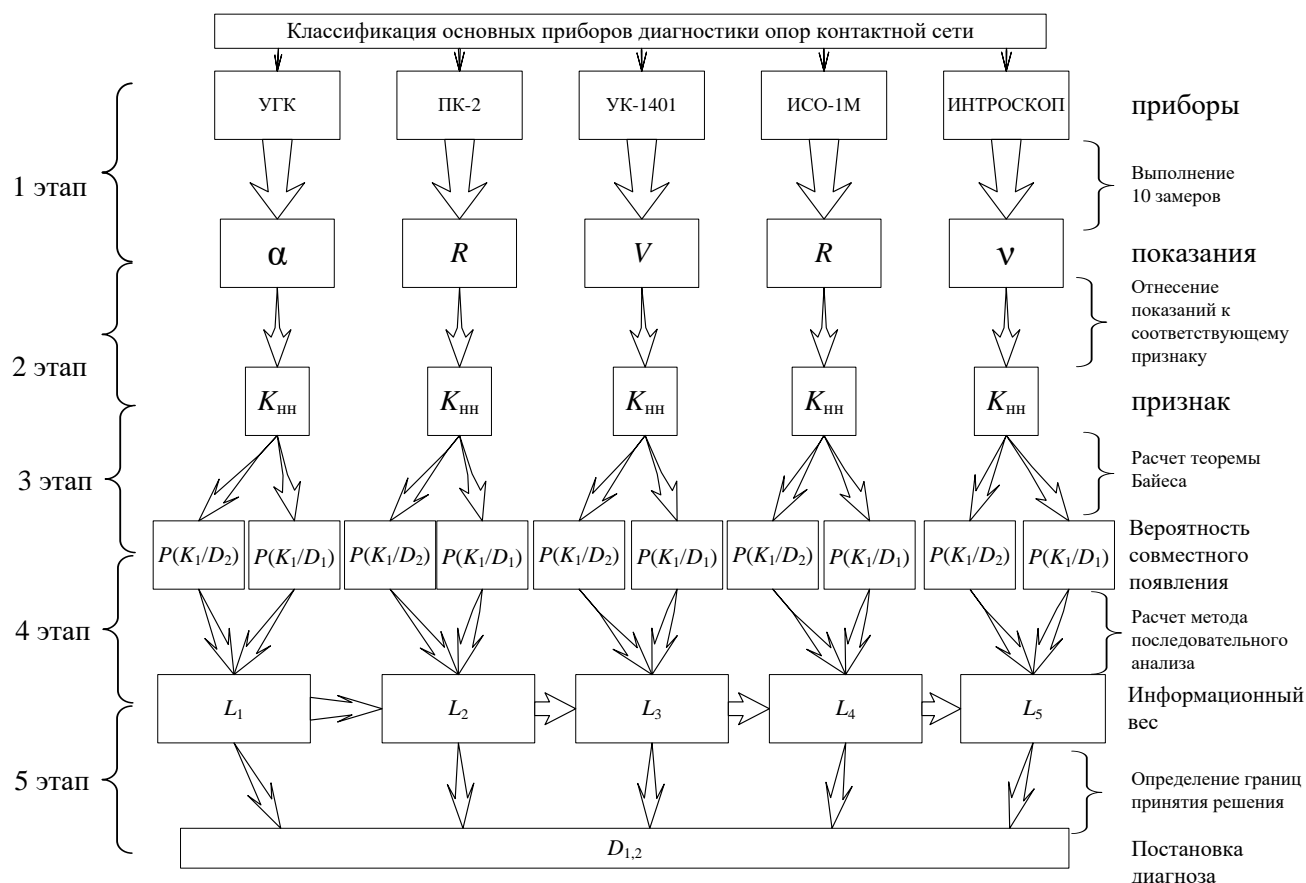


Рисунок 2.1 – Структурная схема формирования подхода к комплексной диагностике опор контактной сети

2. Соотнесем показания приборов к соответствующему диагнозу «исправен» или «неисправен» из общего числа проведенных замеров, относящихся на одну опору контактной сети (D_1 – диагноз, определяющий количество значений, не входящих в границы нормированной величины измеряемых параметров; D_2 – диагноз, определяющий количество значений нормированной величины измеряемых параметров).

3. Используя метод, основанный на теореме Байеса, определяется вероятность совместного появления признака не норма $K_{\text{нн}}$ у опоры с состоянием D_i – исправное или неисправное.

4. Применим метод последовательного анализа и определим информационный вес показаний для одного прибора диагностики « L_1 », для двух приборов « L_2 », для трех – « L_3 », для четырех – « L_4 », для пяти – « L_5 ».

5. Определим границы принятия решения об исправном или неисправном состоянии опоры, при выходе за которые осуществляется постановка соответствующего диагноза.

Таким образом, формируется методика комплексной диагностики, учитывающая ряд измеряемых параметров, что позволяет более точно оценить техническое состояние железобетонных опор контактной сети, не допуская значительного удорожания производственного процесса [26, 65].

2.2 Проведение работ по диагностике железобетонных опор контактной сети

Основой вероятностно-статистических методик является накопленная информация по однотипным объектам диагностирования. Рассмотрим участок Свердловской железной дороги, на котором установлены только железобетонные опоры контактной сети [21, 28].

На выбранном участке установлено 226 железобетонных опор контактной сети. Проведем их диагностику пятью приборами:

- УК-1401 – определяет прочность бетона по скорости « V » ультразвука в бетоне;

- ПК-2 – оценивает коррозионное состояние опор контактной сети на основе измеренного значения сопротивления « R » участка «консоль-рельс»;

- ИСО-1М – контролирует цепь заземления железобетонных опор контактной сети, измеряя значения сопротивлений « R »;
- УГК – замеряет угол наклона опор « α » контактной сети;
- ИНТРОСКОП – выполняет оценку состояния опор контактной сети виброакустическим методом (параметр v).

Для чистоты эксперимента определено количество выполняемых замеров каждым прибором (десять замеров). Таким образом, устанавливается необходимое количество значений для постановки диагноза при расчете метода последовательного анализа.

Рассмотрим более подробно работу, выполняемую каждым прибором, и соотнесение полученных результатов с признаками «норма» и «не норма».

2.2.1 Прибор УК-1401

Данный прибор позволяет измерять скорость прохождения ультразвуковых волн в бетоне с целью определения его целостности. Оценка несущей способности железобетонных центрифугированных опор контактной сети осуществляется через отношение скоростей прохождения ультразвуковых волн вдоль и поперек оси опоры. Дополнительно можно осуществить поиск приповерхностных дефектов, глубину трещин, выходящих на поверхность, оценить пористость или трещиноватость бетонного слоя [94, 108].

Оценка несущей способности при помощи ультразвукового тестера осуществляется с помощью двух показателей:

- показатель П1 – показывает время прохождения ультразвука в бетоне в поперечном положении относительно продольной оси опоры;
- показатель П2 – показывает отношение времени прохождения ультразвука в бетоне в поперечном направлении ко времени его распространения в продольном направлении опоры при одинаковой базе измерений.

Итогом проводимых замеров является составленная ведомость измерений (приложение Б). В таблице 2.1 приведен пример заполнения отчета по проведенным замерам одной опоры.

Таблица 2.1 – Заполнение отчета по результатам измерений опоры №1 прибором УК-1401

№ замера	Поперечное показание, П1 мкс	Продольное показание, мкс	Показатель П2
1	32,80	23,77	1,38
2	30,67	20,86	1,47
3	30,60	22,50	1,36
4	30,35	21,68	1,40
5	30,62	20,97	1,46
6	29,61	22,96	1,29
7	29,56	23,09	1,28
8	30,63	20,42	1,50
9	30,94	22,26	1,39
10	30,13	22,83	1,32

Ссылаясь на [109], воспользуемся таблицей оценки несущей способности стоек в зависимости от показателя П2 (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Несущая способность стоек в зависимости от показателя П2

—	Показатель П2							
	1,1	1,15	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45
Несущая способность стоек (кратность по отношению к нормативному моменту)	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1	0,9

Устанавливаются предельные значения показателя П2 – не более 1,4, так как при увеличении данного показателя несущая способность снижается ниже уровня, необходимого для восприятия нормативных нагрузок.

Применяя таблицу 2.2, соотносим измеренные показатели с техническим состоянием. Результаты соотнесения по приведенным замерам опоры №1 по показателю П2 приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Результаты соотнесения измеренных показателей с техническим состоянием

№ замера	Показатель П2	Оценка состояния
1	1,38	исправное
2	1,47	не исправное
3	1,36	исправное
4	1,40	исправное
5	1,46	не исправное
6	1,29	исправное
7	1,28	исправное
8	1,50	не исправное
9	1,39	исправное
10	1,32	исправное

2.2.2 Прибор контроля опор – ПК-2

Прибор ПК-2 применяется для оценки электрокоррозионного состояния опор контактной сети на участках постоянного и переменного тока.

Данный прибор позволяет оценить величину электрической коррозии металлической арматуры железобетонных опор контактной сети путем измерения сопротивления опор и потенциала «рельс-земля».

Измерения при техническом обслуживании опор контактной сети при помощи прибора ПК-2 проводят в соответствии с «Указаниями по техническому обслуживанию и ремонту опорных конструкций контактной сети».

Измерения сопротивлений опор в условиях эксплуатации проводят прибором ПК-2 по схеме, приведенной на рисунке 2.2.

При эксплуатации оценка электрокоррозии металлической арматуры опор с сопротивлением менее 10 кОм осуществляется по косвенному показателю. Оценивается величина сопротивления опоры на каждый вольт среднего положительного потенциала «рельс-земля», если величина тока утечки превышает 40мА или ее сопротивление меньше 25 Ом на каждый вольт среднего положительного потенциала «рельс-земля».

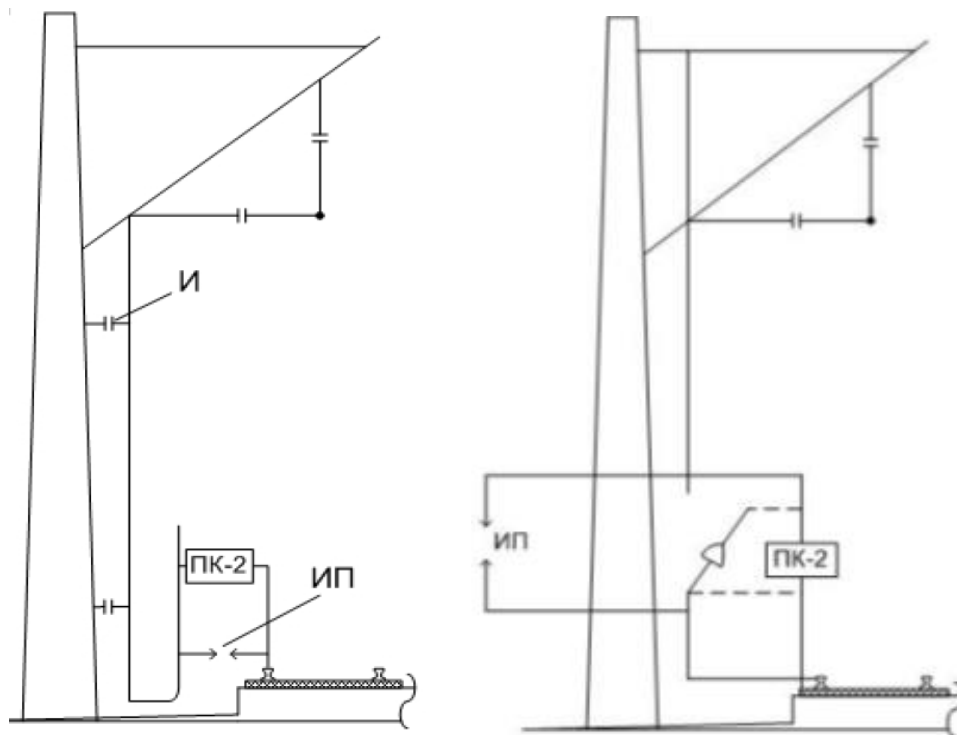


Рисунок 2.2 – Схемы измерения сопротивления прибором ПК-2 опор с индивидуальным заземлением:

И – изолятор; ИП – искровой промежуток

Таким образом, общее сопротивление электрокоррозионноопасных опор будет менее установленных величин (таблица 2.4) [109].

Таблица 2.4 – Сопротивление заземления электрокоррозионноопасных опор

Средний положительный потенциал «рельс-земля», В												
4	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Сопротивление заземления опоры, Ом												
100	125	250	375	500	625	750	875	1000	1125	1250	1375	1500
Средний положительный потенциал «рельс-земля», В												
65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	
Сопротивление заземления опоры, Ом												
1625	1750	1875	2000	2125	2250	2375	2500	2625	2750	2875	3000	

Аналогично приведены результаты замеров прибора ПК-2 для опоры №1 в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Заполнение отчета по результатам измерений опоры №1 прибором ПК-2

№ замера	Сопротивление заземления опоры, Ом	Средний положительный потенциал «рельс-земля», В
1	3400	41
2	3205	
3	3627	
4	3530	
5	3815	
6	990	
7	3115	
8	3009	
9	950	
10	3700	

Применяя таблицу 2.4, соотносим измеренные показатели с техническим состоянием. Результаты сводим в таблицу 2.6.

Таблица 2.6 – Результаты соотнесения измеренных показателей с техническим состоянием

№ замера	Сопротивление заземления опоры, Ом	Оценка состояния
1	3400	исправное
2	3205	исправное
3	3627	исправное
4	3530	исправное
5	3815	исправное
6	990	не исправное
7	3115	исправное
8	3009	исправное
9	950	не исправное
10	3700	исправное

2.2.3 Прибор контроля состояния опор – ИСО-1М

Диагностика прибором ИСО-1М выполняется аналогично прибору ПК-2. Таким же образом контролируется величина сопротивлений железобетонных опор, рассматриваемых на выбранном участке эксплуатации.

В таблицах 2.7 и 2.8 приведены значения замеров и соотнесение их с контролируемыми показателями.

Таблица 2.7 – Заполнение отчета по результатам измерений опоры №1 прибором ИСО-1М

№ замера	Сопротивление заземления опоры, Ом	Средний положительный потенциал «рельс-земля», В
1	4600	41
2	5200	
3	950	
4	3530	
5	750	
6	6100	
7	1560	
8	2896	
9	7600	
10	5720	

Применяя таблицу 2.4, соотносим измеренные показатели с техническим состоянием. Результаты сводим в таблицу 2.8.

Таблица 2.8 – Результаты соотнесения измеренных показателей с техническим состоянием

№ замера	Сопротивление заземления опоры, Ом	Оценка состояния
1	4600	исправное
2	5200	исправное
3	950	не исправное
4	3530	исправное
5	750	не исправное
6	6100	исправное
7	1560	исправное
8	2896	исправное
9	7600	исправное
10	5720	исправное

2.2.4 Прибор УГК-1

Прибор УГК-1 позволяет контролировать угол наклона опор контактной сети.

Работа прибора основывается на фиксации положения пузырька строительного уровня при помощи видеокамеры и дальнейшей обработки результатов с помощью программного комплекса на компьютере. На строительном уровне размещают видеокамеру таким образом, чтобы горизонтальный пузырьковый уровень постоянно полностью присутствовал в кадре видеокамеры, которая соединена с компьютером [110].

Для измерения величины наклона оси опоры от вертикального положения предварительно визуально определяют направление ее максимального наклона. Затем со стороны, противоположной направлению максимального наклона опоры, вертикально прикладывают строительный уровень непосредственно к опоре, включают видео или веб-камеру и фиксируют положение пузырька в вертикальном пузырьковом уровне. После съемки полученные кадры изображения положения пузырька с помощью специальной программы обрабатываются на компьютере, и автоматически вычисляется угол наклона оси опоры контактной сети.

В качестве записывающего можно использовать любое устройство, записывающее изображение в цифровом формате (*.avi). Видеозаписывающее устройство должно быть жестко закреплено на строительном уровне так, чтобы пузырьковый уровень полностью попадал в кадр и изображение было четким.

Для контроля состояния железобетонной опоры контактной сети выполнялась оценка наклона опор с установкой прибора в различных положениях, измерялся угол наклона опор: в сторону пути; в сторону поля; вдоль оси пути, по направлению движения поездов и против.

Результаты выполненных замеров прибором УГК-1 сведены в таблицу 2.9.

Таблица 2.9 – Заполнение отчета по результатам измерений опоры №1 прибором УТК-1

№ замера	Угол отклонения, %
1	1,5
2	1,8
3	1,7
4	2,5
5	2,4
6	1,6
7	1,8
8	0,8
9	1,7
10	1,6

Граничные условия на основании действующих инструкций по эксплуатации опор контактной сети, нарушение которых соответствует диагнозу неисправности, записываются следующим образом:

- наклон оси опоры относительно вертикали в сторону, противоположную действию основных нагрузок, превышает 2 %;
- наклон опор в сторону пути;
- наклон анкерных опор после передачи на них нагрузки в сторону, противоположную действию нагрузок от анкеровки, превышает 0,5 %, или 50 мм на всю высоту опоры;
- наклон опоры в сторону действия основных нагрузок не допускается;
- в процессе эксплуатации наклон опор в сторону поля превышает 200 мм, в сторону пути – 30 мм на всю высоту опоры;
- наклон анкерных опор в сторону, противоположную действию нагрузок от анкеровки, превышает 100 мм, а в сторону действия нагрузок – 50 мм на всю высоту опор.).

На основании установленных граничных условий выполнено соотнесение полученных данных и сведено в таблицу 2.10.

Таблица 2.10 – Результаты соотнесения измеренных показателей с техническим состоянием

№ замера	Угол отклонения, %	Оценка состояния
1	1,5	исправное
2	1,8	исправное
3	1,7	исправное
4	2,5	не исправное
5	2,4	не исправное
6	1,6	исправное
7	1,8	исправное
8	0,8 (Наклон опор в сторону пути)	не исправное
9	1,7	исправное
10	1,6	исправное

2.2.3 Прибор акустического контроля состояния подземной части опор контактной сети «ИНТРОСКОП-98.1»

Прибор «ИНТРОСКОП-98.1» предназначен для диагностики подземной части центрифугированных железобетонных опор контактной сети электрифицированных железных дорог. Диагностика основана на использовании акустического метода контроля опорных конструкций.

Проведение диагностических измерений выполняется в полевых условиях, поэтому прибор оборудован встроенным автономным источником питания. Дальнейшая обработка результатов измерений производится в помещении с использованием компьютера.

Работа диагностического комплекса «ИНТРОСКОП-98.1» основана на измерении и сравнении параметров затухания высокочастотной и низкочастотной составляющих свободных затухающих колебаний опоры. Основным контролируемым параметром колебаний, используемым в данном методе, является логарифмический декремент затухания определенных мод колебаний, выделенных из общего спектра.

Локализация контролируемых участков железобетона опоры осуществляется путем выделения из спектра определенных контрольных мод колебаний. Оценка качества состояния бездефектных опор контактной сети находится в интервале основной высокой частоты 600-750 Гц.

При отсутствии активного воздействия агрессивных факторов внешней среды (электрохимическая и почвенная коррозия) железобетон подземной части опоры длительно сохраняет свои прочностные свойства. Оценка состояния опоры основана на сравнении характеристик затухающих колебаний железобетона надземной части (ВЧ-составляющей) и подземной части (НЧ-составляющей) с учетом того, что первоначальное качество железобетона всех участков опоры примерно одинаково. В таком случае качество железобетона опоры в подземной части (при отсутствии повреждений) должно быть выше, чем в надземной части. Для более эффективной оценки состояния подземной части опоры кроме логарифмического декремента затухания используется еще ряд других уточняющих параметров.

Таким образом, данная методика вибродиагностических исследований позволяет провести экспресс-анализ и выдать заключение либо об отсутствии повреждений подземной части опоры (в откопке нет смысла), либо, наоборот, о значительном повреждении подземной части. В сомнительных случаях выдается сообщение о необходимости либо проведения повторной акустической диагностики, либо проведения дополнительных ультразвуковых (УЗ) обследований с откопкой подземной части.

Для повышения достоверности результатов диагностики необходимо учесть и свести к минимуму воздействие помех, вызывающих снижение качества акустических сигналов, принимаемых комплексом «ИНТРОСКОП-98.1». Критическими величинами мешающих воздействий, при которых результаты вибродиагностических исследований нельзя считать достоверными, являются:

- отрицательная температура окружающей среды;
- повышенная влажность (более 80 %) окружающей среды, скорость порывов ветра более 10 м/с;

– посторонние вибрации (шум приближающегося поезда, работа и перемещения машин и механизмов во время записи НЧ-сигналов вблизи места диагностики);

– значительное снижение качества бетона в надземной части опоры.

Результаты измерений, выполненные прибором ИНТРОСКОП-98.1, сведены в таблицу 2.11.

Таблица 2.11 – Заполнение отчета по результатам измерений опоры №1 прибором ИНТРОСКОП-98.1

№ замера	Значение основной высокой частоты, Гц.
1	620
2	687
3	745
4	800
5	736
6	740
7	690
8	695
9	720
10	727

В таблице 2.12 сведены результаты соотнесения измеренных показателей с техническим состоянием и определен соответствующий признак.

Таблица 2.12 – Результаты соотнесения измеренных показателей с техническим состоянием

№ замера	Значение основной высокой частоты, Гц.	Оценка состояния
1	620	исправное
2	687	исправное
3	745	исправное
4	800	не исправное
5	736	исправное
6	740	исправное
7	690	исправное
8	695	исправное
9	720	исправное
10	727	исправное

2.3 Обработка результатов измерений

Тяжелые условия и повышенный срок эксплуатации привели к тому, что большая часть парка железобетонных опор контактной сети имеет дефекты различной степени.

Примем соответствующие допущения о том, что все измеряемые параметры, а именно показания приборов (V , R , α , ν), являются соответствием количественного показателя результатов диагностических измерений D «исправна/неисправна». Учитывая визуальные показатели, такие как наличие трещин, величину их раскрытия, проявление продуктов коррозии металла наружном слое бетона, при сверхнормативном сроке эксплуатации, делаем второе допущение о том, что приборами диагностики оценивается состояние опор, которые имеют признаки $K_{\text{НН}}$ «не норма» для постановки финального диагноза D_i «исправна» или «неисправна». Тогда заключение о техническом состоянии железобетонной опоры контактной сети (финальный диагноз) устанавливается зависимостью признака $K_{\text{НН}}$ «не норма» и полученных значений и количества исследуемых параметров.

Тогда постановка финального диагноза выглядит следующим образом:

$$D_{\text{ф}} = K_{\text{НН}} (\alpha, V, R_{\text{кр}}, \nu), \quad (2.1)$$

где α – угол наклона опоры, град;

V – замеренная скорость распространения ультразвуковой волны в бетоне, мкс;

$R_{\text{кр}}$ – сопротивление консоль-рельс, Ом;

ν – замеренная частота колебаний, Гц.

Объединяя принятые допущения с результатами диагностирования первой опоры, сведем результаты в таблицу 2.13. Остальные результаты обработки измерений приведены в таблице Б.6 (Приложение Б).

Таблица 2.13 – Результаты проведения комплексной диагностики по выявлению дефектов для первой опоры

Состояние опоры	УК-1401	ПК-2	ИСО-1М	УГК	ИНТРОСКОП
	нн	нн	нн	нн	нн
Исправное	7	8	8	7	9
Неисправное	3	2	2	3	1

2.4 Применение теоремы Байеса для определения вероятности совместного появления состояния D_i и признака $K_{нн}$

Для составления комплексной модели диагностики опор воспользуемся методом, основанным на теореме Байеса, и методом последовательного анализа.

Пусть состояние опоры контактной сети характеризуется некоторым признаком $K_{нн}$ (опора неисправна). Причем известно, что указанный признак может проявляться как при наличии диагноза D_1 (опора неисправна и наклонена из-за коррозии арматуры), так и при диагнозе D_2 (опора исправна, но наклонена из-за податливости грунта) [17, 21, 24]. Важно лишь то, что появление признака $K_{нн}$ является случайным, но статистически зависимым от наличия диагноза D_i . Вероятность совместного появления событий (наличие у опоры состояния D_i и признака $K_{нн}$) рассчитывается по следующей формуле:

$$P(D_i K_{нн}) = P(D_i) \cdot P(K_{нн} / D_i) = P(K_{нн}) \cdot P(D_i / K_{нн}). \quad (2.2)$$

Вероятность совместного появления диагноза «Неисправен» и признака «Не норма»:

$$P(D_i / K_{\text{нн}}) = P(D_i) \frac{P(K_{\text{нн}} / D_i)}{P(K_{\text{нн}})}, \quad (2.3)$$

где $P(D_i)$ – априорная вероятность диагноза, определенная по статистическим данным;

$P(K_j / D_i)$ – вероятность появления признака K_j у объектов с состоянием D_i ;

$P(K_j)$ – вероятность появления признака K_j во всех объектах не зависимо от состояния.

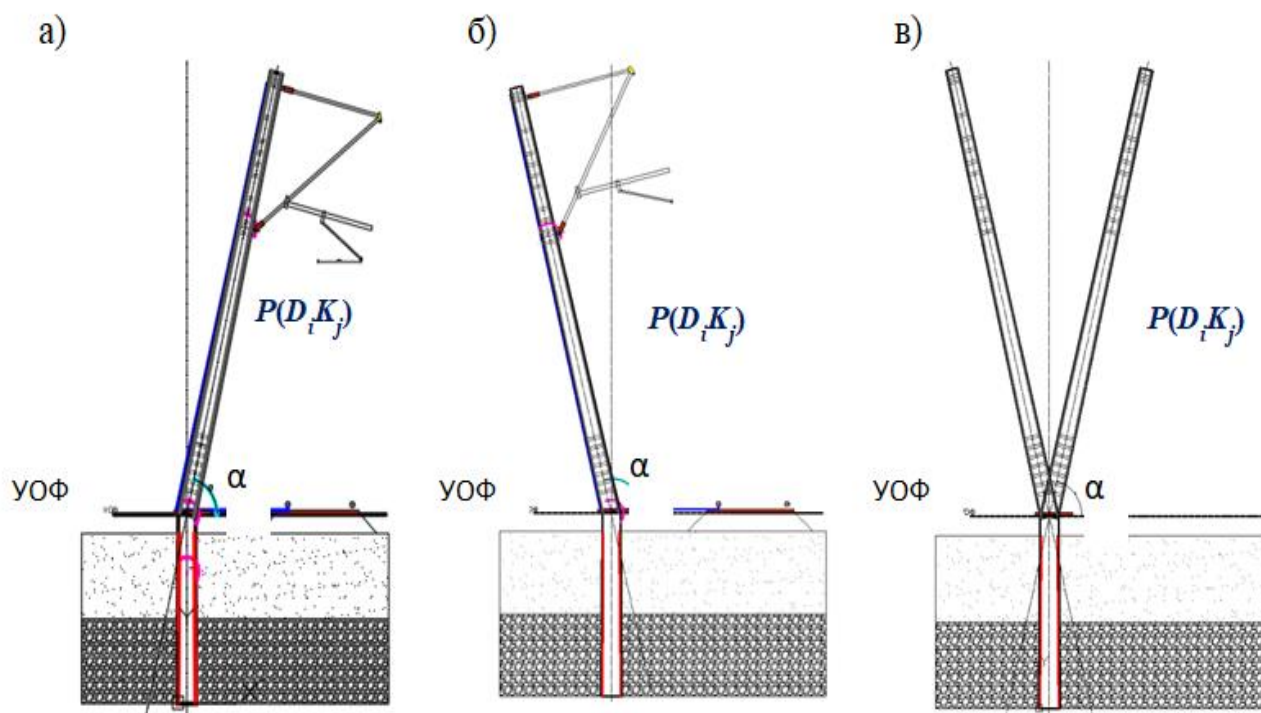


Рисунок 2.3 – Пример графического представления проявления признака $K_{\text{нн}}$

Наклон опоры контактной сети из-за коррозии арматуры:

а) в сторону пути; б) в сторону поля; в) вдоль пути;

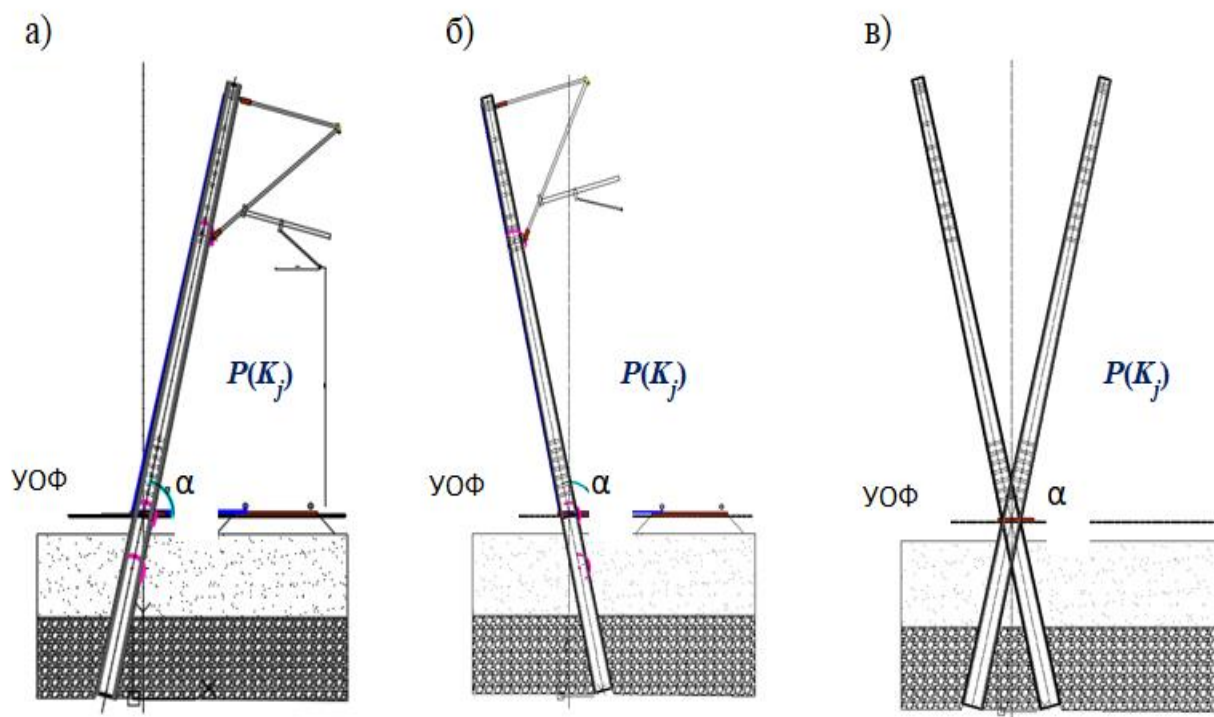


Рисунок 2.4 – Пример графического представления проявления признака K_{HH}

Наклон опоры контактной сети из-за податливости грунта:

а) в сторону пути; б) в сторону поля; в) вдоль пути

2.5 Применение метода последовательного анализа для постановки диагноза о состоянии железобетонной опоры контактной сети

Предметом исследования такого метода может быть объект, состояние которого характеризуется несколькими (в общем случае n) признаками. В процессе диагностирования параметры последовательно проверяются. На каждом шаге процедуры диагностирования проверяется условие о возможности постановки диагноза. Если информации достаточно, то ставится диагноз и диагностирование прекращается. В противном случае проверяется следующий признак и т. д. (условный алгоритм).

Допуская, что у опоры N^* имеется признак K_{HH} (не норма), причем признак K_{HH} при диагнозе D_2 (исправное состояние опоры) встречается чаще, чем при диагнозе D_1 (неисправное состояние опоры). При этом, если

$$\frac{P(K_{\text{HH}} / D_2)}{P(K_{\text{HH}} / D_1)} > A, \text{ то } N^* \in D_2, \quad (2.4)$$

где A – верхняя граница принятия решения о том, что опора исправна.

В противном случае, когда признак K_{HH} значительно чаще встречается при диагнозе D_1 , принимается решение:

$$\frac{P(K_{\text{HH}} / D_2)}{P(K_{\text{HH}} / D_1)} < B, N^* \in D_1, \quad (2.5)$$

где B – нижняя граница принятия решения о том, что опора неисправна.

Отношение вероятностей

$$B < \frac{P(K_{\text{HH}} / D_2)}{P(K_{\text{HH}} / D_1)} < A, \quad (2.6)$$

Если в результате первой проверки условие (7) выполняется, то необходима следующая проверка, тогда отношение правдоподобия:

$$B < \frac{P(K_{\text{HH}} / D_2)}{P(K_{\text{HH}} / D_1)} \cdot \frac{P(K_{\text{HH}} / D_2)}{P(K_{\text{HH}} / D_1)} < A. \quad (2.7)$$

Расчеты повторяются до тех пор, пока значение отношения не выйдет за одну из указанных границ (A или B).

Границы A и B рассчитываются исходя из вероятностей ошибок первого α и второго β рода, которые считаются заданными:

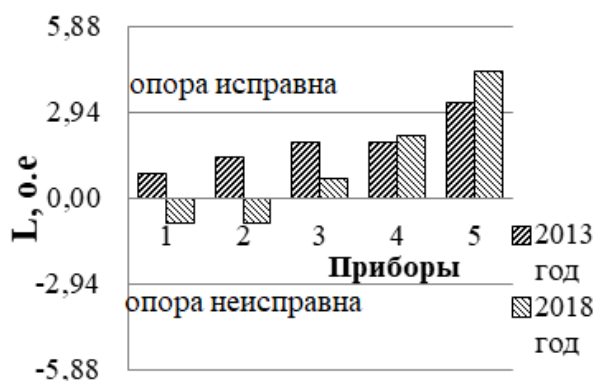
$$\frac{1-\beta}{\alpha} \geq A, \quad (2.8)$$

$$B \geq \frac{\beta}{1-\alpha}. \quad (2.9)$$

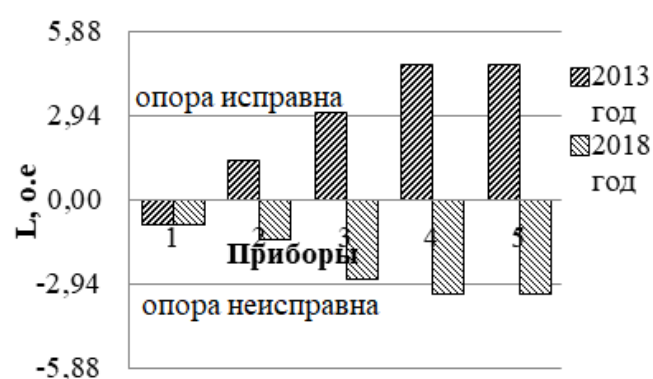
В практических расчетах можно принимать $\alpha = \beta = 0,05 \dots 0,10$. Значения α и β можно выбрать из экономических соотношений. Автором работы α и β были выбраны равным 0,05 для наиболее точной постановки диагноза [21].

С учетом того что ставится задача комплексной оценки состояния опоры контактной сети, разными приборами контролируются разные параметры как дополнительные диагностические результаты для точного определения технического состояния. С целью оптимизации работы обслуживающего персонала были ограничены объемы производимых замеров по каждой опоре контактной сети до 10. При этом, если все 10 замеряемых показателей попадают в пределы значений диагноза «ИСПРАВНА»/»НЕИСПРАВНА», то допускается проводить дополнительные замеры до тех пор, пока одно из значений не выйдет за одну из границ. Такое допущение выполняется для получения конкретных значений вероятности, потому как, если один из признаков любого из приборов будет равен нулю, то все вероятности постановки диагноза выстроятся в прямую линию между границ, общая вероятность будет равна нулю. Данный способ оценки состояния не будет работать и в таком случае придется дискретно оценивать показатели каждого из приборов, что может повысить вероятность ошибки и увеличения проводимых расчетов.

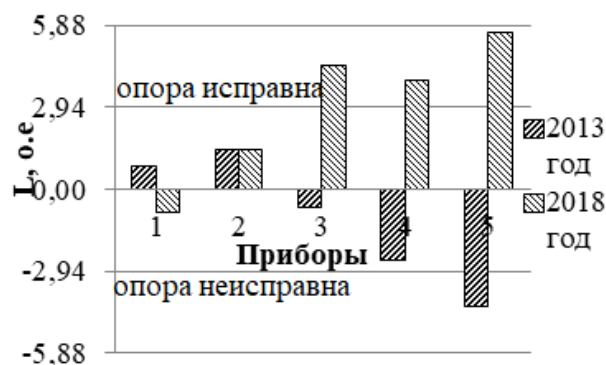
а)



б)



в)



г)

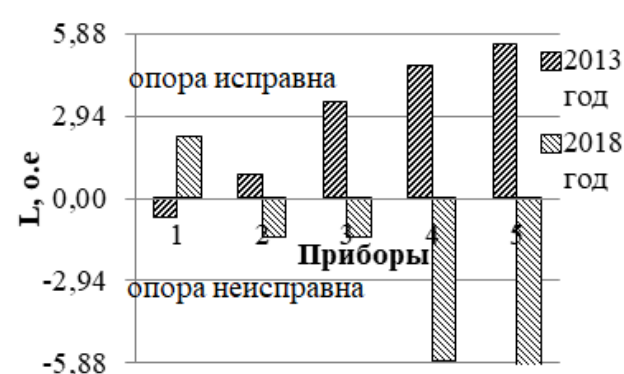


Рисунок 2.5 – Результаты расчета постановки диагноза для опоры 1 (а), опоры 2 (б), опоры 6 (в) и опоры 226 (г)

Применяя разработанный подход комплексной диагностики, основанный на контроле нескольких параметров и постановке диагноза при совместном применении расчетов теоремы Байеса и метода последовательного анализа, были получены результаты постановки финального диагноза опоры контактной сети (исправна/неисправна). По результатам оценки фактического состояния опор контактной сети на рассматриваемом участке эксплуатации (рисунок 2.5) в 2013 году определен ряд неисправных опор в количестве 18 штук, после чего проведены мероприятия по откопке и более полной оценке технического состояния, подтвержден диагноз неисправности опор, результатов комплексной диагностики. После

чего была проведена замена неисправных опор. На рисунке 2.5 (в) замена опоры отражена выходом результатов измерений за границу исправного состояния.

Выполнена оценка состояния всего участка за 2013 год (рисунок 2.6) и 2018 год (рисунок 2.7).

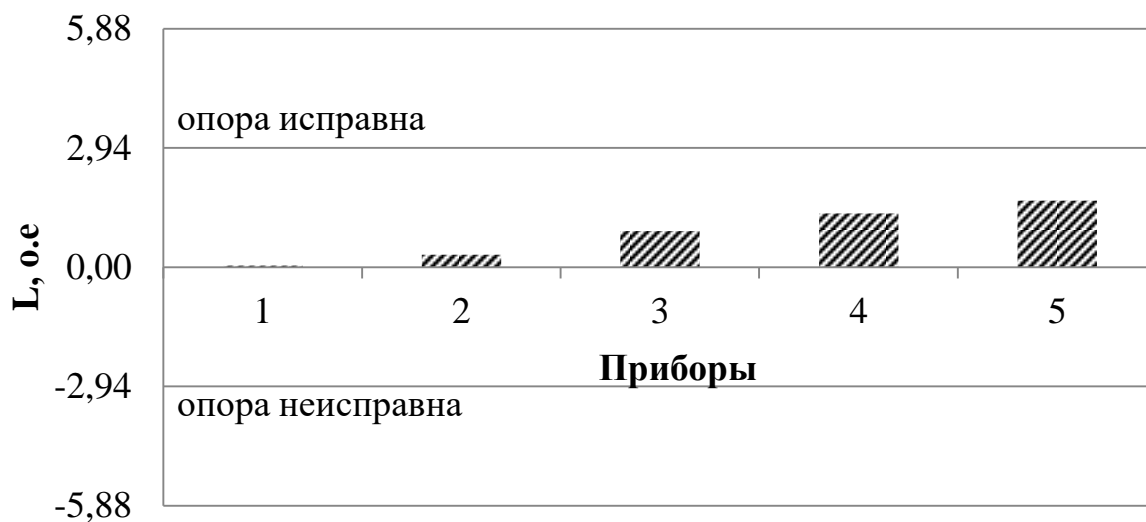


Рисунок 2.6 – Результаты расчета постановки диагноза, выбранного участка контактной сети за 2013 год

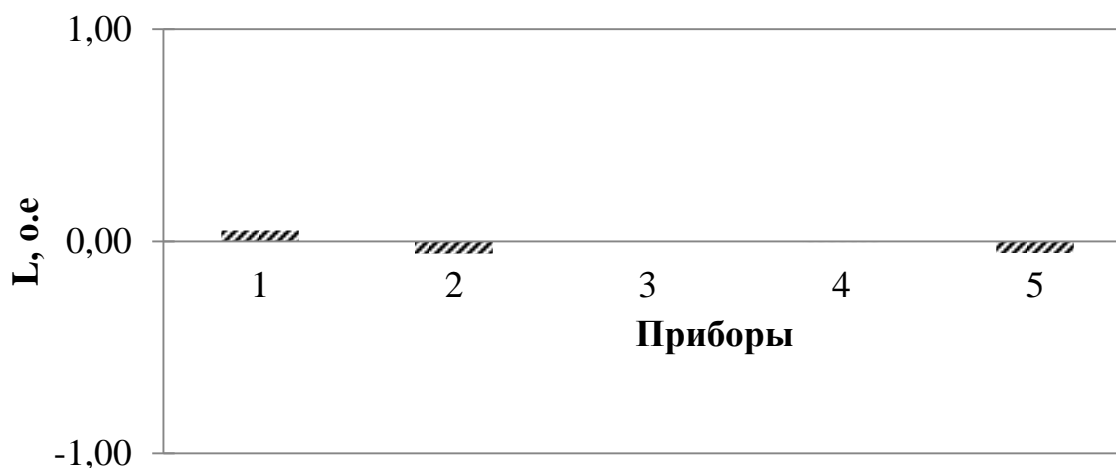


Рисунок 2.7 – Результаты расчета постановки диагноза, выбранного участка контактной сети за 2018 год

Из полученных графиков видно заметное снижение показателя надежности опор контактной сети по участку за период наблюдения 5 лет. Можно сделать вы-

вод о повышении вероятности задержки поездов на рассматриваемом участке железной дороги по причине отказа опор контактной сети. Учитывая классическую кривую изменения интенсивности отказов, так как наблюдается динамика увеличения количества неисправных опор на участке, интенсивность перехода опор в состояние неисправности (интенсивность отказов) в нашем случае будет соответствовать третьему этапу – деградации (рисунок 2.8) [23].

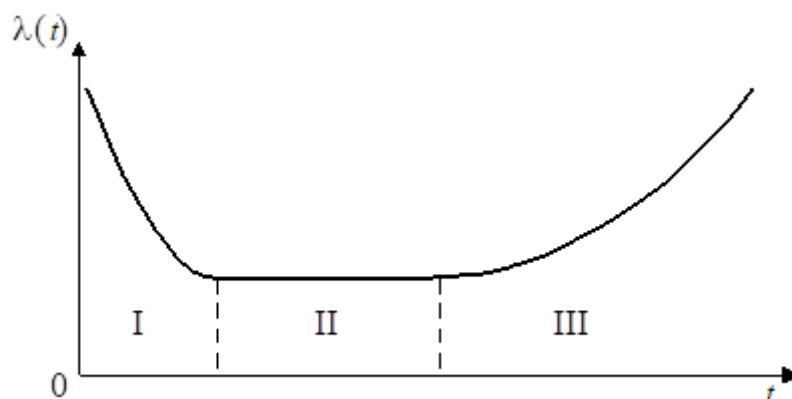


Рисунок 2.8 - Интенсивность отказов в различные периоды наработки:

I – этап приработки, II – этап нормальной работы, III – этап деградации

Соответственно, в дальнейшем оценка показателя надежности опор будет продолжать снижаться. Ввиду того что в рассматриваемый момент времени вероятность нахождения опоры в рассматриваемом состоянии не вышла за границу неисправного состояния, то по данному участку предлагается проведение мероприятий, требующих продления срока жизненного цикла не более 5 лет с последующим контролем состояния.

2.6 Оценка риска задержки поездов вследствие отказа опоры контактной сети

Согласно методологии управления ресурсами, рисками и анализа надежности на всех этапах жизненного цикла (УРРАН), управление безопасностью функционирования объекта железнодорожного транспорта должно осуществляться на основе управления рисками в соответствии с [56]. УРРАН позволяет отказаться от существующего подхода к управлению безопасностью функционирования контактной сети, при котором основным положительным результатом является сокращение числа опасных отказов за рассматриваемый период работы по сравнению с предыдущим без учета возникающих рисков [56].

Методология предусматривает оценку риска нарушения безопасности движения поездов, которая состоит из его анализа и последующего оценивания: если риск является допустимым, то безопасность движения поездов от функционирования данного объекта обеспечивается. Если же величина риска нарушения безопасности выше допустимых значений, то требуется выполнение мероприятий по повышению надежности функционирования объекта [58]. Такой подход дает возможность уменьшить стоимость жизненного цикла контактной сети и оптимизировать затраты трудовых и материальных ресурсов [22].

Главной частью оценки риска является процедура анализа, занимающая особое место в процессе управления риском и определяющая эффективность его снижения [59].

Основными повреждениями контактной сети, которые могут быть отнесены к опасным отказам, являются: обрывы контактных проводов, повреждения изоляторов, консолей фиксаторов и опор. Так как опоры контактной сети в данной работе рассматриваются железобетонные, то одной из наиболее сложных проблем надежности контактной сети является повреждение бетона и стали опор и фундаментов от химической (атмосферной и почвенной) и электрической коррозии.

Особенно опасна коррозия фундаментных частей опор, так как отсутствуют методы контроля их состояния.

Из представленных данных следует, что при анализе рисков, связанных с контактной сетью, в первую очередь требуется учитывать опасности с большим удельным весом, а именно уход опоры в негабарит, разрушение опоры, падение опоры, причем последнее классифицируется как транспортное происшествие [40, 57, 103,].

По методике [56] рассчитаем риск задержки поездов, возникающий при неисправности опоры контактной сети, для участка на постоянном токе Свердловской железной дороги. Уход опоры в негабарит, разрушение опоры, падение опоры классифицируются отказами первой категории. На рассматриваемом участке выявлено 18 неисправных опор.

При расчете количества отказов контактной сети на заданном участке полигона Свердловской железной дороги учитываются так называемые «частичные отказы» – отклонения от нормируемых параметров, угрожающие безопасности движения поездов и надежности процесса токосъема токоприемников, оцениваемые 400 баллами [58]:

$$r_i^{\text{KC}} = r_i^{\text{oKC}} + k_i^{\text{чрсKC}} \cdot r_i^{\text{чрсKC}}, \quad (2.10)$$

где r_i^{oKC} – количество отказов контактной сети i -го участка;

$k_i^{\text{чрсKC}}$ – коэффициент частичного работоспособного состояния контактной сети;

$r_i^{\text{чрсKC}}$ – количество частичных работоспособных состояний контактной сети – отклонений от нормируемых параметров, угрожающих безопасности движения поездов и надежности процесса токосъема токоприемников, оцениваемых 400 баллами.

На основании известных данных по влиянию «частичных отказов» на безопасность движения, значение коэффициента частичного работоспособного состояния принимается $k_i^{\text{чрсКС}} = 0,33$.

Для определения интенсивности отказов, за пять лет наблюдения применяется формула:

$$\lambda = r / T_{\text{наб}}, \quad (2.11)$$

где λ – интенсивность отказов;

r – количество отказов;

$T_{\text{наб}}$ – интервал наблюдения, лет.

Подставляя значение $r_i^{\text{КС}}$ в формулу 2.11 вместо r , получим расчет интенсивности отказов на выбранном участке с учетом частичных работоспособных состояний опор контактной сети:

$$\lambda = r_i^{\text{КС}} / T_{\text{наб}} \quad (2.12)$$

Таким образом, по формуле (2.10):

$$r_i^{\text{КС}} = 0 + 0,33 \cdot 18 = 7,94 .$$

Округляем полученное значение до целого и получаем количество отказов опор контактной сети $r_i^{\text{КС}} = 8$, подставим полученное значение в формулу 2.12:

$$\lambda = \frac{8}{5} = 1,6 / \text{год}.$$

Интенсивность отказов опоры контактной сети определяется по формуле:

$$\lambda_1 = \lambda \cdot k, \quad (2.13)$$

где k – весовой коэффициент, взятый из [53].

$$\lambda = 1,6 \cdot 0,22 = 0,0352 / \text{год}.$$

Определим интенсивность отказов опор контактной сети на исследуемом участке железной дороги по формуле

$$\lambda_1^э = \frac{\lambda_1}{n} k^k \cdot k^c \quad (2.14)$$

где k^k – переводной коэффициент, взятый из [56];

k^c – коэффициент, который учитывает срок эксплуатации контактной подвески, взятый из [56];

n – количество опор контактной сети.

По формуле (2.14) интенсивность отказов для заданного события составляет:

$$\lambda_1^э = \frac{0,0352}{227} 2,5 \cdot 1,4 = 0,00054 / \text{год}.$$

Величина ущерба для одного отказа определяется по формуле

$$C = \frac{C_\Sigma}{r_i^{\text{КС}}}, \quad (2.15)$$

где C_Σ – продолжительность устранения отказов до возобновления движения определяется как общая продолжительность простоя участка по формуле

$$C_{\Sigma} = \eta_{\text{тр}} \cdot r_i^{\text{KC}}, \quad (2.16)$$

где $\eta_{\text{тр}}$ – норма времени на восстановление опор контактной сети,
 $\eta_{\text{тр}} = 2 \text{ чел.} \cdot \text{час.}$

$$C_{\Sigma} = 2 \cdot 8 = 16 \text{ час.}$$

По формуле (2.15)

$$C = \frac{16}{5} = 3,2 \text{ часа.}$$

Уровень риска для одной неисправной опоры определяется по формуле

$$R = \lambda_1^3 \cdot C. \quad (2.17)$$

Уровень риска вычисляется по формуле (2.17)

$$R = 0,00054 \cdot 3,2 = 0,00174 \text{ часа/год.}$$

Это означает, что одна опора контактной сети на рассматриваемом участке может привести к задержке поездов на 0,00174 часа в год.

Уровень риска для участка определяется по формуле

$$R_{\text{уч}} = R \cdot n \quad (2.18)$$

По формуле (2.18) уровень риска для участка в целом равен

$$R_{\text{уч}} = 0,00174 \cdot 227 = 0,394 \text{ часа.}$$

Допустимый риск задержки поездов на перегоне составляет приблизительно 0,1 часа, поэтому необходимо сравнить рассчитанное значение с допустимым и выполнить оценивание поученного риска.

Исходя из полученных значений: $R_{\text{уч.}} = 0,394$ часа, а $R_{\text{доп}} = 0,1$ часа, значит, $R_{\text{уч.}} > R_{\text{доп}}$, следовательно, риск является недопустимым.

Далее составим матрицу рисков для рассматриваемого участка и заданного события. Типовая форма матрицы рисков содержит 6 уровней вероятностей и 4 уровня тяжести последствий, в которой уровень риска ранжируется по 4-м категориям (не принимаемый в расчет, допустимый, нежелательный и недопустимый). Матрица рисков строится следующим образом:

- по вертикальной оси отсчитываются вероятности возникновения события;
- по горизонтальной оси отсчитываются размеры последствий возникновения события, представленные в соответствии с принятой шкалой тяжести последствий;
- проводится определение и ранжирование уровня риска для каждой ячейки матрицы с учетом принятого допустимого уровня риска.

При отсутствии статистических данных рекомендуется шкалу вероятностей задавать с шагом 2,5, при этом среднее значение частоты события размещается около центра шкалы в середине области «вероятное». Нижняя или верхняя граница области «вероятное» будет меньше или больше интенсивности на половину шага, или в $\sqrt{2,5}$ раз, а границы областей отличаются на один шаг, то есть в 2,5 раза.

В итоге получим значения, которые соответствуют шести уровням шкалы частот [56]:

- частое: $0,35 \text{ год}^{-1} < f \leq 2,5 \times 0,35 \text{ год}^{-1} \rightarrow 0,35 \text{ год}^{-1} < f \leq 0,88 \text{ год}^{-1}$;
- вероятное: $\frac{0,22}{\sqrt{2,5}} \text{ год}^{-1} < f \leq 0,22 \times \sqrt{2,5} \text{ год}^{-1} \rightarrow 0,14 \text{ год}^{-1} < f \leq 0,35 \text{ год}^{-1}$;
- случайное: $\frac{0,14}{2,5} \text{ год}^{-1} < f \leq \text{год}^{-1} \rightarrow 0,056 \text{ год}^{-1} < f \leq 0,14 \text{ год}^{-1}$;

- редкое: $\frac{0,056}{2,5} \text{ год}^{-1} < f \leq 0,056 \text{ год}^{-1} \rightarrow 0,022 \text{ год}^{-1} < f \leq 0,056 \text{ год}^{-1}$;
- крайне редкое: $\frac{0,022}{2,5} \text{ год}^{-1} < f \leq 0,022 \text{ год}^{-1} \rightarrow 0,0088 \text{ год}^{-1} < f \leq 0,022 \text{ год}^{-1}$;
- маловероятное: $\frac{0,0088}{2,5} \text{ год}^{-1} < f \leq 0,0088 \text{ год}^{-1} \rightarrow 0,0035 \text{ год}^{-1} < f \leq 0,0088 \text{ год}^{-1}$.

Шаг шкалы последствий рекомендуется выбирать таким, чтобы его произведение на шаг частот (вероятностей) не превышало 10 ... 20, в противном случае оценка риска с использованием обеих шкал будет слишком грубой. При отсутствии статистических данных рекомендуется шкалу последствий задавать с шагом 4, при этом среднее значение тяжести последствий размещается около центра шкалы. Поэтому выбирается шаг шкалы последствий, равный 4, а значит ущерб, равный одному часу, соответствует границе уровней тяжести последствий «критический» и «катастрофический» [22, 56].

Далее необходимо получить значения, которые соответствуют четырем уровням шкалы последствий:

- катастрофический: $1 \text{ ч} < C \leq 4 \text{ ч}$;
- критический: $0,25 \text{ ч} < C \leq 1 \text{ ч}$;
- незначительный: $0,063 \text{ ч} < C \leq 0,25 \text{ ч}$;
- незначительный: $0,016 \text{ ч} < C \leq 0,063 \text{ ч}$.

Перемножив шаги шкал частот и последствий, получим шаг уровня рисков, который равен 10. Затем вычислим границы, соответствующие четырем категориям риска:

- недопустимый: $R_{\text{доп}} < R \leq 10 \cdot R_{\text{доп}} \rightarrow 0,1 \text{ ч} < R \leq 1 \text{ ч}$;
- нежелательный: $0,1 \cdot R_{\text{доп}} < R \leq R_{\text{доп}} \rightarrow 0,01 \text{ ч} < R \leq 0,1 \text{ ч}$;
- допустимый: $0,01 \cdot R_{\text{доп}} < R \leq 0,1 \cdot R_{\text{доп}} \rightarrow 0,001 \text{ ч} < R \leq 0,01 \text{ ч}$;
- не принимаемый в расчет: $0,001 \cdot R_{\text{доп}} < R \leq 0,01 \cdot R_{\text{доп}} \rightarrow 0,0001 \text{ ч} < R \leq 0,001 \text{ ч}$.

Построим матрицу рисков, соответствующую данным критериям (рисунок 2.3). Для того чтобы построить матрицу рисков, необходимо перемножить значения частоты (верхние) и тяжести последствий, которые соответствуют

каждой ячейке, и назначить требуемую ей категорию в зависимости от результата [56]. Так как полученные значения матрицы содержат ячейки со всеми возможными уровнями риска, то они удовлетворяют условию по совместности. Если рассчитанная матрица не удовлетворяет приведенному выше условию, то необходимо провести корректировку шкал частот и последствий. Затем потребуется повторить ранжирование ячеек, определив ячейку матрицы, в которую попадает рассчитанный риск [56]. Для этого отложим на соответствующих осях частоту последствий, равную 0,22/год, и тяжесть последствий, равную 0,78 часа [56]. Пересечение этих значений находится в выделенной ячейке (рисунок 2.9). Полученный уровень риска ($R_{\text{уч}} = 0,394$ часа) больше допустимого уровня ($R_{\text{доп}} = 0,1$ часа). Это означает, что требуется обработка данного риска и принятие управленческого решения по вопросу его исключения.

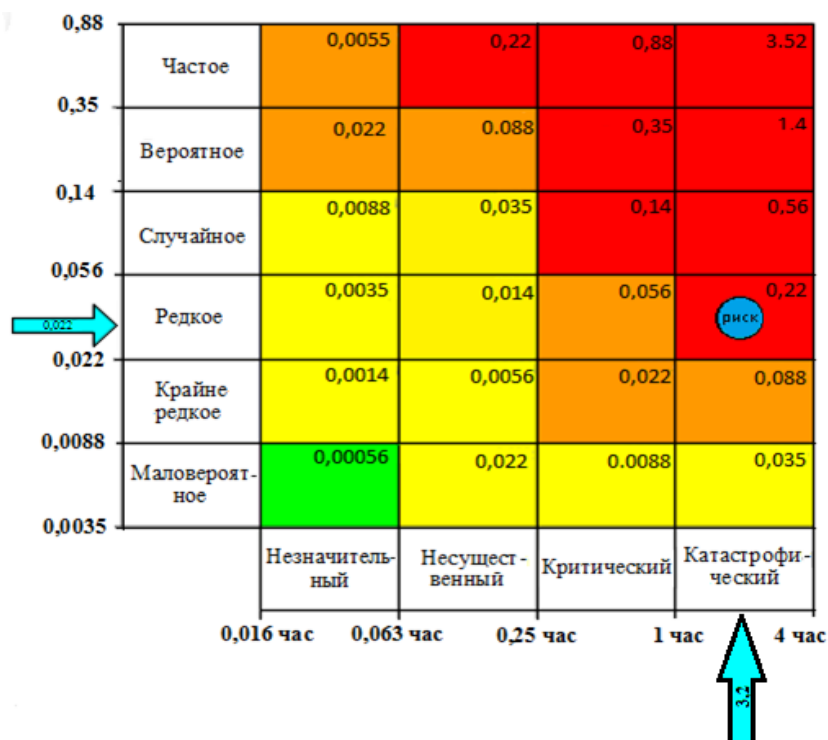


Рисунок 2.9 – Значения матрицы рисков задержки поездов, полученные в результате расчета

Проведенный выше расчет подтверждает тот факт, что необходимо применять комплексный подход к определению технического состояния опор контак-

ной сети. Данная мера позволит обеспечить требуемый уровень безопасности перевозочного процесса, а также сократить число опасных отказов за счет своевременного выявления несоответствий технического состояния железобетонных опор контактной сети нормативным значениям [34].

Выводы по второй главе

1. Основываясь на результатах измерений параметров опор на участках Свердловской железной дороги, разработан подход к комплексной диагностики опор контактной сети на основе теоремы Байеса и метода последовательного анализа. Разработанный подход дает возможность выявить для различных анкерных участков количество неисправных опор контактной сети, для чего был применен детерминированный подход к определению коррозионного состояния.

2. Было установлено, что по рассматриваемому участку наступил третий этап – этап деградации состояния опор контактной сети – составлено решение о продлении срока службы участка при дальнейшем анализе технического состояния сроком на 5 лет. Предложенная модель позволяет оценить риск отказа и спланировать сроки управляющих решений.

3. В результате проведенной комплексной диагностики выявлены неисправные опоры контактной сети в количестве 18 штук. Учитывая полученные данные, выполнена оценка риска задержки движения поездов на исследуемом участке. Объединяя две методики, входящие в методологию УРРАИ, получен способ оценки риска, который учитывает частичные отказы опор. Сравнивая значения, полученные в результате проведенных расчетов (0,394 часа в год) с допустимым (0,1 часа в год), можно говорить о том, что величина риска задержки поездов на исследуемом участке является недопустимой.

3 РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ИЗМЕНЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОПОР КОНТАКТНОЙ СЕТИ

При эксплуатации опорного хозяйства существуют постепенные и внезапные отказы, вызванные различными деструктивными процессами, проходящими как в стенках защитного бетонного слоя опоры, так и в её металлической арматуре. К таким процессам относят все виды коррозии бетона и арматуры [50, 53, 99]. Но помимо химических процессов, на разрушение железобетонных опор контактной сети влияют механические воздействия (удары, вибрации, постоянные и временные, нормативные и ненормативные нагрузки и т. д.). Главная проблема заключается в выборе параметра, который наиболее достоверно может отразить техническое состояние и возможный переход от исправного состояния в состояние отказа, при измерении которого минимально учитываются внешние факторы (температура, влажность и т. д.).

В [100] отмечается, что разрушения инженерных сооружений является неизбежностью. Изучение процессов, влияющих на разрушение железобетонных конструкций, является наиболее актуальным направлением хотя бы потому, что бетон и железобетон являются главным конструкционным материалом, обеспечивающим среду обитания человека.

3.1 Описание процессов, влияющих на деградацию и износ железобетонных конструкций

За последние 30 лет на железнодорожном транспорте обслуживание опорного парка контактной сети является одной из главных проблем в обеспечении безопасности и повышении скорости движения поездов. Массовое исчерпание ресурса поддерживающих конструкций привело к повышению рисков, связанных с движением поездов. Более того, опыта работы в таких условиях нет ни в одной стране мира. Сегодня устройства контактной сети находятся на третьем этапе жизненного цикла – этапе старения [23, 44]. Опыт эксплуатации показал, что при обслуживании контактной сети персоналом разработана целая система технического обслуживания и ремонтов, что позволяет поддерживать устройства контактной подвески. В данном случае работоспособность поддерживается за счет ежегодной разработки графиков планово-предупредительных работ, замены изношенных деталей, регулировкой, модернизацией конструкций. В опорном хозяйстве с такой проблемой справиться достаточно сложно. При обслуживании парка опорных конструкций получен опыт лишь эксплуатации, когда глубокое и комплексное обследование не применялись. Сегодня требуются мероприятия, обеспечивающие полное, комплексное описание технического состояния опорных конструкций [12, 13, 15].

Во время массовой электрификации достаточно подробно изучены деградационные процессы, протекающие в железобетонных опорах и фундаментах контактной сети. Разрушение бетона можно разделить на 3 группы:

1 группа – здесь большую роль играет неоднородность бетона, как по структуре, так и по своим свойствам. В данной системе непрерывно происходят различные изменения, поэтому достаточно сложно достичь равновесного состояния. Так, под действием воды в грунте происходит вымывание извести, содержащейся в бетоне, что постепенно приводит к разрушению структуры цементного

камня. Данная проблема решена при помощи применения бетона повышенной плотности [60, 99].

2 группа – в данном случае проявляет себя один из главных недостатков бетона – пористость. Химические процессы, возникающие при взаимодействии извести и углекислоты, находящейся в грунте, образуют в порах бетона практически не растворимый карбонат кальция, который, закупоривая их уплотняет поверхностный слой. Но при повышенном содержании углекислоты в грунте карбонат кальция превращается в бикарбонат кальция, который легко растворяется в воде, и далее происходит коррозия первой группы. Данная проблема решена применением более плотного бетона, а также дополнительно созданием защитного слоя из плотного грунта вокруг опоры [85].

3 группа – данный вид коррозии бетона обусловлен образованием кристаллов солей посредством химических реакций. При взаимодействии агрессивной среды и цементного камня, а также из за поступления извне вследствие испарения влаги. В порах бетона кристаллы, накапливаясь, увеличиваются в размерах, это в свою очередь создает значительные растягивающие напряжения. В данном случае значительную роль играет наличие испаряющей поверхности, с одной стороны, а с другой – соприкосновение с раствором какой-нибудь соли. Вследствие капиллярного подсоса будет происходить движение раствора в сторону испаряющей поверхности и далее выделение кристаллов соли в твердую фазу. Проблема коррозии 3-й группы решена путем непроницаемого слоя изоляции, который исключает испарение.

Разрушение металлической арматуры делится на две хорошо известные группы:

– атмосферная коррозия. Хорошо всем известная коррозия, которая протекает при взаимодействии металла с кислородом и водой, в железобетонных конструкциях особенно интенсивно проходит на обнаженных участках арматуры. Из-за того, что кислород в разной степени поступает к открытому и защищенному бетоном участку арматуры, возникает макропара, и обнаженный участок служит анодом, с которого электроны переходят на катод, где деполяризуется и вступает

во взаимодействие с кислородом и водой. Так как объем ржавчины в 3 – 4 раза больше объема чистого металла, то бетон изнутри подвергается достаточно сильным растягивающим усилиям, в большинстве случаев отслаиваясь, обнажая при этом большие участки арматуры.

– электрическая коррозия. Это один из самых опасных процессов, протекающих в железобетонных конструкциях на железных дорогах постоянного тока. Скорость такой коррозии значительно превышает скорость атмосферной коррозии. Еще в 1958–1960 годах В.С. Артамоновым в результате проведенных исследований выявлен ряд важных качественных особенностей электрической коррозии.

1. На металле в бетоне появляется защитная пленка, которая затормаживает коррозию, но при прохождении большой плотности тока защитная пленка разрушается. В засоленных грунтах процесс разрушения защитной пленки ускоряется. При этом замечено, что если коррозия в стали под действием электрического тока началась, то в дальнейшем она протекает достаточно интенсивно.

2. При прохождении электрического тока в железобетоне увеличивается сопротивление стеканию тока по причине отложения продуктов электролиза на арматуре, который также оседает в порах бетона. В связи с тем что внутри бетона развиваются значительные растягивающие усилия до 300 кГ/см^2 , с течением времени в бетоне появляются трещины, что, в свою очередь, вызывает резкое снижение сопротивления.

3. Определено то, что на величину тока утечки совершенно не влияет толщина защитного слоя бетона, ровно также электрическая коррозия не зависит от величины потенциала.

Из вышесказанного можно сделать вывод о том, что электрическая коррозия зависит только от плотности тока стекания, который, в свою очередь, зависит от напряжённости электрического поля и проводимости среды, в которую этот ток стекает, подчиняясь закону Ома:

$$\bar{\delta} = \gamma \cdot E, \quad (3.1)$$

где γ – проводимость среды, в которую стекает ток;

E – напряженность электрического поля, определяемая по формуле

$$E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_{\alpha}r}, \quad (3.2)$$

где τ – линейная плотность заряда;

ϵ_{α} – диэлектрическая проницаемость;

r – радиус проводника.

Принимая во внимание выражения (3.1) и (3.2), получим выражение для расчета сопротивления току утечки для одиночного заземлителя

$$R = \frac{\ln \frac{2l}{r}}{\gamma \times 2\pi l}, \quad (3.3)$$

где l – длина стержня погруженного в бетон;

r – радиус стержня.

На участке цепи арматура–бетон происходит качественное изменение в структуре тока. В связи с тем что в металле заряд переносится электронами, в бетоне этот процесс осуществляется при помощи ионов.

При относительно небольшой плотности тока равновесие системы рассматриваемой цепи не нарушается, и ионы металла не вступают в реакцию растворения извести.

При значительных плотностях тока равновесие системы нарушается, в реакцию вступают ионы железа, далее наступает обычный процесс электролиза железа. Выделяющийся слой коррозии в дальнейшем уплотняется, что создает значительные усилия на бетон.

Данное явление полностью зависит от плотности тока утечки, который, в свою очередь, зависит от напряжения внешнего источника и суммарного сопротивления цепи. Проведенные исследования показали, что электрической коррозии подвергаются все сооружения, заземленные наглухо на рельс и находящиеся в анодных зонах. Более того, замечено, что из-за протекания коррозии металла трещины в бетоне развиваются преимущественно в подземной части фундаментов и уже спустя определенное время развиваются в надземной части фундаментов.

3.2 Проверка возможности прогнозирования технического состояния опор контактной сети по изменению сопротивления

Описанные выше процессы позволяют сделать вывод о том, что на данный момент не существует достаточно полных мероприятий по предотвращению коррозии металлической арматуры в стенках бетона опор контактной сети. Более того, не реализованы мероприятия по достоверному описанию технического состояния металлической арматуры.

Так как в настоящее время реализованы мероприятия по предотвращению всех видов коррозии бетона уже на стадии изготовления путем применения более плотных составов бетона, нанесения специальных покрытий, а также выполнены специальные технологические отверстия в теле железобетонной опоры для уравнивания колебаний температуры, то в дальнейшем можно пренебречь техническими параметрами бетона. Ввиду того что в железобетонных конструкциях основную несущую нагрузку воспринимает арматура, то в модели износа учитываем состояние металлической арматуры в бетоне [105, 64].

Деструктивные процессы, возникающие в ходе эксплуатации железобетонных опор контактной сети, способствуют тому, что при снижении сопротивления

происходит рост величины тока утечки и разрушение металла. При достаточно длительном протекании относительно больших токов утечки наблюдалось значительное снижение диаметра стержней арматуры внутри стенок бетона центрифужированных опор контактной сети. При полном разрушении арматуры характерно резкое увеличение сопротивления. При эксплуатации в установленном порядке [109] на участках электрифицированных железных дорог определяют потенциалы рельс-земля и сопротивления опор контактной сети консоль-рельс. Далее, применяя закон Ома, определяют величину токов утечки.

Выполнены замеры сопротивления железобетонных опор контактной сети на одном из перегонов участка Свердловской железной дороги.

Основываясь на результатах замеров, выполняемых в течение пяти лет с периодичностью один раз в квартал, выполнена проверка закона распределения измеренных сопротивлений.

По данным измерений построены гистограммы распределения сопротивлений опор контактной сети (рисунок 3.1).

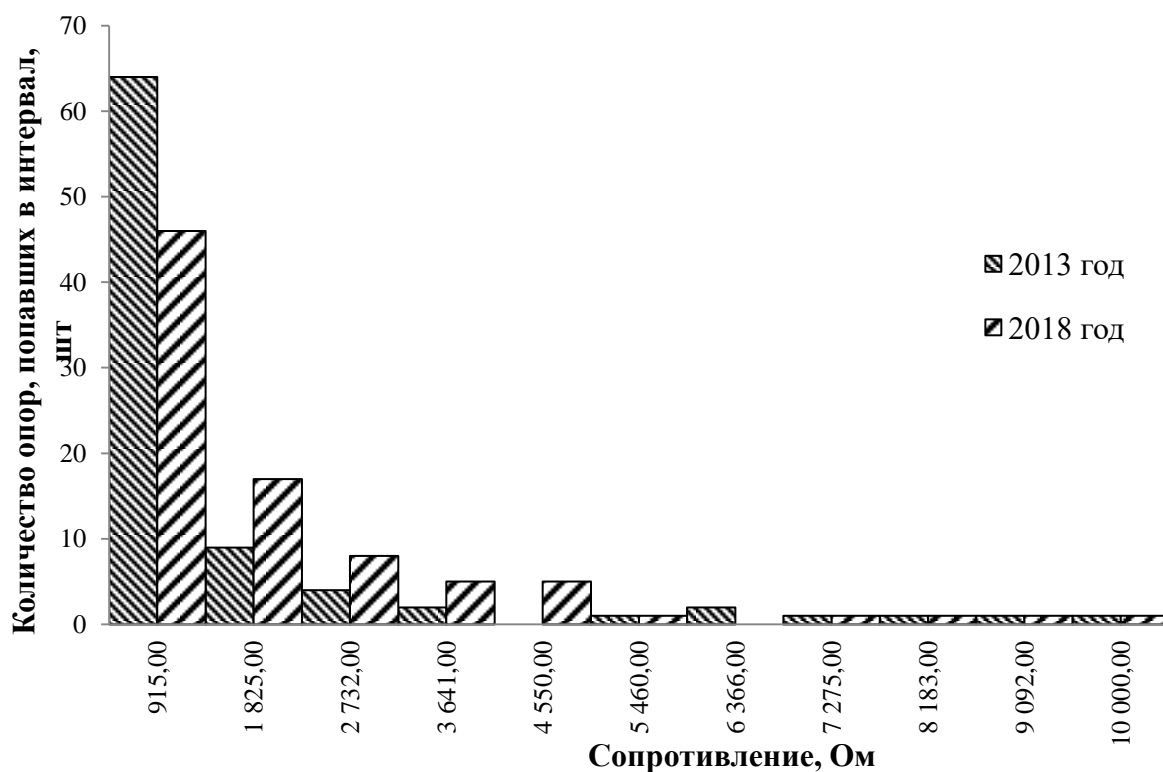


Рисунок 3.1 – Гистограммы распределения сопротивлений опор контактной сети

Из полученной матрицы видно, что на всех границах отсутствуют состояния стабильности, иначе говоря, значения сопротивлений не могут долго находиться в конкретных интервалах [43]. Более того, вероятность перехода в предыдущее состояние больше вероятности перехода в последующее, что означает возможность восстановления сопротивления, которое обуславливается изменением влажности грунта, погодных условий. С целью определения последующего состояния опор (через два квартала) полученная матрица была возведена во вторую степень (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Матрица оценок переходных вероятностей сопротивлений опор контактной сети из второго полугодия 2013 года в третье полугодие 2013 года

Предыдущее состояние, Ом	Последующее состояние, Ом										
	6 – 915	915 – 1825	1825 – 2732	2732 – 3641	3641 – 4550	4550 – 5460	5460 – 6366	6366 – 7275	7275 – 8183	8183 – 9092	9092 – 10000
6 – 915	0,5	0,2	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0,01
915 – 1825	0,6	0,2	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0,01
1825 – 2732	0,7	0,2	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0
2732 – 3641	0,6	0,2	0,1	0	0,1	0	0	0	0	0	0,02
3641 – 4550	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4550 – 5460	0,6	0,2	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0
5460 – 6366	0,6	0,3	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0
6366 – 7275	0,3	0,5	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0
7275 – 8183	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8183 – 9092	0,6	0,2	0,1	0	0,1	0	0	0	0	0	0,02
9092 – 10000	0,6	0,2	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0

После возведения матрицы во вторую степень видно, что значения попадающих в интервалы получили еще больший разброс.

Более подробно рассмотрен интервал сопротивлений опор до 1000 Ом, в связи с тем что такие опоры более сильно подвержены электрокоррозионному разрушению.

Построены гистограммы распределения сопротивлений в выбранном интервале (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – Распределение сопротивлений опор контактной сети в 2013 и 2018 годах в интервале до 1000 Ом

Выполнена проверка закона распределения отобранных значений, было Установлено, что при числе свободы $\nu = 9$ и уровне значимости $\alpha = 0,6$, $\chi^2 = 6,9$. Соответственно процесс изменения сопротивлений опор контактной сети в выбранном интервале также описывается экспоненциальным законом распределения.

Выполнена проверка закона распределения на стационарность путем построения матриц переходной вероятности изменения сопротивлений в пределе до 1000 Ом (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Матрица оценок переходных вероятностей сопротивлений опор контактной сети до 1000 Ом из первого полугодия 2013 года во второе полугодие 2013 года

Предыдущее состояние, Ом	Последующее состояние, Ом										
	6 – 96,4	96,4 – 186,7	186,7 – 277,1	277,1 – 367,5	367,5 – 457,8	457,8 – 548,2	548,2 – 638,6	638,6 – 728,9	728,9 – 819,3	819,3 – 909,6	909,6 – 1000
6 – 96,4	0,0	0,0	0,3	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0
96,4 – 186,7	0,5	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1
186,7 – 277,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
277,1 – 367,5	0,8	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
367,5 – 457,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
457,8 – 548,2	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
548,2 – 638,6	0,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
638,6 – 728,9	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
728,9 – 819,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
819,3 – 909,6	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
909,6 – 1000	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Возводя полученную матрицу во вторую степень, получаем значения сопротивлений в третьем квартале 2013 года (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Матрица оценок переходных вероятностей сопротивлений опор контактной сети из второго полугодия 2013 года в третье полугодие 2013 года

Предыдущее состояние, Ом	Последующее состояние, Ом										
	6 – 96,4	96,4 – 186,7	186,7 – 277,1	277,1 – 367,5	367,5 – 457,8	457,8 – 548,2	548,2 – 638,6	638,6 – 728,9	728,9 – 819,3	819,3 – 909,6	909,6 – 1000
6 – 96,4	0,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
96,4 – 186,7	0,3	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
186,7 – 277,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
277,1 – 367,5	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
367,5 – 457,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
457,8 – 548,2	0,0	0,0	0,3	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0
548,2 – 638,6	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
638,6 – 728,9	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
728,9 – 819,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
819,3 – 909,6	0,0	0,0	0,6	0,6	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0
909,6 – 1000	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Последняя матрица переходных вероятностей доказала, что закон распределения сопротивлений опор контактной сети не стационарный [25, 40, 41].

Для решения задачи прогнозирования состояния опор контактной сети необходимо задание множества значений и расчета соответствующих параметров грунта, бетона, погодных условий и т. д. В таком случае задача во много раз усложняется [73].

Более детально рассмотрены причины нестационарности полученного закона распределения сопротивлений и, как следствие, отсутствие возможности прогнозирования.

Фактически цепью сопротивления токам утечки принято считать «консоль-рельс», а ввиду того что сопротивления остальных элементов по сравнению с ним ничтожно малы, их просто не учитывают.

При эксплуатации на бетон не возлагается функция электрической изоляции, более того, при насыщении водой удельное сопротивление составляет порядка 10 Ом·м. При высушивании бетона при температуре 100 °С сопротивление достигает 10^9 Ом·м.

Зная, что бетон обладает проводимостью, примем допущение о том, что проводимость бетона влияет на сопротивление растеканию тока утечки с металлической арматуры, тогда:

$$R = \frac{\rho \ln \frac{2l}{r}}{2\pi l}, \quad (3.4)$$

где l – длина металлических стержней, принимаемая в расчет величины сопротивления;

r – радиус металлических стержней арматуры (радиус металлических стержней для каждого типа опоры может отличаться);

ρ – удельная проводимость материала бетона (приняты усредненные значения на основании проведенных испытаний для различных уровней насыщения влажностью бетона).

Проведем расчет сопротивлений опоры для различных уровней увлажненности бетона, для этого примем: $l = 10.24$ м, $r = 15$ мм, ρ – изменяющимся.

При сухом бетоне с $\rho = 1100 \cdot 10^6$ Ом·м сопротивление стеканию тока утечки в идеальных условиях будет рассчитываться следующим образом:

$$R_1 = \frac{1100 \cdot 10^6 \ln \frac{20,48}{0,015}}{2\pi \cdot 10,24} = 124 \cdot 10^6 \text{ Ом}$$

При воздушно сухом бетоне с $\rho = 0,002 \cdot 10^6 \text{ Ом}\cdot\text{м}$

$$R_2 = \frac{0,002 \cdot 10^6 \ln \frac{20,48}{0,015}}{2\pi \cdot 10,24} = 225 \text{ Ом}$$

При влажном бетоне с $\rho = 0,00004 \cdot 10^6 \text{ Ом}\cdot\text{м}$

$$R_3 = \frac{0,00004 \cdot 10^6 \ln \frac{20,48}{0,015}}{2\pi \cdot 10,24} = 5 \text{ Ом}$$

Если учесть тот факт, что в опорах имеется заметно больше прутков арматуры, то вычисленное сопротивление уменьшается в разы относительно количества имеющихся металлических частей в стенках бетона. При этом величина диаметра арматуры не значительно влияет на сопротивление растеканию тока.

В реальных условиях эксплуатации присутствуют все три вида сопротивлений. Ввиду того что опора устанавливается в грунт, сопротивление разбивается по уровням и в зависимости от уровня влажности грунта распределяется воздействие на металлическую арматуру (рисунок 3.3).

Первый уровень – воздушно–сухой бетон, находящийся в надземной части грунта, проводимостью $50 \cdot 10^{-6} \text{ сим/м}$;

Второй уровень – воздушно–влажный бетон, который находится в верхних слоях грунта, проводимость такого бетона составляет $1 \cdot 10^{-4} \text{ сим/м}$;

Третий уровень – влажный бетон, находящийся на границе грунтовых вод с проводимостью $25 \cdot 10^{-3} \text{ сим/м}$.

Каждый из уровней оказывает значительное влияние на величину и скорость протекания токов утечки. В том числе должны учитываться и погодные условия. Непостоянство сопротивления железобетонной опоры контактной сети особенно заметно в осенние и весенние периоды, когда происходит повышение влажности грунта, и бетон насыщается влажностью, вследствие чего снижаются его защитные свойства, происходит перераспределение уровней проводимости бетона, когда третий уровень начинает преобладать над вторым. В летний период в грунте начинает преобладать второй уровень проводимости бетона, тогда сопротивление опоры увеличивается.

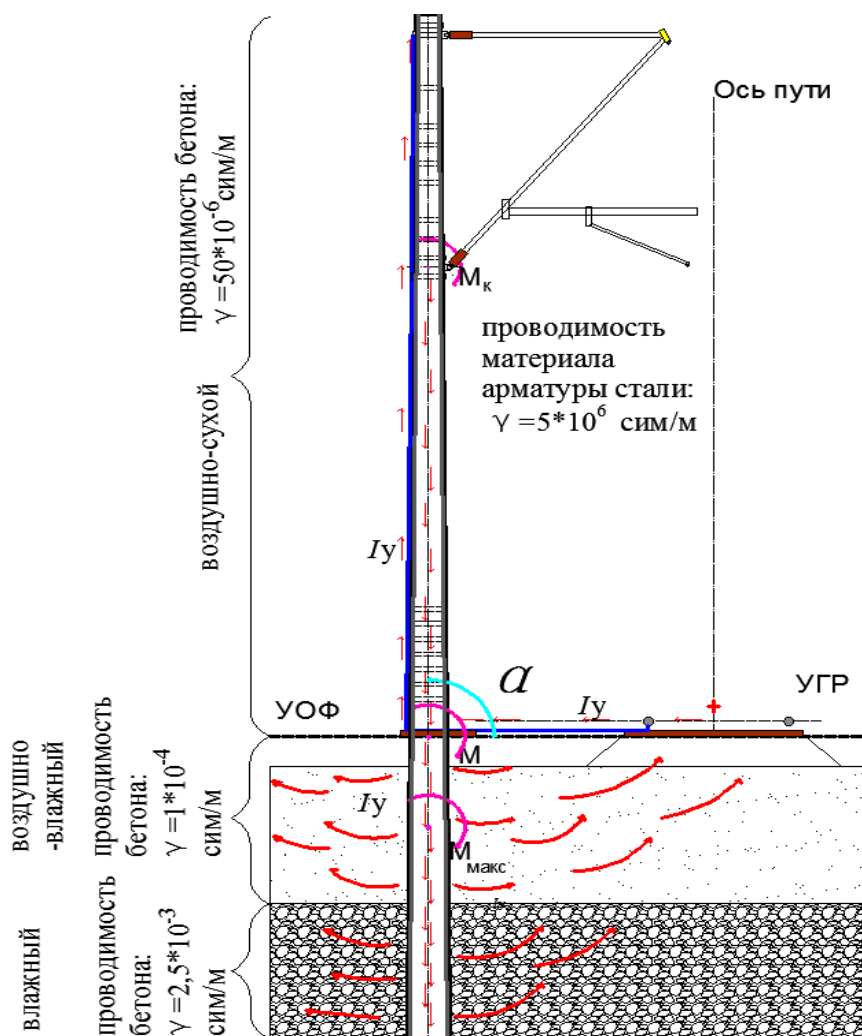


Рисунок 3.3 – Схема протекания токов утечки в железобетонной опоре контактной сети

Таким образом, объясняется невозможность постановки прогнозируемых значений сопротивлений для организации дальнейших мероприятий по недопущению отказов железобетонных опор контактной сети.

3.3 Математическая модель процесса изменения несущей способности опор контактной сети

проанализировав процессы разрушения железобетонных опор контактной сети, сделан вывод о том, что для прогнозирования их технического состояния необходимо рассматривать параметр, который будет характеризовать снижение нормативных показателей опоры, при этом на измеряемое значение этого показателя не будут влиять внешние факторы.

Выполнена оценка показателя несущей способности железобетонных опор контактной сети на основании данных, измеренных прибором УК-1401 на протяжении пяти лет, при проведении комплексной диагностики. Замеры, выполненные на отдельной опоре контактной сети, имеют достаточно небольшой разброс, поэтому далее принимается любое значение из области установленного диагноза при комплексной диагностике. В ходе наблюдений установлено, что значения несущей способности не переходят только в последующее состояние [21].

В таблице 3.5 видно, что показатель П2 увеличивается, что характеризует снижение несущей способности опор по отношению к нормативному моменту (см. таблицу 2.2). Учитывая тот факт, что железобетонные опоры, при всех своих недостатках, являются достаточно надежными элементами контактной сети и снижение эксплуатационных показателей происходит медленно (может достигать 70 лет), то для эксперимента приняты результаты измерений электрокоррозионно-опасных опор. Такой выбор обусловлен тем, что, при большом заявленном сроке

жизненного цикла опор контактной сети, выбранный интервал наблюдений не позволит получить значительную динамику рассматриваемого процесса снижения несущей способности. Влияние дополнительных разрушающих воздействий на опоры приводит к ускорению процесса накопления внутренних повреждений из-за влияния электрической коррозии.

Таблица 3.5 – Результаты измерений первых 10 железобетонных опор контактной сети прибором УК-1401 по показателю П2 из первого квартала 2013 года во второй

№	1 квартал 2013 год	2 квартал 2013 год
1	1,19	1,21
2	1,39	1,40
3	1,25	1,26
4	1,18	1,20
5	1,22	1,23
6	1,29	1,30
7	1,10	1,10
8	1,38	1,40
9	1,06	1,10
10	1,32	1,35

Результаты, полученные при испытаниях, позволяют сделать выводы о том, что на протяжении срока эксплуатации значения несущей способности опор снижаются. Это значит, что деструктивные процессы, проходящие в железобетонных опорах, необратимы, а ввиду своей структуры бетон невозможно восстановить, как и металлическую арматуру, поэтому такой объект можно считать невозстанавливаемым [52]. Процесс постепенного отказа опор контактной сети можно представить в виде марковской цепи дискретных состояний. Для данного случая каждое состояние можно представить аналогично табличных значений несущей способности показателя П2 (таблица 3.6)

Таблица 3.6 – Несущая способность стоек в зависимости от показателя П2

—	Показатель П2							
	1,1	1,15	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45
Несущая способность стоек (кратность по отношению к нормативному моменту)	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1	0,9
Состояния опоры, относительно несущей способности	0	1	2	3	4	5	6	7

Принимая допущение о том, что исследуемые опоры на выбранном участке железной дороги находятся в одинаковых условиях эксплуатации, появляется возможность установить единые границы несущей способности, соответствующие каждому определенному состоянию. Снижение несущей способности по отношению к нормативному моменту ниже 1,0 будет соответствовать состоянию отказа опоры или в существенной мере увеличивать вероятность такого события, а значит, является недопустимым. В связи с этим в таблице 3.7 добавлен столбец, отражающий состояние отказа опоры контактной сети или «0» состояние. Показатель П2, имеющий величину 1,1 и менее, характеризует наибольшую способность опоры воспринимать приложенные нагрузки как следствие опоры, имеющие показатель П2, равный 1,1 или менее, имеют наименьшую вероятность отказа от приложенных нагрузок и свидетельствует об исправном «7» состоянии опоры. Состояния «1–6» будут характеризовать переход опоры из исправного до состояния отказа, соответственно их можно оценить как предотказные [7].

Невосстанавливаемые объекты характеризуются постепенным переходом из исправного состояния в состояние отказа, преодолевая при этом границы всех предотказных состояний. Интенсивность перехода в каждое последующее состояние ε_0 – ε_6 отражают постепенный отказ, вызванный накоплением повреждений в структуре опоры. В свою очередь, резкие переходы из исправного и любого из предотказных состояний в состояние отказа, характеризуют внезапный отказ, а скорость таких переходов выражается в интенсивности отказов λ_0 – λ_6 [21].

Накапливаемые повреждения в бетоне позволяют сделать вывод о том, что железобетонную опору можно считать невосстанавливаемым объектом.

Определение интервала наблюдения играет немаловажную роль в решении задачи прогнозирования технического состояния. Принимая интервалы слишком длинными, появляются частые внезапные переходы между исправным состоянием и состояниями предотказа, в таком случае в решении системы уравнений описанного процесса будет участвовать дополнительная переменная, которая будет также усложнять процесс расчета [118, 92], тогда граф состояний и переходов должен иметь структуру следующего вида (рисунок 3.4).

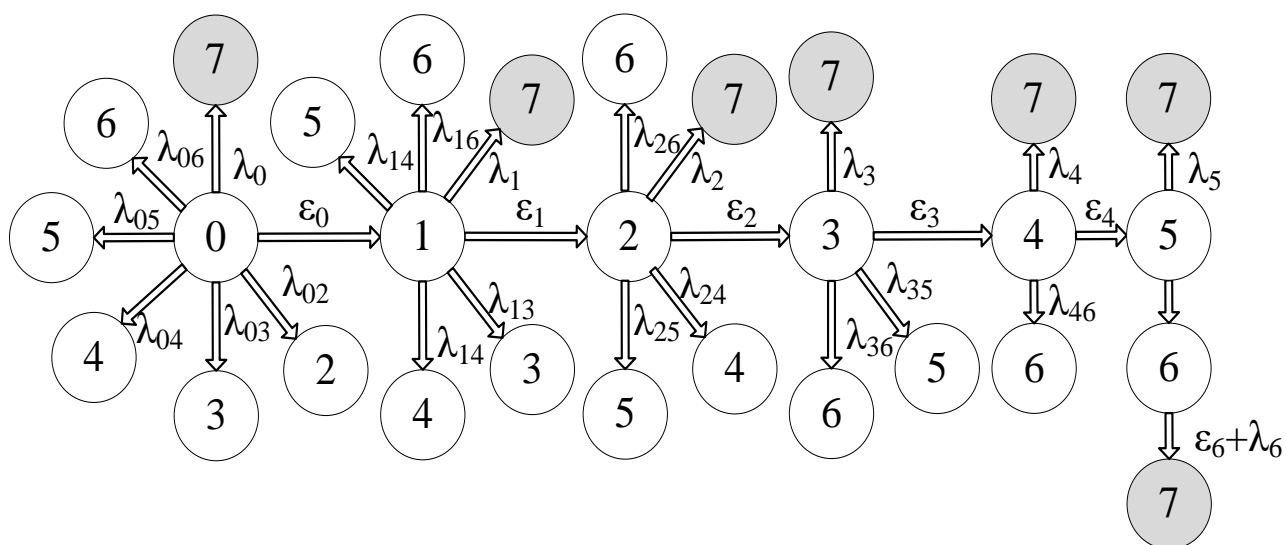


Рисунок 3.4 – Граф состояний и переходов для железобетонной опоры контактной сети в случае чрезмерного увеличения интервала наблюдений

Если принимать интервал наблюдений слишком маленький, то в результате отказ будет проявляться в виде постепенного снижения показателя несущей способности и составленная модель не будет учитывать внезапные отказы. (рисунок 3.5).

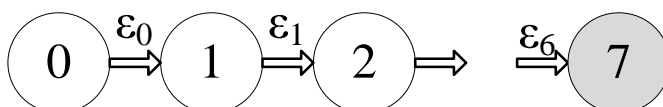


Рисунок 3.5 – Граф состояний и переходов для железобетонной опоры контактной сети в случае чрезмерного уменьшения интервала наблюдений

В ходе испытаний определено, что для исследуемого участка эксплуатации, замеры, выполняемые раз в квартал являются оптимальными. С учетом принятых допущений и обозначений, для опор на рассматриваемом участке эксплуатации составлен граф процесса изменения несущей способности и представлен на рисунке 3.6.

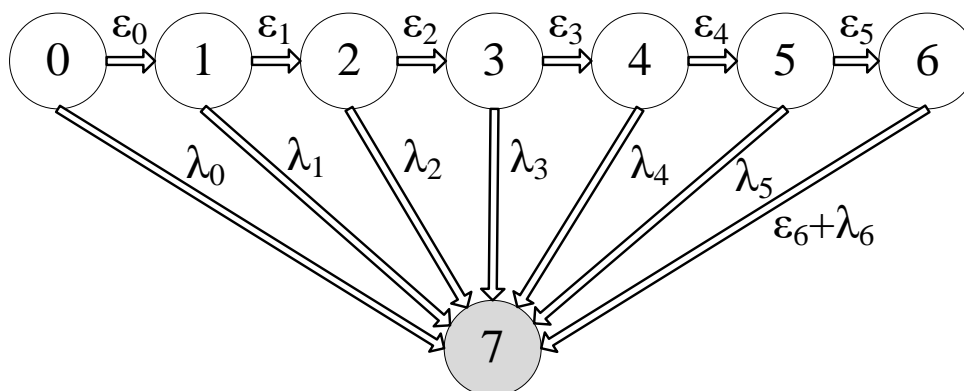


Рисунок 3.6 – Граф состояний и переходов для железобетонной опоры контактной сети при оптимальном интервале наблюдений

В таком случае описать исследуемый процесс возможно с помощью системы уравнений, включающей в себя вероятности нахождения в каждом из состояний [37, 75, 76, 107].

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dP_0(t)}{dt} = -(\varepsilon_0 + \lambda_0)P_0(t) \\ \frac{dP_1(t)}{dt} = \varepsilon_0P_0(t) - (\varepsilon_1 + \lambda_1)P_1(t) \\ \frac{dP_2(t)}{dt} = \varepsilon_1P_1(t) - (\varepsilon_2 + \lambda_2)P_2(t) \\ \frac{dP_3(t)}{dt} = \varepsilon_2P_2(t) - (\varepsilon_3 + \lambda_3)P_3(t) \\ \frac{dP_4(t)}{dt} = \varepsilon_3P_3(t) - (\varepsilon_4 + \lambda_4)P_4(t) \\ \frac{dP_5(t)}{dt} = \varepsilon_4P_4(t) - (\varepsilon_5 + \lambda_5)P_5(t) \\ \frac{dP_6(t)}{dt} = \varepsilon_5P_5(t) - (\varepsilon_6 + \lambda_6)P_6(t) \\ \frac{dP_7(t)}{dt} = \lambda_0P_0(t) + \lambda_1P_1(t) + \lambda_2P_2(t) + \lambda_3P_3(t) + \lambda_4P_4(t) + \lambda_5P_5(t) + (\varepsilon_6 + \lambda_6)P_6(t) \end{array} \right. \quad (3.5)$$

Основываясь на указаниях действующих инструкций, все опоры контактной сети перед вводом в эксплуатацию проходят контроль качества. Тогда в начальный момент, момент установки и ввода в эксплуатацию, опора находится в исправном состоянии с максимальной вероятностью [62, 86, 87].

С учетом вышесказанного задаемся начальными условиями:

При $t_0 = 0$, $P_0 = 1$, тогда решим первое уравнение, определяя вероятность $P(0)$:

$$\frac{dP_0(t)}{dt} = -(\varepsilon_0 + \lambda_0)P_0(t).$$

Преобразуя уравнение, получим:

$$P_0 = e^{-(\varepsilon_0 + \lambda_0)t}. \quad (3.6)$$

Заменяя $(\varepsilon_i + \lambda_i)$ через коэффициент K_i , получим выражение вероятности нахождения опоры в исправном состоянии:

$$P_0 = e^{-K_0 t} \quad (3.7)$$

Подставляя решение (3.7) во второе уравнение системы (3.5), с учетом принятых обозначений выражаем вероятность нахождения опоры в следующем состоянии:

$$\frac{dP_1(t)}{dt} = \varepsilon_0 \cdot e^{-K_0 t} - K_1 \cdot P_1(t). \quad (3.8)$$

Дифференцируя и преобразуя уравнение (3.8), получаем выражение для определения вероятности нахождения опоры в следующем состоянии:

$$P_1 = \frac{\varepsilon_0}{K_0 - K_1} e^{-K_0 t} + \frac{\varepsilon_0}{K_1 - K_0} e^{-K_1 t} \quad (3.9)$$

Подставляя решение уравнения (3.9) в третье уравнение системы (3.5), выполняя соответствующие преобразования, получаем уравнение вероятности для второго предотказного состояния:

$$P_2 = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_1}{(K_1 - K_0) \cdot (K_2 - K_0)} e^{-K_0 t} + \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_1}{(K_0 - K_1) \cdot (K_2 - K_1)} e^{-K_1 t} + \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_1}{(K_0 - K_2) \cdot (K_1 - K_2)} e^{-K_2 t}. \quad (3.10)$$

Каждое последующее решение уравнения системы уравнений (3.5) можно записать в общем виде:

$$P_n(t) = \frac{\varepsilon_0 \cdot \dots \cdot \varepsilon_{n-1}}{(K_1 - K_0) \cdot \dots \cdot (K_{n-1} - K_0)} e^{(-K_0 t)} + \frac{\varepsilon_0 \cdot \dots \cdot \varepsilon_{n-1}}{(K_0 - K_n) \cdot \dots \cdot (K_{n-1} - K_n)} e^{(-K_n t)}. \quad (3.11)$$

Таким образом, определяя значения постепенных (ε_i) и внезапных (λ_i) отказов, находятся значения вероятностей нахождения опор в каждом из состояний, после чего на исследуемом участке железной дороги определяются значения функции надежности по формуле

$$F(t) = P_0(t) + P_1(t) + P_2(t) + P_3(t) + P_4(t) + P_5(t) + P_6(t). \quad (3.12)$$

Задаваясь постепенными и внезапными интенсивностями, определяем вероятность нахождения в определенном состоянии, такую вероятность будет описывать функция надежности. Как видно из формулы (3.12) функция надежности включает в себя значения вероятностей исправного состояния и предотказных состояний, исключая состояние отказа. Таким образом, снижение графика функции

надежности ниже нуля будет характеризовать снижение несущей способности. Для исследуемого участка по испытаниям электрокоррозионноопасных опор рассчитана надежность и построен график функции надежности на пять лет (рисунок 3.7).

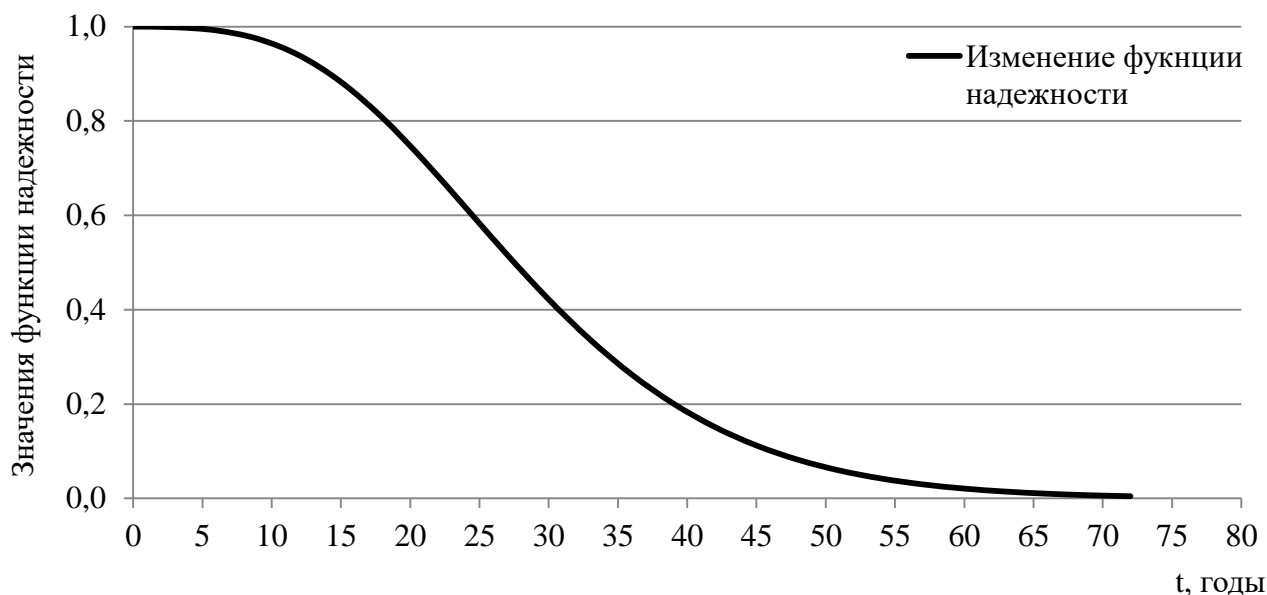


Рисунок 3.7 – Графическое представление результатов расчета изменения функции надежности по исследуемому участку

На рисунке 3.7 показано изменение надежности, рассчитанное с помощью разработанной математической модели. Так как опоры на выбранном участке уже находились в эксплуатации и были сильно подвержены электрической коррозии, то динамика снижения надежности опор на участке наиболее ярко выражена. Таким образом, рисунок 3.7 отражает шкалу времени срока службы опоры контактной сети. Исходя из местных условий эксплуатации, зная пройденный срок эксплуатации опоры и задействуя представленную модель, можно определить оставшийся срок эксплуатации.

Так как большое количество опор на исследуемом участке находится в эксплуатации более 35 лет, то по полученным результатам расчета можно сказать, что для исключения их отказа необходимо проводить работу по замене опор или

реконструкции участка с заменой опор в течение пяти лет так как вероятность за-
стать опоры в работоспособном состоянии сильно снижается.

Выполнена оценка изменения значений несущей способности железобетон-
ных опор контактной сети. Случайная вероятность нахождения железобетонной
опоры контактной сети в каждом из состояний зависит от состояния, в котором
опора находится в текущий момент, но не от более ранних состояний (цепь Мар-
кова) [14, 28, 21]. Имеется выборка из 86 низкоомных опор. Значения несущей
способности распределены на интервалы, определяющие техническое состояние,
в котором опоры могут находиться (таблица 3.6). Таким образом, значения несу-
щей способности по показателю П2 распределяются на восемь интервалов, вклю-
чая состояние условного отказа (таблицы 3.7, 3.8).

Таблица 3.7 – Число попаданий в интервал по показателю П2 в первом квартале
2013 года

№ интервала	1	2	3	4	5	6	7	8
Показатель П2	1,1	1,15	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45
Границы интер- валов	1-1,1	1,11-1,15	1,16-1,2	1,21-1,25	1,26-1,3	1,31-1,35	1,36-1,4	1,41-1,45
Число попаданий в интервал	13	12	19	13	8	7	13	1
Несущая способ- ность	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1	0,9

Таблица 3.8 – Число попаданий в интервал по показателю П2 во втором квартале
2013 года

№ интервала	1	2	3	4	5	6	7	8
Показатель П2	1,1	1,15	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45
Границы интер- валов	1-1,1	1,11- 1,15	1,16-1,2	1,21-1,25	1,26-1,3	1,31-1,35	1,36-1,4	1,41-1,45
Число попаданий в интервал	11	12	18	13	9	8	12	3
Несущая способ- ность	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1	0,9

Для наглядного представления строим гистограммы распределения изменения значений несущей способности на основе полученных таблиц 3.7 и 3.8 (рисунок 3.8).



Рисунок 3.8 – Распределение значений несущей способности за первый и второй кварталы 2013 года

Согласно результатам полученных значений, установлена зависимость перераспределения несущей способности опор контактной сети из области исправного состояния в сторону области неисправного состояния.

Имея результаты измерений в первом и втором кварталах 2013 года, строим матрицу переходных вероятностей. Переходная вероятность – условная вероятность такого события, при котором система перейдет из предшествующего состояния (b) в последующее состояние (c). Вероятность перехода из состояния (b) в состояние (c) определяется по формуле [88]:

$$P_{bc}(\tau) = \frac{n_{bc}(\tau)}{n_b(\tau-1)} \quad (3.13)$$

где $n_{bc}(\tau)$ – число опор, которое находится в состоянии (b) в момент $(\tau-1)$ и в состоянии (c) в моменты τ ;

$n_b(\tau-1)$ – число опор, наблюдаемых в состоянии (b) в момент $(\tau-1)$.

Строим матрицу переходных вероятностей изменения несущей способности опор из первого квартала 2013 года во второй квартал 2013 года (таблица 3.10).

Таблица 3.9 – Значения матрицы переходных вероятностей изменения несущей способности опор из первого квартала 2013 года во второй квартал 2013 года

Номер интервала	1	2	3	4	5	6	7	8
Распределение несущей способности предыдущего состояния	Распределение несущей способности текущего состояния							
	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9
1,6	0,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,5	0,0	0,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,4	0,0	0,0	0,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
1,3	0,0	0,0	0,0	0,8	0,2	0,0	0,0	0,0
1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,4	0,0	0,0
1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,1	0,0
1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,2
0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0

Матрица переходных вероятностей $P = \{p_{bc}\}$ характеризует вероятность перехода из текущего состояния в последующее состояние, при этом сумма значений вероятностей переходов из одного состояния в другое должна равняться единице, а процесс в момент времени n оказывается в состоянии (c) [88]. Значение P_n можно получить при помощи формулы [88]:

$$P_n = P_1^n, \quad (3.14)$$

где P_n – матрица переходных вероятностей за n шагов;

P_1 – матрица переходных вероятностей за один шаг.

Для получения прогнозного значения несущей способности опоры для третьего квартала 2013 года возведем полученную матрицу во вторую степень (таблица 3.10) [14, 21, 22].

Таблица 3.10 – Прогнозируемые значения матрицы переходных вероятностей изменения несущей способности опор из первого квартала 2013 года в третий квартал 2013 года

Номер интервала	1	2	3	4	5	6	7	8
Распределение несущей способности предыдущего состояния	Распределение несущей способности текущего состояния							
	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9
1,6	0,7	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,5	0,0	0,7	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,4	0,0	0,0	0,7	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
1,3	0,0	0,0	0,0	0,6	0,3	0,1	0,0	0,0
1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,6	0,1	0,0
1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,2	0,0
1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,3
0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0

Для получения прогнозируемых значений несущей способности опор в четвертом квартале 2013 года необходимо возвести матрицу, приведенную в таблице 3.10 в третью степень, тогда для рассматриваемого случая формула расчета переходной вероятности будет иметь вид:

$$P_n = P^{n-1}, \quad (3.15)$$

где P_n – матрица переходных вероятностей за n шагов;

P^{n-1} – матрица переходных вероятностей на прогнозируемый квартал;

n – определяется прогнозируемым кварталом [90].

Приведенная формула 3.15 отражает расчет прогнозируемых значений переходных вероятностей. Таким образом, чтобы получить прогноз значений несущей способности исследуемых опор на выбранном участке через пять лет, то есть

первый квартал 2018 года, необходимо матрицу (таблица 3.10) возвести в 16 степень:

$$P_{17} = P^{17-1} = P^{16}.$$

Результаты расчета приведены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Прогнозируемые значения матрицы переходных вероятностей изменения несущей способности опор, из первого квартала 2013 года первый квартал 2018 года

Номер интервала	1	2	3	4	5	6	7	8
Распределение несущей способности предыдущего состояния	Распределение несущей способности текущего состояния							
	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9
1,6	0,073	0,192	0,308	0,154	0,077	0,154	0,000	0,000
1,5	0,000	0,067	0,167	0,167	0,167	0,250	0,167	0,083
1,4	0,000	0,000	0,070	0,105	0,105	0,316	0,211	0,158
1,3	0,000	0,000	0,000	0,075	0,000	0,231	0,385	0,385
1,2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,125	0,250	0,625
1,1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,129	0,143	0,714
1,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,069	0,923
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000

Зная измеренные значения несущей способности в первом квартале 2015 года, приведем количество попаданий в выбранные интервалы (таблица 3.13) и по полученным данным построим гистограммы распределения полученных значений (рисунок 3.9).

Таблица 3.12 – Число попаданий в интервал по показателю П2 в первом квартале 2018 года

№ интервала	1	2	3	4	5	6	7	8
Показатель П2	1,1	1,15	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45
Границы интервалов	1-1,1	1,11-1,15	1,16-1,2	1,21-1,25	1,26-1,3	1,31-1,35	1,36-1,4	1,41-1,45
Число попаданий в интервал	1	3	7	7	5	16	15	32
Несущая способность	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1	0,9



Рисунок 3.9 – Распределение значений несущей способности за первый квартал 2013 года и первый квартал 2018 года

На основе значений, полученных экспериментальным путем, строится матрица переходных вероятностей (таблица 3.13).

Таблица 3.13 – Значения матрицы переходных вероятностей изменения несущей способности опор, из первого квартала 2013 года в первый квартал 2018 года

Номер интервала	1	2	3	4	5	6	7	8
Распределение несущей способности предыдущего состояния	Распределение несущей способности текущего состояния							
	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9
1,6	0,077	0,154	0,231	0,154	0,154	0,154	0,077	0,000
1,5	0,000	0,083	0,167	0,167	0,083	0,250	0,167	0,083
1,4	0,000	0,000	0,053	0,158	0,105	0,316	0,211	0,158
1,3	0,000	0,000	0,000	0,077	0,000	0,231	0,308	0,385
1,2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,125	0,250	0,625
1,1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,143	0,143	0,714
1,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,077	0,923
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000

Результаты, полученные при составлении матриц переходных вероятностей и результаты натурных измерений (таблица 3.13) и прогнозируемая (таблица 3.11), сопоставлены на предмет расхождения. Разница прогнозируемых и экспериментальных значений переходных вероятностей не превысила 3 %. Таким образом, можно утверждать, что результаты математического моделирования, выполненные на основе построения цепей Маркова, можно считать достоверными.

Результаты расчета матриц переходных вероятностей подтверждают возможность прогнозирования дальнейшего технического состояния железобетонных опор контактной сети, выявляя тем самым систему отказов, которая зависит лишь от технического состояния опор без дополнительного механического воздействия на них. Иначе говоря, процесс отказа опор контактной сети визуально можно представить в виде двух функций, изменяющихся во времени (рисунок 3.10).

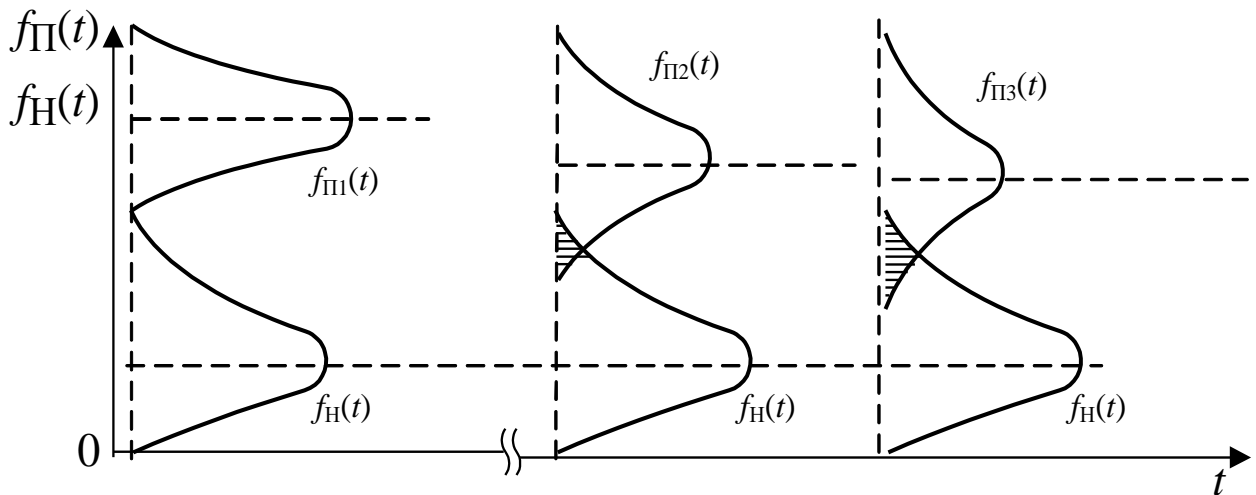


Рисунок 3.10 – Модель отказа железобетонной опоры контактной сети при постоянной нагрузке:

$f_{\Pi}(t)$ – функция прочности; $f_{\text{H}}(t)$ – функция нагрузки

Если в начальный момент времени распределение значений функции прочности опор контактной сети на участке выше функции нагрузки, то это характеризует нормальную работу на участке эксплуатации и отсутствие нарушения движения поездов. Область пересечения графиков функций свидетельствует о появлении опор, несущая способность которых ниже допустимой, вследствие чего увеличивается вероятность отказа по участку эксплуатации из-за невозможности воспринимать приложенную к ней нагрузку. С течением времени несущая способность опоры снижается, ввиду накопления микроповреждений в защитном слое бетона и снижения прочности металлической арматуры. Об этом свидетельствует увеличение площади под пересекающимися графиками функций [21, 94].

Определяя сроки достижения предельных значений, появляется возможность спланировать соответствующие виды работ по замене опор. Результатами выполненного расчета является выявление 32 опор, которые снизили свои показатели несущей способности ниже минимально допустимой величины [33].

Выводы по третьей главе

1. Рассмотрены основные причины разрушения опор контактной сети и величина влияния грунта в месте установки опор контактной сети, выполнена классификация основных видов коррозии бетона и арматуры. Проведен анализ степени влияния изменения сопротивления цепи «консоль-рельс» на состояния металлической арматуры в стенках бетона опор.

2. На основе экспериментальных данных выполнена проверка возможности прогнозирования изменения сопротивления железобетонных опор. Установлено, что процесс изменения сопротивления зависит не только от места установки, но и от погодных условий в течение года. Доказано, что на изменение сопротивления опоры влияет насыщение бетона влагой.

3. Разработана математическая модель процесса изменения несущей способности опор контактной сети с применением марковских цепей, которая позволяет определить сроки достижения минимально допустимых значений несущей способности.

4. Применен механизм прогнозирования дальнейших состояний опор контактной сети с помощью матриц переходных вероятностей. Определено количество опор, которые будут находиться в определенных состояниях через пять лет. Полученные данные сопоставлены с результатами измерений, точность проведенных расчетов доказана расхождением от экспериментальных данных в 3 %.

4 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА КОМПЛЕКСНОЙ ДИАГНОСТИКИ ОПОР КОНТАКТНОЙ СЕТИ

Прогнозирование дальнейших технических состояний опор контактной сети напрямую зависит от точности проведения диагностических испытаний и получения наиболее достоверной информации о параметрах, описывающих это состояние. Являясь статистически зависимой, вероятностная модель диагностирования, при наличии корректных данных об объекте диагностирования, позволяет достаточно точно определить область времени, в которой произойдет отказ [46].

От того насколько точно определяется состояния технического объекта эксплуатации, в данном случае железобетонной опоры контактной сети, зависит возможность предотвращения риска ее падения, а соответственно, повышение транспортной безопасности на железнодорожном транспорте за счет своевременного принятия управляющих воздействий, направленных на замену или продление срока службы. В связи с организацией скоростного и высокоскоростного движения на участках железной дороги, а также повышения объемов грузооборота на железнодорожном транспорте требования к содержанию технических средств постоянно повышаются, как и требования к безопасности движения поездов. Для этого необходимо применять обновленные алгоритмы и технологии. На основе прошлых моделей предлагается построить алгоритм определения технического состояния железобетонных опор контактной сети.

4.1 Оценка действующего метода диагностики опор контактной сети на участках эксплуатации Свердловской железной дороги

Обеспечение тяги поездов в эксплуатации электроподвижного состава Свердловской железной дороги осуществляется на постоянном токе. Опыт эксплуатации показал, что опоры контактной сети на таких участках наиболее сильно подвержены влиянию электрической коррозии металлической арматуры. Более всего влияние электрической коррозии проявляется на грузонапряженных участках. Это вызвано в первую очередь снижением межпоездных интервалов и повышением массы поездов на участках эксплуатации. Появляются большие тяговые токи, которые увеличивают потенциал цепи «земля-рельс». Соответственно при постоянном значении сопротивления цепи «консоль-рельс» увеличиваются токи утечки, негативно влияющие на состояние металлической арматуры железобетонных опор контактной сети [46, 51].

На основании [96], а также согласно техническим указанием № К-04/05 «О внесении дополнений в [96] установлен следующий порядок диагностики опор контактной сети:

1. Диагностика железобетонных опор проводится с целью выявления острodefектных, дефектных опор и определения фактической несущей способности, независимо от имеющихся на них дефектов и повреждений. Применение диагностики позволяет снизить объемы откапываемых и заменяемых опор.

2. Различают два вида диагностики: диагностику надземной части и диагностику подземной части. На участках постоянного тока обязательно проводится диагностика обеих частей опор.

3. Диагностика надземной части опор проводится в двух вариантах: она может быть выборочной или сплошной.

При проведении выборочной диагностики в обязательном порядке проверяют состояние анкерных опор и опор в кривых малого радиуса независимо от

наличия на них повреждений. Первая выборочная диагностика проводится в зависимости от состояния опор, но не позднее 12 лет после ввода в эксплуатацию.

Сплошная диагностика проводится после длительной эксплуатации опор и появления признаков ускоренного старения бетона опор для установления несущей способности всех эксплуатируемых опор, а также при достижении опорами срока эксплуатации 40 и более лет.

4. Диагностику подземной части опор следует осуществлять путем откопки и обследования подземной части прибором УК-1401М (УК-1401). При этом в первую очередь должны откапываться и обследоваться опоры, оценённые как электрокоррозионноопасные.

5. Обследование подземной части опор приборами на участках постоянного тока должно производиться каждый раз после обнаружения отказов защитных устройств.

6. Для оценки состояния подземной части опор на участках постоянного тока необходимо вести анализ величины сопротивления цепи заземления одних и тех же опор по годам. Понижение сопротивления опор с течением времени может свидетельствовать о выходе из строя изолирующих втулок и появлении металлического контакта между закладными болтами и арматурой опоры.

Особо должны рассматриваться случаи, когда сопротивление опор резко повышается во времени. Такие повышения могут происходить по нескольким причинам:

- в результате коррозии арматура разрушена полностью, исчезла электрическая цепь через нее;
- в результате случайного разрыва контакта между арматурой и закладным болтом и образования зазора между ними;
- вследствие образования на арматуре продуктов коррозии без разрушения защитного слоя бетона.

Такие опоры должны тщательно обследоваться и приниматься решения о их дальнейшей эксплуатации.

7. Диагностика подземной части опор при повреждении бетона агрессивной средой производится после откопки опор на глубину до 1 м и должна осуществляться по отдельной методике с привлечением специализированных лабораторий.

8. Диагностика бетонных и железобетонных фундаментов металлических опор контактной сети на участках постоянного тока должна включать оценку состояния, в первую очередь анкерных болтов. При проведении данной диагностики без откопки фундаментов должен использоваться преимущественно ультразвуковой метод. Для диагностики состояния анкерных болтов должен быть обеспечен доступ к верхним торцам анкерных болтов. При наличии оголовок для обеспечения доступа к болтам эти оголовки должны быть демонтированы.

Разрешается, кроме ультразвукового метода, применение других методов, прошедших апробацию на эксплуатируемых фундаментах опор и утвержденных к применению в установленном порядке.

9. При диагностике состояния фундаментов металлических опор на участках постоянного тока при периодической или выборочной откопке, помимо определения состояния анкерных болтов, должно проводиться также определение состояния бетона: наличие в нем повреждений, характер и причины появления этих повреждений, при необходимости должна определяться прочность бетона. Последняя может быть измерена ультразвуковым прибором УК-1401М (УК-1401). Измерения следует вести в средней части граней фундамента на участках, ниже плоскости, отделяющей оголовок от тела фундамента. Отклонение измеренной прочности от проектной не должно превышать 25%.

При появлении признаков электрической коррозии анкерных болтов фундаменты следует дополнительно откапывать на глубину до 1 м, в связи с тем что первую выборочную диагностику допускается проводить через 12 лет, а сплошная диагностика проводится лишь при достижении опорами срока эксплуатации 40 и более лет.

Применяя перечисленные пункты определения технического состояния железобетонных опор контактной сети, достаточно сложно определить системность

разрушения и скорость протекания электрической коррозии арматуры [24, 108, 17, 16, 20]. Ввиду того что при строительстве участка проведенные замеры могут являться начальным условием для определения стойкости опор контактной сети к протеканию электрической коррозии, это может быть выполнено с допустимой долей погрешности. Испытания по всему вновь введенному в эксплуатацию участку не будут отражать действующей картины деградации железобетонных конструкций, так как под влиянием погодных условий, происходит достаточно быстрое старение изоляции под хомутами консолей, что, в свою очередь, снижает сопротивление протеканию токов утечки и электрической коррозии.

Постоянно обновляемые методы проектирования, деталей и узлов контактной сети, направлены на увеличение качества токосъема, обеспечивающего повышение скоростей движения, что влечет за собой неминуемое снижение межпоездного интервала. В то время как действующие методы эксплуатации, направленные на поддержание контактной сети в границах параметров, обеспечивающих качественную работу, сильно устарели [27, 32, 36].

4.2 Алгоритм проведения комплексной диагностики железобетонных опор контактной сети

Методология УРРАН выделяет 14 этапов жизненного цикла, разделяя все этапы на три большие группы (стадии жизненного цикла) [46].

В плане задействованных этапов жизненного цикла опоры контактной сети диагностика технического состояния затрагивает три этапа:

– этап приемки – этап когда осуществляется оценка технического состояния перед вводом в эксплуатацию;

- этап эксплуатации – осуществляется непосредственный контроль параметров опор контактной сети в ходе эксплуатации, в связи с тем что их влияние на безопасность перевозочного процесса достаточно велико;
- этап мониторинга эксплуатационных характеристик – на данном этапе осуществляется возможность дальнейшей эксплуатации опор контактной сети с учетом анализа возникновения возможных рисков.

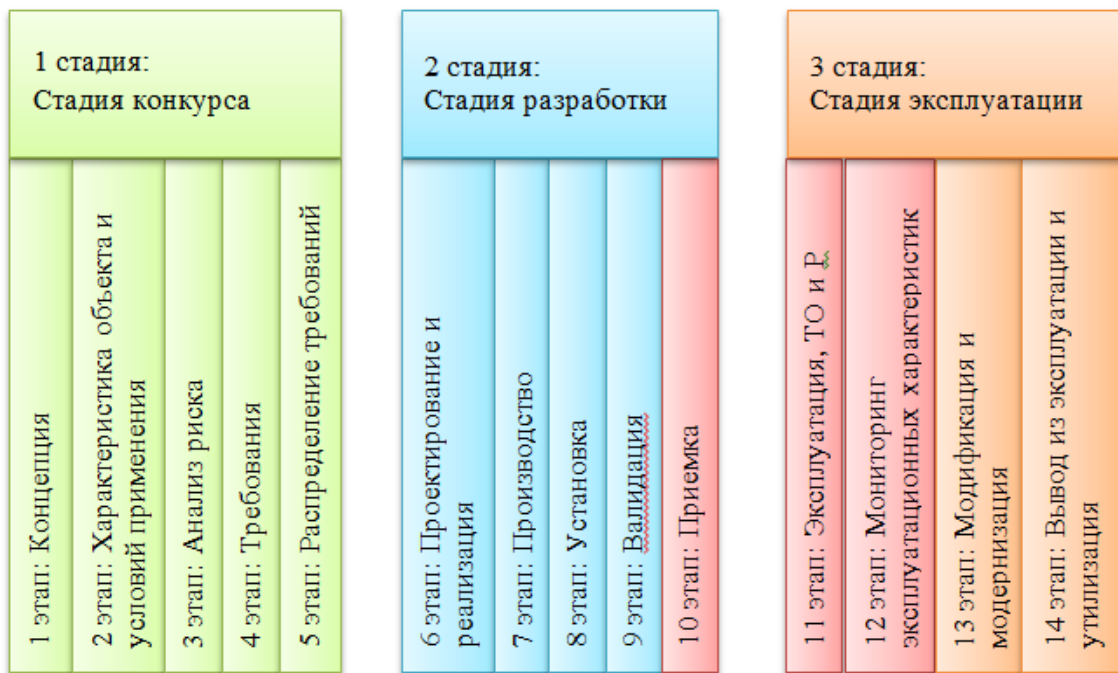


Рисунок 4.1 – Основные этапы жизненного цикла опоры контактной сети

Проведение основных видов ремонта устройств на этапе эксплуатации позволяет лишь отсрочить наступление состояния отказа [97]. При увеличении предельного срока эксплуатации проведение любых видов ремонта, кроме полной замены, не позволит содержать ни один из объектов эксплуатации в исправном состоянии, а лишь поддерживать работоспособное состояние. Таким образом, в настоящее время отсутствуют такие технологии, которые позволили бы восстанавливать объекты эксплуатации до полноценного исправного состояния без замены. Поэтому, проводя частичное восстановление разрушенного слоя бетона, железобетонных опор контактной сети, находящихся в эксплуатации дольше за-

явленного срока службы, не решает проблему накопления микроповреждений и усталости материала, при воздействии постоянных нагрузок. Наоборот, как показали расчеты и опытные данные, такой подход способствует каскадному переходу к состоянию отказа, что в дальнейшем проявится в наиболее частом отказе опор.

Вся сложность действующих подходов к диагностике опорного парка заключается в выполнении большого количества условий до проведения необходимого объема работ, связанных с принятием мер, направленных на частичную или полную их замену. Для наглядности на рисунке 4.1 приведен алгоритм действующего подхода к определению технического состояния опор контактной сети на участке железной дороги. Отсутствие системности отказов лишь при поверхностном рассмотрении кажется именно таким, когда практически не представляется возможным определить достоверную причину их возникновения. Существующая наука диагностики технических средств, основанная на вероятностно-статистических подходах, позволяет достаточно достоверно описать происходящие процессы и определить необходимость проведения работ, направленных на замену или ремонт опор контактной сети.

Применяя существующие инструкции, разработанные для безаварийной эксплуатации опор контактной сети, определены следующие выполняемые мероприятия (К-146, ЦЭ-868):

1. До ввода в эксплуатацию: приемка. Оценка качества изготовления опор и соответствия параметров установленным стандартам и конструкторской документации.
2. Перед непосредственным вводом в эксплуатацию: измерение сопротивления опор при осуществлении новой электрификации до подачи напряжения в контактную сеть.
3. В ходе текущей эксплуатации:
 - контроль угла наклона опор контактной сети (признак α), контроль габаритных расстояний, визуальное обследование опор и фундаментов;
 - проверка состояния подземной части опор и фундаментов при индивидуальных заземлениях на участках постоянного тока с откопкой. При исправных

защитных устройствах проверка должна осуществляться не реже 1 раза в 3 года (получение признаков v , v , R_1 , R_2);

– проверка состояния надземной части железобетонных опор не позднее 12 лет после ввода в эксплуатацию, далее через 6 лет (получение признаков v , v , R_1 , R_2);

– выборочную диагностику осуществляют не позднее 12 лет после ввода в эксплуатацию;

– сплошную диагностику надземной части следует проводить при достижении опорами срока эксплуатации 40 и более лет, далее 1 раз в 3 года (или на усмотрение владельца инфраструктуры);

Таким образом, в настоящее время эксплуатация железобетонных опор контактной сети осуществляется по схеме, представленной на рисунке 4.2.

Для решения задачи по определению технического состояния железобетонных опор контактной сети и принятия мер по обеспечению безопасности перевозочного процесса необходимо разработать соответствующий алгоритм последовательно выполняемых действий [16, 19, 70].

Автором разработан и предложен к применению алгоритм комплексного подхода к диагностике опор контактной сети, на основе контроля нескольких их параметров контроля значительно упрощает процесс принятия решений по замене или продлению срока службы опор контактной сети на рассматриваемом участке (рисунок 4.3). Выполненная диагностика приборным парком нуждается в наиболее точной обработке полученных данных при определении технического состояния, после чего необходимо провести расчет с точки зрения экономической целесообразности выполняемых действий, направленных на повышение надежности и безопасности перевозочного процесса.

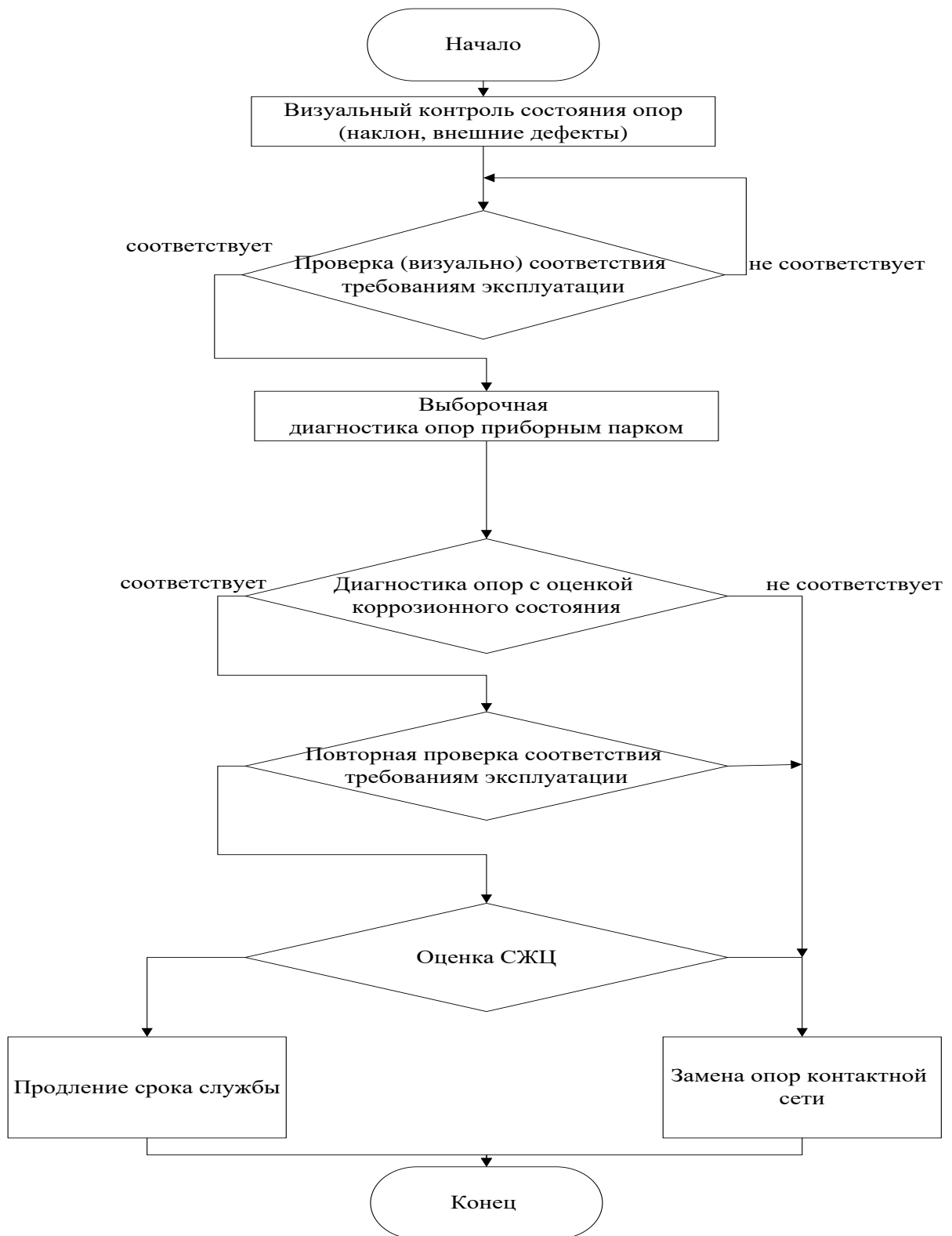


Рисунок 4.2 – Блок-схема действующего алгоритма организации работ по диагностике опор контактной сети и оценка стоимости жизненного цикла

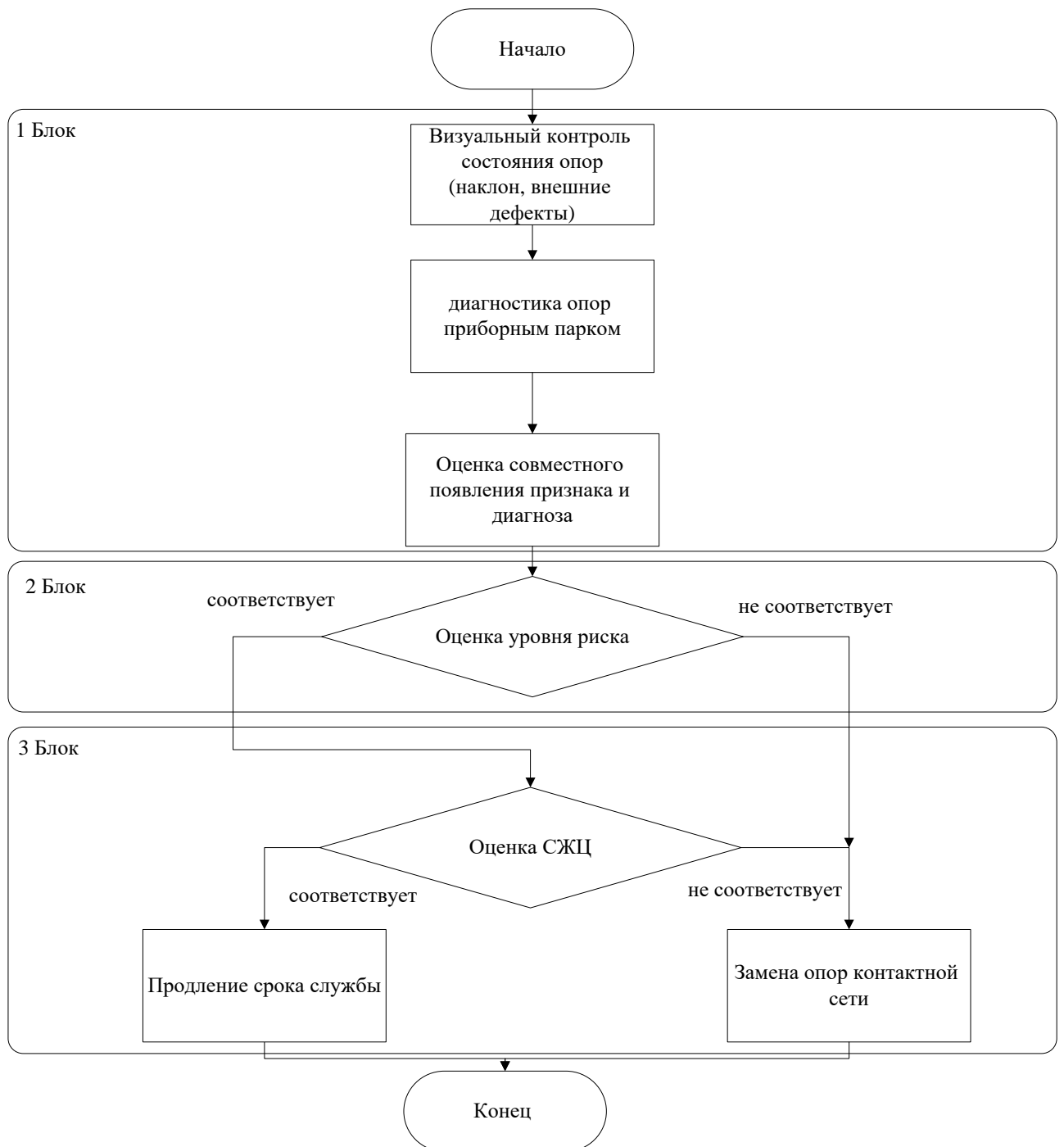


Рисунок 4.3 – Блок-схема организации комплексной диагностики опоры контактной сети с учетом ее срока эксплуатации

Первый блок в схеме (рисунок 4.3) отвечает за достоверность полученной информации. В связи с тем что объем работ по проведению диагностических испытаний при комплексной диагностике достаточно большой, то с целью оптимизации трудозатрат, диагностика опор выполняется в несколько этапов.

На первом этапе осуществляется визуальная проверка технического состояния опор на соответствие с нормативными показателями содержания опорного

парка. Опоры осматриваются на предмет наличия трещин, величину их раскрытия, определяется угол наклона, выполняется соотнесение с требованиями инструкции. Так, например, на диагностируемом участке выявлено 16 опор различной степени дефектности [106]:

8 опор с дефектом 1Ц – наблюдались не более двух местных выколов в надземной части железобетонной опоры контактной сети площадью 50 см^2 по длине до двух метров с оголением арматуры;

4 опоры с дефектом 2Ц – выявлено частичное выветривание поверхностного слоя бетона в надземной части опор;

1 опора с дефектом 5Ц – выявлены не более трех трещин с раскрытием защитного слоя бетона от 0,15 до 3,0 мм в надземной части опоры;

1 опора с дефектом 7Ц – выявлена сетка продольных трещин защитного слоя бетона в надземной части опоры;

2 опоры имеют недопустимый угол наклона.

Вторым этапом первого блока алгоритма проводится комплексная диагностика всего участка. Выполняется оценка технического состояния железобетонных опор с применением приборного парка. В такую оценку выполняется сплошная диагностика опор, расположенных на участке испытаний. Автором работы выполнена диагностика 227 опор, расположенных на выбранном участке железной дороги. Каждым прибором диагностики выполнены испытания опор контактной сети. Проведенные испытания позволили выявить ряд неисправных опор. На основании испытаний, опоры, показатели которых соответствуют нормативным, по данным всех приборов диагностики, считаются исправными. Опоры, значения параметров которых расходятся по показаниям приборов, проверяются на основании разработанной методики (второй блок алгоритма). Таким образом, заканчивается выполняемая работа первого блока алгоритма.

Работа второго блока алгоритма включает в себя более точную постановку диагноза на основе разработанной методики комплексной диагностики железобетонных опор контактной сети. Определяется точное количество неисправных опор, после чего рассчитывается уровень риска нарушения безопасности от отказа

опоры контактной сети. Автором диссертации рассчитана величина уровня риска выбранного участка, выявлен недопустимый уровень риска, который не соответствует требованиям нормативно-технической документации. После определения уровня риска алгоритм переходит к третьему блоку, при необходимости выполняется повторная проверка на соответствие требованиям нормативно-технической документации. При определении уровня риска, не соответствующего требованиям нормативно-технической документации после повторной проверки, должно приниматься решение о сплошной замене опор на диагностируемом участке ввиду недопустимого уровня риска.

Третий блок алгоритма включает в себя расчет стоимости жизненного цикла. Результаты разработанной методики комплексной диагностики железобетонных опор контактной сети позволили выявить точное количество опор, которые необходимо подвергнуть замене для снижения риска нарушения безопасности для движения поездов. При помощи математической модели, разработанной автором диссертации в третьей главе, определено, что через 5 лет на выбранном участке железной дороги произойдет лавинообразное снижение несущей способности опор контактной сети ниже допустимой величины.

На основании прогнозируемых данных выполняется расчет стоимости жизненного цикла (СЖЦ), направленный на определение затрат как на сплошную, так и на частичную замену опор, обеспечивающий продление срока службы выбранного участка железной дороги сроком на 5 лет [71].

4.3 Расчет стоимости жизненного цикла железобетонной опоры контактной сети в случае замены или продления ее срока службы

Методология управления ресурсами, рисками, анализа надежности технических средств на железнодорожном транспорте включает в себя расчет стоимости жизненного цикла. Подобный расчет определяет экономическую целесообразность выбора мероприятий, направленных на снижение уровня риска [51, 91, 98].

Основу СЖЦ составляют затраты, которые приходится на приобретение и обслуживание опор на участке железной дороги в течение всего срока жизненного цикла, а также затраты, связанные с восстановлением движения поездов в случае отказа опор контактной сети. Оптимизация СЖЦ направлена на выбор между полной заменой и продлением опор контактной сети на исследуемом участке для обеспечения самой низкой СЖЦ при условии достижения допустимого уровня риска и необходимого уровня надежности, для обеспечения безопасности [38].

СЖЦ объектов железнодорожного транспорта включает в себя единовременные (инвестиции) и текущие (эксплуатационные) расходы в течение срока службы (срока полезного использования объекта). Кроме того, следует учитывать расходы, связанные с исключением объекта из эксплуатации (утилизация) [83].

Рассмотрим, что необходимо сделать для оценки СЖЦ участка железной дороги контактной сети в случае полной или частичной замены опор:

- определить, из чего состоят затраты жизненного цикла;
- выявить ряд причин, которые влияют на СЖЦ, и оценить количественные показатели степени их влияния;
- сформировать нормы для принятия окончательного решения о продлении срока службы железобетонных опор контактной сети или их замены.

Жизненный цикл опоры контактной сети сопряжен с затратами на:

- приобретение и установку (разработку и проектирование, материалы, логистику, строительство, наладку, тестирование);
- техническое обслуживание (материалы, транспортировка, обслуживание машин и оборудования);
- плановые виды ремонта (включающие в себя затраты на проведение текущего ремонта и капитального ремонта);
- работы, направленные на ликвидацию последствий от отказов опор контактной сети (учитывается объем времени простоя подвижного состава, дополнительные затраты на заработную плату);
- утилизацию (демонтаж, вывоз, утилизация).

К определению стоимости жизненного цикла сводятся вычисления приведенных затрат на конкретный год эксплуатации при помощи коэффициента дисконтирования. Коэффициент дисконтирования позволяет отслеживать скорость обесценивания стоимости основных фондов объектов железнодорожного транспорта, зависящий от ставки дисконтирования [71, 72].

Введение в расчеты СЖЦ коэффициента дисконтирования позволяет учитывать текущий уровень инфляции. Норма дисконта обуславливает реальную стоимость объекта в интересующий момент времени. Данный подход при вычислении СЖЦ любого технически сложного объекта учитывает величину процентных ставок по долгосрочным кредитам, величину изменения инфляции по отношению к отдельным продуктам и ресурсам, а также уровень различных видов риска при возможной задолженности по кредитам и займам [57].

Коэффициент дисконтирования определяется из выражения

$$\alpha_t = \frac{1}{(1 + E)^t}, \quad (4.1)$$

где E – ставка дисконтирования.

4.1.1 Расчет стоимости жизненного цикла участка эксплуатации в случае полной замены опор (реконструкции)

Стоимость жизненного цикла сложных технических систем железнодорожного транспорта, в частности железобетонной опоры контактной сети, определяется по формуле [57]

$$\text{СЖЦ} = C_{\text{пр}} + C_{\text{пут}} + \sum_{t=1}^T C_{\text{пто}} + \sum_{t=1}^T C_{\text{ппл}} + \sum_{t=1}^T C_{\text{по}}, \quad (4.2)$$

где $C_{\text{пр}}$ – затраты, связанные с приобретением опоры, руб;

$C_{\text{пут}}$ – затраты на утилизацию, руб;

$C_{\text{пто}}$ – приведенные затраты на техническое обслуживание, руб;

$C_{\text{ппл}}$ – приведенные затраты на плановые виды ремонта, руб;

$C_{\text{по}}$ – приведенные затраты, связанные с отказом, руб; t – текущий год эксплуатации, лет;

T – конечный год эксплуатации (устанавливаемый в соответствии с техническими требованиями), лет.

Годовые эксплуатационные расходы потребителя определяются исходя из прямых материальных и трудовых затрат, а также расходов на содержание и эксплуатацию новой (модернизированной) техники (техническое обслуживание, текущие, капитальные и неплановые ремонты). Поэтому, в целях сопоставимости расчетов, расходы при использовании новой (модернизированной) техники по сравнению с базовой рассчитываются на одинаковый годовой объем работы, выполняемой новым устройством, среднегодовую стоимость жизненного цикла оценивают по формуле [57]

$$\text{СЖЦ}_{\text{ср}} = \frac{\text{СЖЦ}}{\frac{1}{E} \cdot \left(1 - \frac{1}{(1+E)^T} \right)}. \quad (4.3)$$

В случае реконструкции, вначале определяются затраты на приобретение новых опор по формуле

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{об}} + C_{\text{уст}} + C_{\text{дост}}, \quad (4.4)$$

где $C_{\text{об}}$ – стоимость оборудования;

$C_{\text{уст}}$ – стоимость установки;

$C_{\text{дост}}$ – стоимость доставки.

Далее выполняется расчет затрат на техническое обслуживание:

$$C_{\text{то}} = (C_{\text{эл}} + C_{\text{мм}} + C_{\text{МнО}} + C_{\text{т}}) \cdot (1 + 0,03), \quad (4.5)$$

где $C_{\text{мм}}$ – затраты на материалы и механизмы;

$C_{\text{МнО}}$ – затраты на машины и оборудование;

$C_{\text{т}}$ – затраты на топливо;

0,03 – вероятность дополнительных затрат на техническое обслуживание в случае замены.

После определения затрат на техническое обслуживание участка определяются приведенные затраты по формуле

$$C_{\text{пто}} = C_{\text{то}} \cdot \alpha(1 + 0,03). \quad (4.6)$$

Далее определяются затраты на плановые виды ремонта:

$$C_{\text{пр}} = (C_{\text{тр}} + C_{\text{кр}}) \cdot (1 + 0,03), \quad (4.7)$$

где $C_{\text{тр}}$ – затраты на текущий ремонт;

$C_{\text{кр}}$ – затраты на капитальный ремонт.

Затем выполняется расчет приведенных затрат на плановые виды ремонта на каждый год эксплуатации:

$$C_{\text{ппр}} = C_{\text{пр}} \cdot \alpha(1+0,03). \quad (4.8)$$

Необходимо учитывать возникновение различных аварийных ситуаций, связанных с отказами, поэтому при расчете стоимости жизненного цикла определяются возможные затраты от отказа опор контактной сети по следующей формуле:

$$C_o = 24 \cdot C_{1ч} \cdot t_{от} \cdot C_{ро}, \quad (4.9)$$

где $C_{1ч}$ – стоимость одного часа простоя;
 $t_{от}$ – время простоя.

$$t_{от} = K_{п} \cdot \text{ФРВ}, \quad (4.10)$$

где $K_{п}$ – коэффициент простоя;
 ФРВ – фонд рабочего времени;
 $C_{ро}$ – затраты на ремонт после отказа.

$$C_{ро} = C_{отказ} \cdot 0,01(1+0,03), \quad (4.11)$$

где $C_{отказ}$ – затраты на отказ.

После определения возможных затрат, вызванных отказом опор, выполняется расчет приведенных затрат:

$$C_{по} = C_o \cdot \alpha(1+0,03). \quad (4.12)$$

Затраты, связанные с утилизацией опор, определяются по формуле

$$C_{yTo} = C_{дем} + C_{выв} + C_{ут} - D_{ут}, \quad (4.13)$$

где $C_{дем}$ – стоимость демонтажа;
 $C_{выв}$ – стоимость вывоза;
 $C_{ут}$ – стоимость утилизации;
 $D_{ут}$ – доходы от утилизации.

Определяются затраты, связанные с утилизацией в конце срока службы. Для этого, берется коэффициент дисконтирования, рассчитанный для последнего года эксплуатации:

$$C_{ут} = C_{yTo} \cdot \alpha. \quad (4.14)$$

4.1.2 Расчет стоимости жизненного цикла в случае частичной замены опор (продление срока службы участка эксплуатации)

Началом расчета при продлении срока службы является определение затрат на оценку фактического состояния участка эксплуатации:

$$C_{осв} = C_{оцен} + C_{докум}, \quad (4.15)$$

где $C_{оцен}$ – оценка фактического состояния;
 $C_{докум}$ – затраты на документальное оформление результатов оценки.

Проверку состояния опор осуществляют по разработанной методике комплексной диагностики. С учетом действующих инструкций разрабатываются графики технического обслуживания. Затраты на техническое обслуживание рассчитываются по формуле

$$C_{\text{то}}=(C_{\text{зп}}(1+0,02)+C_{\text{мм}}(1+0,02)+C_{\text{МиО}}(1+0,02)+C_{\text{Т}}(1+0,02))\cdot(1+0,05), \quad (4.16)$$

где 0,05 – вероятность дополнительных затрат на техническое обслуживание в случае продления срока службы.

После определения затрат на техническое обслуживание участка определяются приведенные затраты на техническое обслуживание на каждый год эксплуатации по формуле

$$C_{\text{пто}} = C_{\text{то}} \cdot \alpha(1+0,05). \quad (4.17)$$

Далее определяются затраты на плановые виды ремонта:

$$C_{\text{пл}} = (C_{\text{тр}}(1+0,2)+C_{\text{кр}}(1+0,2))\cdot(1+0,05). \quad (4.18)$$

Затем выполняется расчет приведенных затрат на плановые виды ремонта на каждый год эксплуатации:

$$C_{\text{шпл}} = (1+0,05)C_{\text{пл}} \cdot \alpha_{\text{т}}. \quad (4.19)$$

Расчет затрат, связанных с отказами, выполняется по аналогичной формуле (4.9). Возрастают затраты, направленные на ремонт после отказа которые определяются по формуле

$$C_{\text{ро}}=C_{\text{отказ}} \cdot 0,03(1+0,05). \quad (4.20)$$

Далее выполняется расчет приведенных затрат:

$$C_{\text{по}} = C_{\text{o}} \cdot \alpha(1+0,05). \quad (4.21)$$

Затраты, связанные с утилизацией опор, определяются по формуле (4.13).

В итоге расчет СЖЦ для случая продления срока эксплуатации опор на участке выполняется по следующей формуле:

$$\text{СЖЦ} = C_{\text{осв}} + C_{\text{ут}} + \sum C_{\text{пто}} + \sum C_{\text{пл}} + \sum C_{\text{по}}. \quad (4.22)$$

Приводя стоимость жизненного цикла к среднегодовой по формуле (4.3), выполняется сравнение полученных результатов расчета исходя из следующего условия:

$$F = \overline{\text{СЖЦ}}_3 - (1 + k_{\text{мод}}) \cdot \overline{\text{СЖЦ}}_{\text{п}}, \quad (4.23)$$

где $\overline{\text{СЖЦ}}_3$ – среднегодовая стоимость жизненного цикла, руб.;

$\overline{\text{СЖЦ}}_{\text{п}}$ – среднегодовая стоимость жизненного цикла несущего троса в случае продления срока его службы, руб.;

$k_{\text{мод}} \in [0; 0,2]$ – коэффициент модернизации.

Решение по проведению работ, связанных с полной заменой опор контактной сети на выбранном участке железной дороги, принимается в том случае, если величина $F < 0$, что будет соответствовать экономической целесообразности принятого решения. При $F > 0$ должно приниматься решение о продлении срока службы рассматриваемого участка железной дороги путем замены части опор, влияющих на увеличение риска нарушения безопасности движения поездов от отказа опор [57].

Итогом расчета среднегодовой СЖЦ в случае полной замены опор на рассматриваемом участке железной дороги получаются затраты, равные 13,7 млн руб., СЖЦ в случае продления срока службы будет 16,6 млн руб.

Таким образом при существующем уровне риска и выполненном расчете СЖЦ целесообразно выполнить полную замену 226 опор контактной сети, при этом экономия за пять лет будет составлять 3,1 млн руб.

Все три блока в отдельности характеризуют этапы жизненного цикла опоры из общего их количества, принятых в методологии УРРАН. Соответственно, работа представленного алгоритма учитывает жизненный цикл участка железной дороги, в данном случае техническое состояние железобетонных опор контактной сети.

Выводы по четвертой главе

1. Выполнен анализ основных подходов к оценке технического состояния опорного хозяйства на участках железных дорог, выявлена необходимость обновленных подходов.

2. Разработан алгоритм оценки технического состояния, при помощи которого возможно оценить состояние опор на участках железной дороги и возможные риски от их отказа, повысить надежность работы участка железной дороги за счет своевременного выявления железобетонных опор, находящихся в предельном состоянии, и оценить экономическую целесообразность применяемых действий по снижению уровня риска.

3. Выполнен расчет стоимости жизненного цикла для случая полной замены опор контактной сети на исследуемом участке, среднегодовая стоимость жизненного цикла составит 13,7 млн руб. Выполнен расчет среднегодовой стоимости жизненного цикла в случае продления срока службы опор, которая на выбранном участке составит 16,6 млн руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе на основе применения методов теории вероятности, математической статистики, расчетов разработанной математической модели, а также инструментального контроля с применением приборов диагностики на объектах эксплуатации дано новое решение актуальной научно-технической задачи по комплексной диагностике опор контактной сети.

Проведенные научные исследования позволяют сформулировать следующие выводы:

1. Анализ существующих отечественных и зарубежных подходов к определению технического состояния, а также анализ эксплуатационной надежности железобетонных опор контактной сети в границах Свердловской железной дороги позволил определить перспективу развития комплексного подхода к диагностике железобетонных опор.

Подход к комплексной диагностике содержит в себе контроль нескольких параметров совместно с методами статистического анализа и теории вероятности.

2. Разработан новый подход к комплексной диагностике нескольких параметров железобетонных опор контактной сети. Совместное применение теоремы Байеса и метода последовательного анализа позволяет наиболее достоверно определить техническое состояние, задаваясь необходимым уровнем точности (коэффициенты α и β , равные 0,05), который указывает на границы принятия решений. Комплексная диагностика выбранного участка показала неисправность 18 опор контактной сети. По результатам проведения комплексной диагностики опор для управления безопасностью на выбранном участке, применен новый подход к оценке риска задержки поездов от падения опоры, который составил 0,394 час/год, учитывающий не произошедшие отказы опор контактной сети, а выявленные неисправные опоры, при наличии которых не допускается эксплуатация участка железной дороги.

3. Разработана математическая модель процесса изменения несущей способности опор контактной сети, которая подтверждается результатами экспериментальных исследований. Определен ряд нормативных значений несущей способности, изменяющихся в пределах от 1,6 до 1, что характеризует возможность опоры воспринимать приложенные нагрузки.

На основе математической модели исследован процесс снижения несущей способности опор контактной сети. Полученные численные результаты расчетов прогнозируемых значений сошлись с результатами эксперимента в пределах 3%.

4. Предложен алгоритм комплексной диагностики опоры контактной сети, который позволил сформировать систему контроля технического состояния опор контактной сети. Определена стоимость жизненного цикла рассматриваемого участка эксплуатации: для случая продления срока службы – 16,6 млн руб, для случая полной замены опор контактной сети – 13,7 млн руб.. Руководствуясь результатами диагностики и экономическим обоснованием, значительно упрощается процесс разработки мероприятий по повышению надежности и безотказности перевозочного процесса. По итогам исследования предложено на рассмотренном участке эксплуатации выполнить полную замену опор контактной сети (проведение капитального ремонта).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ балловой оценки состояния контактной сети Свердловской дирекции по энергообеспечению за 2016 год.
2. Анализ балловой оценки состояния контактной сети Свердловской дирекции по энергообеспечению за 2017 год.
3. Анализ балловой оценки состояния контактной сети Свердловской дирекции по энергообеспечению за 2018 год.
4. Анализ балловой оценки состояния контактной сети Службы электрификации и электроснабжения за 2013 год.
5. Анализ балловой оценки состояния контактной сети Службы электрификации и электроснабжения за 2014 год.
6. Анализ балловой оценки состояния контактной сети Службы электрификации и электроснабжения за 2015 год.
7. Анализ производственно-хозяйственной деятельности свердловской дирекции по о энергообеспечению ТРАНСЭНЕРГО в 2018 году, филиала ОАО «РЖД». – Москва, 2018. – 197 с.
8. Анализ производственно-хозяйственной деятельности свердловской дирекции ТРАНСЭНЕРГО в 2016 году, филиала ОАО «РЖД», – Москва, 2016. – 210 с.
9. Анализ работы хозяйства электрификации и электроснабжения в 2013 году. Управление электрификации и электроснабжения Центральной дирекции инфраструктуры – филиала ОАО «РЖД», – Москва, 2013. – 122 с.
10. Анализ работы хозяйства электрификации и электроснабжения в 2014 году. Управление электрификации и электроснабжения Центральной дирекции инфраструктуры – филиала ОАО «РЖД», – Москва, 2014. – 112 с.
11. Анализ работы хозяйства электрификации и электроснабжения в 2015 году. Управление электрификации и электроснабжения Центральной дирекции инфраструктуры – филиала ОАО «РЖД», – Москва, 2015. – 109 с.

12. Беляев, И.А. Устройства контактной сети на зарубежных дорогах./ И.А. Беляева – Москва : Транспорт, 1991. – 192 с. – ISBN 5-277-01200-1.

13. Беляев, И.А. Устройство и обслуживание контактной сети при высокоскоростном движении./ И.А. Беляева – Москва : Транспорт, 1989. – 144 с. – ISBN 5-277-00549-8.

14. Бережная, Е.В. Математические методы моделирования экономических систем : учебное пособие/ Е.В. Бережная, В.И. Бережной – 2-е издание, переработанное и дополненное – Москва : Финансы и статистика, 2006. – 432 с.

15. Бродкорп, А. Планирование ремонта и технического обслуживания контактной сети с применением вычислительной техники] / А.Бродкорп // Ж.д. трансп. за рубежом. Сер. Электрификация. Автоматика и связь. АСУ : ЭИ/ЦНИИТЭИ МПС. – 1992. – Вып. 10. – С .5-9.

16. Вологин, В.А. Обеспечение надежного токосъема в зоне ИССО без увеличения габарита при повышении скорости движения / В.А. Вологин. – Москва, 2001.– 34 с.

17. Галкин, А.Г. Влияние угла наклона опоры на высоту подвеса контактного провода относительно уровня головки для скоростных и высокоскоростных контактных подвесок / А.Г. Галкин, А.А. Ковалев, А.В. Микава // Известия Транссиба. – 2018. – № 4 (36). – С. 69-75.

18. Галкин, А.Г. Математическое моделирование и информационные технологии в задачах диагностики контактной сети электрифицированных железных дорог / А.Г. Галкин, А.Н. Митрофанов, С.А. Митрофанов // Екатеринбург, 2012.

19. Галкин, А.Г. Модель комплексной транспортной услуги как перспектива развития грузовых перевозок / А.Г. Галкин, В.В. Зубков, Н.Ф. Сирина // Транспорт Урала. – 2018. – № 1 (56). – С. 7-11.

20. Галкин, А.Г. Обслуживание опор контактной сети / А.Г. Галкин, А.А. Ковалев // Транспорт Урала. – 2008. – № 1 (16). – С. 60-64.

21. Галкин, А.Г. Основы теории надежности : конспект лекций / А. Г. Галкин, А. А. Ковалев. – Екатеринбург, 2010.

22. Галкин, А.Г. Теоретические принципы построения модели риск-анализа процессов содержания объектов инфраструктуры ОАО "РЖД" / А.Г. Галкин, С.А. Митрофанов // Известия Академии управления: теория, стратегии, инновации. – 2011. № 3. – С. 29-39.

23. Галкин, А. Г. Теория и методы расчетов процессов проектирования и технического обслуживания контактной сети : дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.07 / Галкин Александр Геннадьевич. – Екатеринбург, 2002. – 370 с.

24. Галкин, А.Г. Разработка моделей разрегулировки зигзагов и уклонов контактных проводов / А.Г. Галкин. – Екатеринбург, 2002. – 22 с. Деп. в ВНИИАС МПС (ЦНИИТЭИ) 20.05.02, №6382-жд02.

25. Гликман, А.С. Прогнозирование аварийного состояния объектов / А.С. Гликман // Технауцпром. – URL: http://www.ftnp.ru/prognoz_avariy.htm (дата обращения 26.06.2019).

26. Голубков, А.С. Применение байесовских сетей для совершенствования систем диагностики устройств электроснабжения железных дорог / А.С. Голубков, А.Н. Смердин, Г.Р. Ермачков, А.В. Рыжков // В сборнике: Фундаментальные основы, теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики материалы 18 Международной молодежной науч.-практ. конф. – 2017. – С. 173-182.

27. Гордон, Ш. Контактные подвески линий TGV / Ш. Гордон // Железные дороги мира. – 1991. – № 4. – С. 14-17.

28. ГОСТ Р 8.736–2011 Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. – Москва : Стандартинформ, 2013. – 24 с.

29. Григорьев, В. Л. Выбор опор контактной сети и линий электропередачи/ В. Л. Григорьев, В.П. Михеев, В.Н. Яковлев // Железнодорожный транспорт. 1998. №9. С. 30-32.

30. Гуков, А. И. Диагностика опор контактной сети/ А.И. Гуков // Электрическая и тепловая тяга. – 1980. – № 12. – С. 34-35.

31. Гуков, А. И. Поведение потенциала стали в бетоне при ее коррозии блуждающими токами / А. И. Гуков, А. В. Чадин // Тр. МИИТа, – Москва. – 1978. – Вып. 604. – С. 173-180.
32. Демченко, А.Т. Пространственные контактные подвески / А.Т. Демченко. – Москва: Транспорт, 1991. – 175 с. – ISBN 5-277-00645-1.
33. Дитрих, Г. Подготовка и проведение работ по техническому содержанию контактной сети / Г. Дитрих // Ж.-д. трансп. за рубежом. Сер. Электрификация. Автоматика и связь. АСУ: ЭИ/ЦНИИТЭИ МПС. – 1992. – Вып. 10. – С. 9-14.
34. Ефимов, А.В.. Роль информации об отказах в управлении системой электроснабжения электрических железных дорог. / А.В. Ефимов, А.Г. Галкин // Повышение эффективности и надежности устройств электроснабжения : сб. науч. тр. – Москва: МИИТ, 1988. – Вып.788.– С. 78-84.
35. Железные дороги мира : сборник статей. – Москва: № 3, 2010. – С.9-22.
36. Журкин, В. В. Контактная сеть высокоскоростной магистрали Москва – Санкт-Петербург: технические требования и основные технические решения / В.В. Журкин, Е.В. Кудряшов, В.В. Мунькин // Материалы пятого международного симпозиума «Элтранс-2009»: Электрификация, инновационные технологии, скоростное и высокоскоростное движение на железнодорожном транспорте. – Санкт-Петербург: ПГУПС. – 2010. – С. 99-103.
37. Карпелевич, Ф.И. Элементы линейной алгебры и линейного программирования / Ф.И. Карпелевич, Л.Е. Садовский. – Москва: Изд-во Физико-математической литературы, 1963. – 275 с.
38. Ковалев, А.А. Определение стоимости жизненного цикла сложных технических систем / А.А. Ковалев, А.В. Микава, А.В. Окунев // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2013. – № 2 (50). – С. 15.
39. Ковалев, А.А. Оценка состояния опор контактной сети на протяжении жизненного цикла / А.А. Ковалев, А.В. Окунев // Инновационный транспорт. – 2015. – № 3 (17). – С. 23-29.
40. Ковалев, А.А. Оценка степени влияния наклона опор контактной сети на безопасность движения железнодорожного транспорта / А.А. Ковалев,

Ф.С. Несмелов // В сборнике: Электроснабжение железных дорог : межвузовский тематический сборник научных трудов. Омский государственный университет путей сообщения ; под ред. Г. П. Маслова. – Омск, 2010. – С. 44-51.

41. Ковалёв, А.А. Прогноз эксплуатационной надёжности опор контактной сети / А.А. Ковалев // Электрика. – 2008. – № 1. – С. 39.

42. Ковалев, А.А. Развитие инфраструктурного комплекса системы токо-схема / А.А. Ковалев // Инновационный транспорт. – 2013. – № 2 (8). – С. 43-46.

43. Ковалев, А.А. Формирование управляющих воздействий на контактной сети с учетом процесса разрегулировок опор / А.А. Ковалев // Екатеринбург, – 2013.

44. Кондратьев, Ю.В. Развитие опорного хозяйства железных дорог с учетом работы защит фидеров контактной сети без заземления опор на рельсы / Ю.В. Кондратьев, И.А. Кремлев, И.А. Терехин // В сборнике: Инновационные проекты и технологии в образовании, промышленности и на транспорте Материалы научно-практической конференции. Омский государственный университет путей сообщения. – 2014. – С. 63-67.

45. Контракт жизненного цикла [Электронный ресурс] / ОАО «Скоростные магистрали» – Москва, 2012. – URL: <http://www.hsrail.ru/press-center/news/150.html> (дата обращения 26.06.2019).

46. Концепция комплексного управления надежностью, рисками, стоимостью жизненного цикла на железнодорожном транспорте (редакция 1.1). – Москва: ОАО «РЖД», 2010. – 132 с.

47. Коптев, А.А. Монтаж контактной сети переменного тока / А.А. Коптев. – Москва : Транспорт, 1965. – 148 с.

48. Кострикин, К.О. Стоимость жизненного цикла железнодорожного подвижного состава / К.О. Кострикин, И.А. Скок // Экономика железных дорог. – 2012. – № 1. – С. 32-41.

49. Кремлев, И.А. Расчетная модель электрического сопротивления железобетонных фундаментов опор контактной сети / И.А. Кремлев,

Ю.В. Кондратьев, И.А. Терёхин // Известия Транссиба. – 2014. – № 2 (18). – С. 65-69.

50. Кудрявцев, А.А. Разрушение фундаментов транспортных сооружений при электрокоррозии / А.А. Кудрявцев, В.Г. Каратаев, С.Е. Гуков, Е.В. Дегтяренко // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2010. – № 4 (25). – С. 178-186.

51. Кудряшов, Е. В. Технические решения и опыт адаптации контактной сети КС-200 для скоростей движения 250 км/ч на экспериментальных анкерных участках / Е. В. Кудряшов, В. В. Журкин, А.Ю. Харитонов // Материалы третьего международного симпозиума «Элтранс-2005»: Электрификация и развитие энергосберегающей инфраструктуры и электроподвижного состава на железнодорожном транспорте. – Санкт-Петербург:, ПГУПС, 2007. – С. 241-248.

52. Ли, В.Н. Влияние вибродинамического воздействия поездов на опору контактной сети / В.Н. Ли, А.С. Сапов // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2011. – № 4 (29). – С. 128-134.

53. Ли, В.Н. Влияние прочностных свойств грунта на стабильность откосов земляного полотна и устойчивость опор контактной сети / В.Н. Ли, А.С. Сапов // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2011. – № 2. – С. 102-105.

54. Ли, В.Н. Дополнительные факторы образования трещин в железобетонных опорах контактной сети / В.Н. Ли, Л.С. Демина, А.С. Сапов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2013. – № 2 (50). – С. 111-117.

55. Ли, В.Н. Определение глубины заложения железобетонных опор акустическим методом / В.Н. Ли, А.С. Сапов // Известия Транссиба. – 2011. – № 1 (5). – С. 68-71.

56. Методика оценки рисков для контактной сети. – Москва: ОАО «РЖД», 2012. – 40 с.

57. Методика оценки эффективности продления срока службы основных средств хозяйства электрификации и электроснабжения ОАО "РЖД" на основе методологии УРРАН. – Москва : ОАО «РЖД», 2012. – 57 с.

58. Методика расчета показателей надежности и безопасности функционирования контактной сети. – Москва : ОАО «РЖД», 2012. – 61 с.

59. Митрофанов, С.А. Применение теории рисков для совершенствования показателей качества содержания контактной сети / С.А. Митрофанов, А.Г. Галкин // Инновационный транспорт. – 2015. – № 1 (15). – С. 66-70.

60. Михеев, В.П. Контактные сети и линии электропередачи: Учебник для вузов железнодорожного транспорта / В.П. Михеев – Москва : Маршрут, 2003. – 416 с. – ISBN 5-89035-086-2.

61. Надежность в технике. Методы оценки показателей надежности по экспериментальным данным: РД 50-690-89, Введены в действие 1991-01-01. – Москва : Издательство стандартов, 1990. – 132 с.

62. Нормы по производству и приемке строительных и монтажных работ при электрификации железных дорог (устройства контактной сети). СТН ЦЭ 12–00. Департамент электрификации и электроснабжения МПС РФ. – Москва : Трансиздат, 2000. – 88 с.

63. Нормы проектирования контактной сети. СТН ЦЭ 141–99. Департамент электрификации и электроснабжения МПС РФ. – Москва: Трансиздат, 2001. – 253 с.

64. Берг, О.Я. О причинах образования продольных трещин в центрифугированных опорах контактной сети / О. Я. Берг, Г. Н. Писанко, А. А. Смольянинов, Е. Н. Щербаков // Транспортное строительство. – 1965. – № 10. – С. 42-45.

65. Окунев, А.В. Комплексный подход к диагностике опор контактной сети / А.В. Окунев // Транспорт Урала. – 2018. – № 4 (59). – С. 91-96.

66. Окунев А.В. Надежность опор контактной сети на протяжении жизненного цикла / А.В. Окунев, Д.В. Яковлев // Инновационный транспорт. – 2017. – С. 112-119.

67. Окунев, А.В. Определение предельных состояний опор контактной сети на основе математического моделирования изменения их несущей способности / А.В. Окунев, А.Г. Галкин, А.А. Ковалев // Известия Транссиба. – 2019. – № 2 (38). – С. 82-90.

68. Окунев, А.В. Проблематика обслуживания опор контактной сети на протяжении жизненного цикла / А.В. Окунев // В сб.: Материали за XI международна научна практична конференция "Бъдещето въпроси от света на науката" – 2015. – С. 109-118.

69. Окунев, А.В. Разработка стратегии обслуживания опор контактной сети / А.В. Окунев // Инновационный транспорт. – 2018. – № 1 (27). – С. 63-66.

70. Окунев А.В.. Применение спиральной модели жизненного цикла для разработки инновационного программного продукта / А.В. Микава, А.А. Ковалев, А.В. Окунев // Инновации и инвестиции. – 2013. – № 4. – С. 19–23.

71. Окунев А.В. Разработка метода расчета жизненного цикла контактной подвески / А.В. Микава, А.Г. Галкин, А.А. Ковалев, А.В. Окунев // Транспорт Урала. – 2013. – № 3 (38). – С. 99–102.

72. Окунев А.В. Определение стоимости жизненного цикла сложных технических систем / А.В. Микава, А.А. Ковалев, А.В. Окунев // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2013. – № 50. – С. 15–19.

73. Орел, А.А. Обеспечение устойчивости опорных конструкций контактной сети в грунте / А.А. Орел // Железнодорожный транспорт. Электроснабжение железных дорог: ЦНИИТЭИ МПС. – 2004. – Вып. 1. – с. 12-18.

74. Основные данные по климату СССР. Комплексные характеристики тем-пературы и относительной влажности в совокупности за год. – Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1975. – 106 с.

75. Панфиль, Л.С. Определение эксплуатационной надежности контактной сети : сб. науч. тр. / Л.С. Панфиль // Повышение надежности устройств энерго-снабжения на Зап.-Сиб. ж. д. – Москва : ВНИИЖТ, 1966. – Вып. 319 – С 92-95.

76. Панфиль, Л.С. Эксплуатационная надежность контактной сети // Ж.д. трансп. Сер. Электрификация и энергетическое хозяйство: ЭИ/ ЦНИИТЭИ МПС. – 1973. – Вып 3 (77). – 16 с.

77. Пат. 1537761 Российская федерация, МПК E02D 27/42. Фундамент для пустотелых стоек опор контактной сети / Подольский В.И., Гуков А.И., Орел А.А., Малышев В.Г., Чуриков Д.Г. ; заявл. 16.03.1988 ; опубл. 23.01.1990.

78. Пат. 170556 Российская федерация, МПК В 60 М 1/12, В 60 М 5/00. Устройство заземления опор контактной сети участков постоянного тока железнодорожных станций / Кузнецов К.Б., Лесников Д.В. ; заявитель и патентообладатель ВГБОУ ВО «УрГУПС». – № 2016102266 ; заявл. 25.01.2016 ; опубл. 28.04.2017, Бюл. № 13. – 3 с. : ил.

79. Пат. 175748 Российская федерация, МПК В 60 М 5/00, В 60 М 3/00. Устройство заземления опор контактной сети электрифицированных железных дорог постоянного тока с применением комбинированного заземлителя / Кузнецов К.Б., Лесников Д.В. ; заявитель и патентообладатель ВГБОУ ВО «УрГУПС». – № 2017110564 ; заявл. 29.03.2017 ; опубл. 18.12.2017, Бюл. № 35. – 5 с. : ил.

80. Пат. 2262691 Российская федерация, МПК G 01 N 29/04. Способ определения состояния подземной части железобетонных опор контактной сети / Куликов В.А., Калинин Ф.А., Буткевич Л.М., Санников Д.А. ; заявитель и патентообладатель ООО «Научно-производственное предприятие «Метакон-Томич». – № 2004106199/28 ; заявл. 02.03.2004 ; опубл. 20.10.2005, Бюл. № 29. – 10 с. : ил.

81. Пат. 2347231 Российская федерация, МПК G01R 31/00. Способ неразрушающего контроля железобетонных опор контактной сети железнодорожного транспорта / Ефимов А.В., Паршин А.В., Русакова Е.А. ; заявитель и патентообладатель ВГБОУ ВО «УрГУПС». – № 2007111099/28 ; заявл. 26.03.2007 ; опубл. 20.02.2009, Бюл. № 5. – 6 с. : ил.

82. Пат. 2366927 Российская федерация, МПК G01N 17/02. Способ определения коррозионного состояния подземной части железобетонных опор [Текст] / Кандаев В.А., Свешникова Н.Ю., Кандаев А.В. ; заявитель и патентообладатель

ВГБОУ ВО «ОмГУПС». – № 2007145702/28 ; заявл. 10.12.2007 ; опубл. 10.09.2009, Бюл. № 25. – 4 с. : ил.

83. Пат. 372603 Российская федерация, МПК G01N 3/32. Способ контроля состояния подземной части железобетонных опор контактной сети / Калинин Ю.А., Буткевич Л.М., Подольский В.И., Второва Л.В. ; заявитель и патентообладатель ООО «Научно-производственное предприятие «Метакон». – № 2008133645/28 ; заявл. 11.08.2008 ; опубл. 10.11.2009, Бюл. № 31. – 7 с. : ил.

84. ПМГ 96-2009 «ГСИ. Результаты и характеристики качества измерений. Формы представления». – Москва: Стандартиформ, 2010. – 5 с.

85. Подольский, В.И. Некоторые особенности защиты опор контактной сети / В.И. Подольский, А.А. Царьков // Локомотив. – 2018. – № 5 (737). – С. 34-35.

86. Положение о корпоративной системе оплаты труда работников филиалов и структурных подразделений ОАО «РЖД». – Москва: ОАО «РЖД», 2007. – С. 61.

87. Правила содержания контактной сети, питающих линий, отсасывающих линий и линий электропередачи, утв распоряжением ОАО "РЖД" №753 от 25.04.2016.

88. Правила устройства и технической эксплуатации контактной сети электрифицированных железных дорог. ЦЭ – 868. Департамент электрификации и электроснабжения. – М. : Трансиздат, 2001. – 184 с.

89. Проект 32-07. Конструктивные решения устройств контактной сети для постоянного тока для скорости движения до 250 км/ч // ЗАО «Универсал – контактные сети». – Санкт-Петербург, 2007. – 205 с.

90. Проекты скоростного транспорта «РЖД»: ВСЖМ-1 [Электронный ресурс] / ОАО «Российские железные дороги» – Москва, 2012. – URL : <http://www.pro-rzd.com/oao-rzhd/proekty-skorostnogo-transporta-rzhd-vszhm-1.html> (дата обращения 26.06.2019).

91. Распоряжение ОАО «РЖД» от 27 декабря 2007 г. № 2459р «О методике определения стоимости жизненного цикла и лимитной цены сложных техниче-

ских систем железнодорожного транспорта». – Москва : ОАО «РЖД», 2007. – С. 44.

92. Расчет надежности. Основные положения.: ГОСТ 27.301-95.; Введ. 1997-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1996. – 131с.

93. Романовский, И.В. Дискретный анализ : учебное пособие / И.В. Романовский – 3-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург : Невский Диалект, 2003. – 320 с. : ил. – ISBN 5-7940-0114-3.

94. Руководство по эксплуатации ультразвукового тестера УК1401 АПЯС.412231.004 РЭ Акустические Контрольные Системы – Москва, 2013.

95. URL : <https://new.fips.ru/publication-web> (дата обращения 26.06.2019).

96. Сидоров, О.А. Влияние климатических условий на работу контактных подвесок : учебно-методическое пособие / О.А. Сидоров, А.Н. Смердин, И.Е. Чертков – Омск, 2015.

97. Сидоров, О.А. Прогнозирование износа элементов контактных пар устройств токосъема электрического транспорта (промежуточный) / О.А. Сидоров, А.Н. Смердин, В.В. Томилов, А.В. Тарасенко, И.Е. Чертков, В.В. Свешников, А.С. Голубков, В.М. Филиппов, О.А. Лукьянова, А.А. Орлов // Отчет о НИР (Омский государственный университет путей сообщения).

98. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. : ГОСТ 18322-78. Введ. 1980-01-01 ; взамен ГОСТ 18322-73. – Москва : Издательство стандартов, 1986. – 14с.

99. Скоробогатов, С.М. Иерархия трещинообразования бетона в изгибаемых железобетонных элементах / С.М. Скоробогатов //Транспорт Урала. – 2014. – № 2 (41). – С. 62-66.

100. Скоробогатов, С.М. Катастрофы и живучесть железобетонных сооружений (классификация и элементы теории) / С. М. Скоробогатов – Екатеринбург, 2009.

101. Скоробогатов, С.М. Место человеческого фактора в классификации техногенных катастроф железобетонных сооружений //Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2008. – № 1. – С. 91-94.

102. Скоробогатов, С.М. Проблемы прочности и деформативности монолитных железобетонных безбалочных перекрытий с отверстиями / С.М. Скоробогатов, А.А. Радько // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2011. – № 4 (12). – С. 56-61.

103. Скоробогатов, С.М. Ускоренное обследование массивных и протяженных железнодорожных сооружений и конструкций / С.М. Скоробогатов // Транспорт Урала. – 2004. – № 1. – С. 60-69.

104. Скоробогатов, С.М. Энтропийный метод как мера достоверности в исследованиях железобетонных конструкций / С.М. Скоробогатов // Academia. Архитектура и строительство. – 2014. – № 4. – С. 14.

105. Смердин, А.Н. Показатели эффективности защитных покрытий железобетонных опор / А.Н. Смердин, С.Н. Смердин, Д.А. Комсюкова // Инновационный транспорт. – 2013. – № 1 (7). – С. 14-17.

106. Смердин, А.Н. совершенствование методики диагностирования устройств электроснабжения железнодорожного транспорта с помощью байесовских сетей / А.Н. Смердин, А.С. Голубков // В сборнике: Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика : Материалы ХLI междунар. науч.-прак. конф. под ред. Б.М. Ибраева. – 2017. – С. 50-53.

107. Ташевский, А.Г. Математические модели продолжительности жизненного цикла технических систем / А.Г. Ташевский // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – 2014. – № 1(190). – С. 169-178.

108. Технологические карты на работы по содержанию и ремонту устройств контактной сети электрифицированных железных дорог. Книга I. Капитальный ремонт. ЦЭ № 197-5/3. Департамент электрификации и электроснабжения МПС РФ. – Москва : Трансиздат, 1997. – 311 с.

109. Указания по техническому обслуживанию и ремонту опорных конструкций контактной сети утвержденные распоряжением начальника департамента электрификации и электроснабжения ОАО "РЖД" № К-146-2008

110. Устройство для измерения угла наклона оси опоры контактной сети (варианты) : заявка на патент: МПК 7 В60М 1/20, А.А. Ковалев, А.Г. Галкин ; заявитель Екатеринбург, Уральский гос. ун-т путей сообщения. - №2007125430/11 ; заявл. 02.77.00 ; заявлено 26.06.07. – 4 с : ил.

111. Хан, Г. Статистические модели в инженерных задачах / Г. Хан, С. Шапиро. – Москва : Мир, 1969. – 345 с.

112. Царьков, А.А. Датчик для диагностирования арматуры железобетонных опор контактной сети электромагнитным методом / А.А. Цариков // Железнодорожный транспорт на современном этапе задачи и пути их решения : сборник статей молодых ученых и аспирантов. Сер. "Труды ВНИИЖТ / ОАО "Науч.-исслед. ин-т ж.-д. трансп." под ред. А. Е. Семечкина. – Москва, 2008. – С. 126-131.

113. Царьков, А.А. Ускоренные ресурсные испытания опор контактной сети железных дорог / А.А. Царьков, П.Г. Тюрнин, Д.В. Тартынский, В.В. Ивакин // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2016. – Т. 75. – № 3. – С. 189-192.

114. Чекулаев, В.Е., Восстановление контактной сети и воздушных линий / В.Е. Чекулаев, А.И. Зайцев. Москва : Транспорт, 1992. – 128 с. – ISBN 5-277-01416-0.

115. Чунг-Хуэй Цай Диагностика железобетонных оснований структурных повреждений по истории смещения с использованием обратного распространения методом нейронной сети / вычисления в гражданской технике / Чунг-Хуэй Цай, Дех-Шу Сюй – 2001 – № 1 – С. 49-58

116. Чучев, А.П. Контактная сеть с унифицированными параметрами / А.П. Чучев. – Москва : ВПТИтрансстрой, 1988. – 14 с.

117. Чучев, А.П. Вклад ЦНИИС в электрификацию отечественных железных дорог / А.П. Чучев, В.П. Шурыгин // Трансп. Строительство. – 1995. - № 11-12. – С. 19-22.

118. Szymanik, B. Detection and Inspection of Steel Bars in Reinforced Concrete Structures Using Active Infrared Thermography with Microwave Excitation and Eddy

Current Sensors // sensors (SCIE, Web of Science) / Szymanik B, Frankowski P.K.
Chady T., Robinson C., Chelliah A. J. – 2016 - №16.

119. Takeuky, S. contact network and service of its support // Japanese Railway
Engineering. – 1980. – №4. – C. 26-29.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

**Данные по анализу надежности опор контактной сети
Свердловской железной дороги**

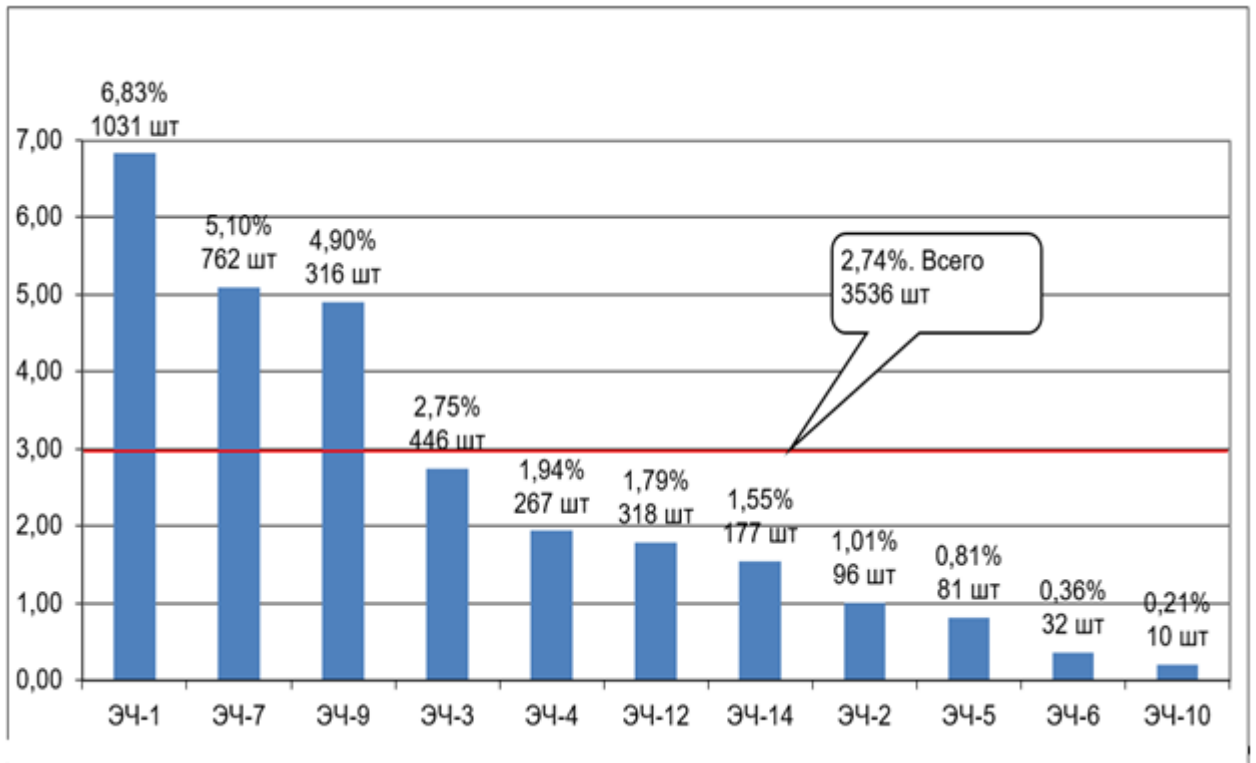


Рисунок А1 – распределение количества дефектных опор по дистанциям

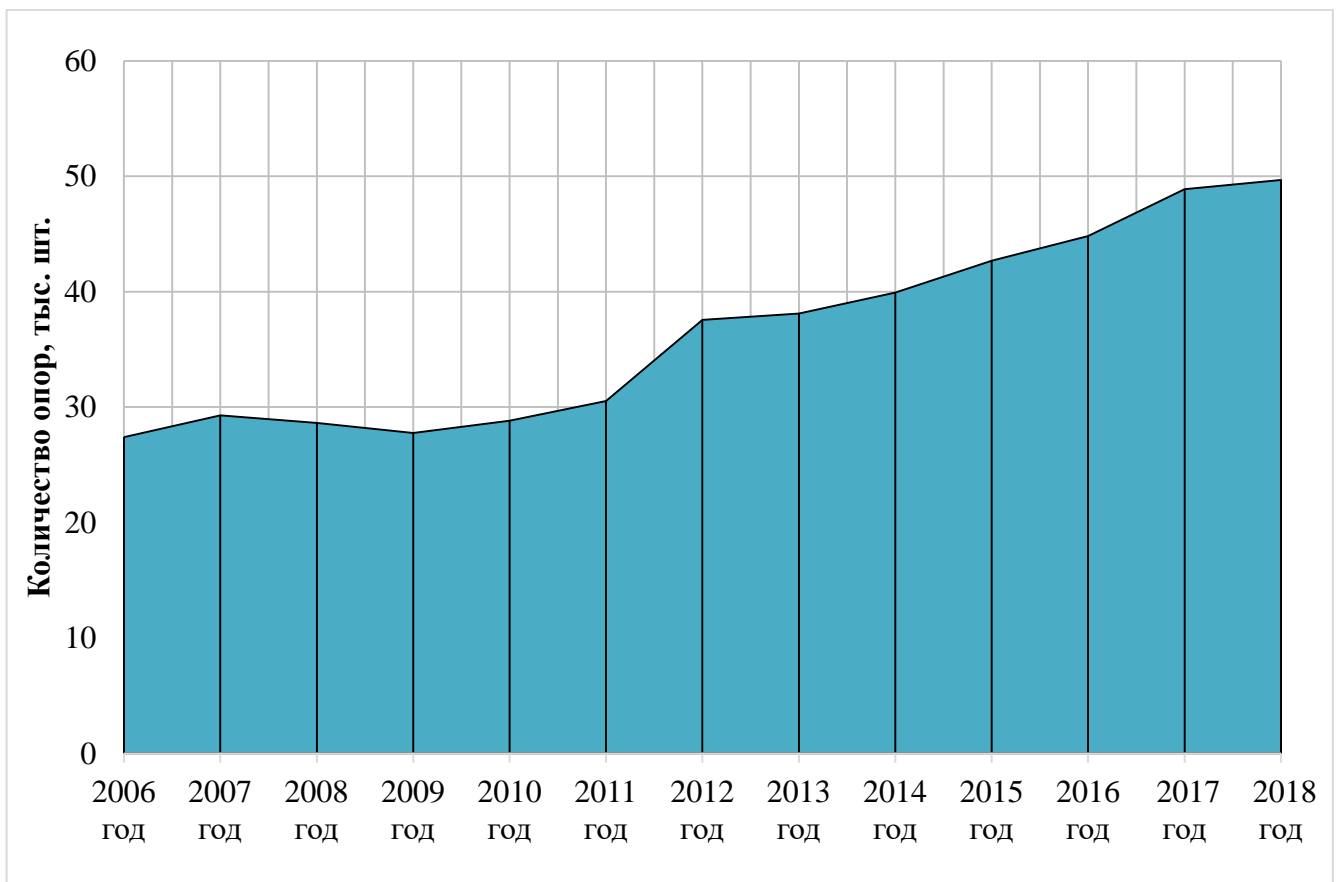


Рисунок А2 – Динамика роста количества опор со сроком службы более 40 лет

Таблица А1 – Выявленные негабаритные опоры в 2013 – 2015 годах по Свердловской железной дороге, после ремонтно-путевых работ

№ п/п	№ опор	Станция, перегон	Расстояние от оси пути до опор контактной сети после ремонта пути, мм			Примечание
			до ремонта	проектное	замер ЭЧК	
1	2	3	4	5	6	8
1	3	перегон	3160	3100	3060	Вновь обнаружено
2	17	перегон	3160	3100	2950	Вновь обнаружено
3	23	перегон	3140	3100	3000	Вновь обнаружено
4	25	перегон	3230	3100	3060	Вновь обнаружено
5	27	перегон	3200	4900	3060	Вновь обнаружено
6	31	перегон	3210	4900	2970	Вновь обнаружено
7	37	перегон	3220	3100	2910	Вновь обнаружено
8	63	перегон	3120	4900	2960	Вновь обнаружено
9	67	перегон	3290	4900	3020	Вновь обнаружено
10	81	перегон	3250	4900	3090	Вновь обнаружено
11	83	перегон	3150	3100	2940	Вновь обнаружено
12	85	перегон	3600	3100	3090	Вновь обнаружено
13	89	перегон	3140	3100	3090	Вновь обнаружено
14	91	перегон	3450	3100	3090	Вновь обнаружено
15	97	перегон	3270	4900	3070	Вновь обнаружено
16	103	перегон	3160	4900	2980	Вновь обнаружено
17	105	перегон	3220	4900	3010	Вновь обнаружено
18	107	перегон	3300	4900	3070	Вновь обнаружено
19	109	перегон	3180	4900	2960	Вновь обнаружено
20	111	перегон	3290	4900	2920	Вновь обнаружено
21	137	перегон	3020	4900	2860	Вновь обнаружено
22	145	перегон	3460	3100	3060	Вновь обнаружено
23	147	перегон	3400	3100	3060	Вновь обнаружено
24	155	перегон	3300	3100	2990	Вновь обнаружено
25	157	перегон	3300	3100	3030	Вновь обнаружено
26	161	перегон	3200	3100	2980	Вновь обнаружено
27	163	перегон	3320	3100	3050	Вновь обнаружено
28	165	перегон	3450	3100	2910	Вновь обнаружено
29	169	перегон	3300	3100	2980	Вновь обнаружено
30	171	перегон	3200	3300	2930	Вновь обнаружено
31	173	перегон	3300	3300	3040	Вновь обнаружено
32	177	перегон	3300	3300	2950	Вновь обнаружено
33	179	перегон	3120	3300	2990	Вновь обнаружено
34	185	перегон	3200	3300	3020	Вновь обнаружено
35	189	перегон	3200	3300	3040	Вновь обнаружено
36	191	перегон	3450	3100	3090	Вновь обнаружено
37	211а	станция	3300	3100	3090	Вновь обнаружено
38	251	станция	3180	3100	2990	Вновь обнаружено
39	253	станция	3150	3100	3050	Вновь обнаружено
40	257	станция	3240	3100	3040	Вновь обнаружено
41	271	станция	3110	3100	2910	Вновь обнаружено
42	273	перегон	3190	3100	2920	Вновь обнаружено

Продолжение таблицы А1

1	2	3	4	5	6	7
43	277	перегон	3100	3100	3060	Вновь обнаружено
44	307	перегон	3250	3100	3030	Вновь обнаружено
45	77а	перегон	3200	3100	2710	Вновь обнаружено
46	65	перегон	3180	3100	2710	Вновь обнаружено
47	27	перегон	3140	3100	2930	Вновь обнаружено
48	35	перегон	3200	3100	2890	Вновь обнаружено
49	37	станция	3100	3100	3000	Вновь обнаружено
50	43	станция	3200	3100	3000	Вновь обнаружено
51	61	перегон	3480	3500	3000	Вновь обнаружено
52	67	перегон	3100	3100	2980	Вновь обнаружено
53	69	перегон	3160	3100	2980	Вновь обнаружено
54	75	перегон	3250	3100	2950	Вновь обнаружено
55	93	перегон	3200	3100	3000	Вновь обнаружено
56	103	перегон	3100	3100	2900	Вновь обнаружено
57	105	станция	3270	3100	2970	Вновь обнаружено
58	109	станция	3230	3100	3000	Вновь обнаружено
59	113	станция	3100	3100	2970	Вновь обнаружено
60	115	станция	3100	3100	2850	Вновь обнаружено
61	119	перегон	3200	3100	3000	Вновь обнаружено
62	123	перегон	3450	3100	3000	Вновь обнаружено
63	135	перегон	3200	3100	3000	Вновь обнаружено
64	139	перегон	3130	3100	3000	Вновь обнаружено
65	143	перегон	3100	3100	3000	Вновь обнаружено
66	149	перегон	3100	3100	2800	Вновь обнаружено
67	159	перегон	3260	3100	3000	Вновь обнаружено
68	161	перегон	3100	3100	2850	Вновь обнаружено
69	165	перегон	3100	3100	3000	Вновь обнаружено
70	167	перегон	3100	3100	2900	Вновь обнаружено
71	6а	станция	3100	3100	2900	Вновь обнаружено
72	8	станция	3100	3100	2950	Вновь обнаружено
73	63	станция	3200	3100	2830	Вновь обнаружено
74	83	станция	3150	3100	2940	Вновь обнаружено
75	85	станция	3600	3100	3090	Вновь обнаружено
76	89	перегон	3140	3100	3090	Вновь обнаружено
77	91	перегон	3450	3100	3090	Вновь обнаружено
78	97	перегон	3270	4900	3070	Вновь обнаружено
79	103	перегон	3160	4900	2980	Вновь обнаружено
80	105	перегон	3220	4900	3010	Вновь обнаружено
81	107	перегон	3300	4900	3070	Вновь обнаружено
82	35	перегон	3200	3100	2890	Вновь обнаружено
83	37	перегон	3100	3100	3000	Вновь обнаружено
84	43	перегон	3200	3100	3000	Вновь обнаружено
85	61	перегон	3480	3500	3000	Вновь обнаружено
86	67а	станция	3100	3100	2980	Вновь обнаружено
87	69	станция	3160	3100	2980	Вновь обнаружено
88	75	станция	3250	3100	2950	Вновь обнаружено
89	93	станция	3200	3100	3000	Вновь обнаружено

Продолжение таблицы А1

1	2	3	4	5	6	7
90	103	перегон	3100	3100	2900	Вновь обнаружено
91	105	перегон	3270	3100	2970	Вновь обнаружено
92	171	перегон	3200	3300	2930	Вновь обнаружено
93	173	перегон	3300	3300	3040	Вновь обнаружено
94	177	перегон	3300	3300	2950	Вновь обнаружено
95	179	перегон	3120	3300	2990	Вновь обнаружено
96	185	перегон	3200	3300	3020	Вновь обнаружено
97	189	перегон	3200	3300	3040	Вновь обнаружено
98	191	перегон	3450	3100	3090	Вновь обнаружено
99	211a	перегон	3300	3100	3090	Вновь обнаружено
100	171	перегон	3200	3300	2930	Вновь обнаружено
101	173	перегон	3300	3300	3040	Вновь обнаружено
102	177	перегон	3300	3300	2950	Вновь обнаружено
103	179	перегон	3120	3300	2990	Вновь обнаружено
104	185	перегон	3200	3300	3020	Вновь обнаружено
105	189	перегон	3200	3300	3040	Вновь обнаружено
106	191	перегон	3450	3100	3090	Вновь обнаружено
107	211a	перегон	3300	3100	3090	Вновь обнаружено
108	171	перегон	3200	3300	2930	Вновь обнаружено
109	173	перегон	3300	3300	3040	Вновь обнаружено
110	177	перегон	3300	3300	2950	Вновь обнаружено
111	179	перегон	3120	3300	2990	Вновь обнаружено
112	185	перегон	3200	3300	3020	Вновь обнаружено
113	189	перегон	3200	3300	3040	Вновь обнаружено
114	191	перегон	3450	3100	3090	Вновь обнаружено
115	211a	перегон	3300	3100	3090	Вновь обнаружено
116	249	перегон	2990	3100	2980	Вновь обнаружено
117	111	перегон	3290	4900	2920	Вновь обнаружено
118	145	перегон	3460	3100	3060	Вновь обнаружено
119	147	перегон	3400	3100	3060	Вновь обнаружено
120	155	перегон	3300	3100	2990	Вновь обнаружено
121	157	перегон	3300	3100	3030	Вновь обнаружено
122	161	перегон	3200	3100	2980	Вновь обнаружено
123	163	перегон	3320	3100	3050	Вновь обнаружено
124	165	перегон	3450	3100	2910	Вновь обнаружено
125	169	перегон	3300	3100	2980	Вновь обнаружено
126	171	перегон	3200	3300	2930	Вновь обнаружено
127	173	перегон	3300	3300	3040	Вновь обнаружено
128	177	перегон	3300	3300	2950	Вновь обнаружено
129	179	перегон	3120	3300	2990	Вновь обнаружено
130	185	перегон	3200	3300	3020	Вновь обнаружено
131	189	перегон	3200	3300	3040	Вновь обнаружено
132	191	перегон	3450	3100	3090	Вновь обнаружено
133	211a	станция	3300	3100	3090	Вновь обнаружено
134	251	станция	3180	3100	2990	Вновь обнаружено
135	253	станция	3150	3100	3050	Вновь обнаружено
136	257	станция	3240	3100	3040	Вновь обнаружено

Продолжение таблицы А1

1	2	3	4	5	6	7
137	271	станция	3110	3100	2910	Вновь обнаружено
138	273	перегон	3190	3100	2920	Вновь обнаружено
139	277	перегон	3100	3100	3060	Вновь обнаружено
140	307	перегон	3250	3100	3030	Вновь обнаружено
141	65	перегон	3180	3100	2710	Вновь обнаружено
142	27	перегон	3140	3100	2930	Вновь обнаружено
143	35	перегон	3200	3100	2890	Вновь обнаружено
144	37	станция	3100	3100	3000	Вновь обнаружено
145	43	станция	3200	3100	3000	Вновь обнаружено
146	61	перегон	3480	3500	3000	Вновь обнаружено
147	67	перегон	3100	3100	2980	Вновь обнаружено
148	69	перегон	3160	3100	2980	Вновь обнаружено
149	75	перегон	3250	3100	2950	Вновь обнаружено
150	93	перегон	3200	3100	3000	Вновь обнаружено
151	103	перегон	3100	3100	2900	Вновь обнаружено
152	105	станция	3270	3100	2970	Вновь обнаружено
153	109	станция	3230	3100	3000	Вновь обнаружено
154	113	станция	3100	3100	2970	Вновь обнаружено
155	115	станция	3100	3100	2850	Вновь обнаружено
156	119	перегон	3200	3100	3000	Вновь обнаружено
157	123	перегон	3450	3100	3000	Вновь обнаружено
158	2	перегон	3,17	3,1	3200	Вновь обнаружено
159	4	перегон	3,2	3,1	3250	Вновь обнаружено
160	6	перегон	3,17	3,1	3170	Вновь обнаружено
161	8	перегон	3,29	3,1	3,29	Вновь обнаружено
162	10	перегон	3,27	3,1	3,27	Вновь обнаружено
163	12	перегон	3,15	3,1	3,2	Вновь обнаружено
164	14	перегон	3,22	3,1	3,22	Вновь обнаружено
165	16	перегон	3,16	3,1	3,1	Вновь обнаружено
166	18	перегон	3,1	3,1	3,1	Вновь обнаружено
167	20	перегон	3,12	3,1	3,12	Вновь обнаружено
168	22	перегон	3,08	3,1	3,15	Вновь обнаружено
169	24	перегон	3,12	3,1	3,12	Вновь обнаружено
170	26	перегон	3,34	3,3	3,3	Вновь обнаружено
171	28	перегон	3,38	3,3	4,1	Вновь обнаружено
172	30	перегон	3,19	3,1	3,19	Вновь обнаружено
173	32	перегон	3,28	3,1	3,28	Вновь обнаружено
174	34	перегон	3,46	3,3	3,35	Вновь обнаружено
175	36	перегон	3,18	3,1	3,18	Вновь обнаружено
176	38	перегон	3,22	3,1	3,22	Вновь обнаружено
177	40	перегон	3,4	3,3	3,25	Вновь обнаружено
178	42	перегон	3,22	3,1	3,22	Вновь обнаружено
179	44	перегон	3,25	3,1	3,25	Вновь обнаружено
180	46	перегон	3,4	3,3	3,4	Вновь обнаружено
181	48	перегон	3,15	3,1	3,15	Вновь обнаружено
182	50	перегон	3,11	3,1	3,18	Вновь обнаружено
183	52	перегон	3,14	3,1	3,14	Вновь обнаружено

Продолжение таблицы А1

1	2	3	4	5	6	7
184	54	перегон	3,19	3,1	3,15	Вновь обнаружено
185	56	перегон	3,09	3,1	3,13	Вновь обнаружено
186	58	перегон	3,4	3,1	3,4	Вновь обнаружено
187	60	перегон	3,1	3,1	3,1	Вновь обнаружено
188	62	перегон	3,2	3,1	3,25	Вновь обнаружено
189	64	перегон	3,1	3,1	3,2	Вновь обнаружено
190	66	перегон	3,45	3,3	3,45	Вновь обнаружено
191	68	перегон	3,38	3,1	3,38	Вновь обнаружено
192	70	перегон	3,1	3,1	3,2	Вновь обнаружено
193	72	перегон	3,3	3,3	3,35	Вновь обнаружено
194	74	перегон	3,23	3,1	3,25	Вновь обнаружено
195	76	перегон	4,95	3,1	4,95	Вновь обнаружено
196	78	перегон	5,09	3,1	5,09	Вновь обнаружено
197	80	перегон	4,95	3,1	4,95	Вновь обнаружено
198	82	перегон	3,15	3,1	3,15	Вновь обнаружено
199	84	перегон	3,15	3,1	3,2	Вновь обнаружено
200	86	перегон	3,19	3,1	3,19	Вновь обнаружено
201	88	перегон	3,19	3,1	3,19	Вновь обнаружено
202	90	перегон	3,15	3,1	3,2	Вновь обнаружено
203	92	перегон	3,25	3,1	3,26	Вновь обнаружено
204	94	перегон	3,2	3,1	3,2	Вновь обнаружено
205	96	перегон	3,19	3,1	3,19	Вновь обнаружено
206	98	перегон	3,39	3,3	3,36	Вновь обнаружено
207	100	перегон	3,16	3,1	3,2	Вновь обнаружено
208	102	перегон	3,21	3,1	3,21	Вновь обнаружено
209	104	перегон	3,35	3,3	3,35	Вновь обнаружено
210	106	перегон	3,12	3,1	3,12	Вновь обнаружено
211	108	перегон	3,12	3,1	3,12	Вновь обнаружено
212	110	перегон	3,15	3,1	3,28	Вновь обнаружено
213	112	перегон	3,12	3,1	3,12	Вновь обнаружено
214	114	перегон	3,12	3,1	3,23	Вновь обнаружено
215	116	перегон	3,22	3,1	3,22	Вновь обнаружено
216	118	перегон	3,29	3,1	3,29	Вновь обнаружено
217	120	перегон	3,12	3,1	3,15	Вновь обнаружено
218	122	перегон	3,12	3,1	3,12	Вновь обнаружено
219	124	перегон	3,22	3,1	3,22	Вновь обнаружено
220	126	перегон	3,23	3,1	3,23	Вновь обнаружено
221	128	перегон	3,18	3,1	3,2	Вновь обнаружено
222	130	перегон	3,19	3,3	3,19	Вновь обнаружено
223	132	перегон	3,19	3,1	3,19	Вновь обнаружено
224	134	перегон	3,58	3,1	3,36	Вновь обнаружено
225	136	перегон	3,32	3,3	3,32	Вновь обнаружено
226	138	перегон	3,3	3,1	3,3	Вновь обнаружено

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Результаты измерений при проведении комплексной диагностики железобетонных опор контактной сети

Таблица Б1 –Результаты измерений прибором УК-1401

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 1	1	1,38	Опора 6	1	1,28	Опора 11	1	1,32
	2	1,47		2	1,36		2	1,47
	3	1,36		3	1,41		3	1,36
	4	1,4		4	1,22		4	1,4
	5	1,46		5	1,28		5	1,46
	6	1,29		6	1,27		6	1,29
	7	1,28		7	1,38		7	1,28
	8	1,5		8	1,47		8	1,5
	9	1,39		9	1,40		9	1,39
	10	1,32		10	1,25		10	1,32
Опора 2	1	1,45	Опора 7	1	1,36	Опора 12	1	1,42
	2	1,47		2	1,42		2	1,47
	3	1,36		3	1,28		3	1,36
	4	1,4		4	1,4		4	1,43
	5	1,46		5	1,41		5	1,46
	6	1,41		6	1,24		6	1,29
	7	1,38		7	1,28		7	1,41
	8	1,5		8	1,43		8	1,41
	9	1,42		9	1,35		9	1,41
	10	1,39		10	1,33		10	1,43
Опора 3	1	1,38	Опора 8	1	1,41	Опора 13	1	1,25
	2	1,47		2	1,47		2	1,23
	3	1,36		3	1,36		3	1,36
	4	1,4		4	1,43		4	1,4
	5	1,46		5	1,46		5	1,42
	6	1,29		6	1,29		6	1,29
	7	1,28		7	1,28		7	1,28
	8	1,5		8	1,51		8	1,41
	9	1,39		9	1,41		9	1,39
	10	1,32		10	1,43		10	1,32
Опора 4	1	1,36	Опора 9	1	1,36	Опора 14	1	1,24
	2	1,39		2	1,42		2	1,1
	3	1,44		3	1,28		3	1,12
	4	1,39		4	1,36		4	1,41
	5	1,45		5	1,41		5	1,41
	6	1,37		6	1,26		6	1,29
	7	1,41		7	1,28		7	1,28
	8	1,43		8	1,43		8	1,15
	9	1,46		9	1,32		9	1,19
	10	1,50		10	1,33		10	1,32
Опора 5	1	1,28	Опора 10	1	1,42	Опора 15	1	1,32
	2	1,29		2	1,47		2	1,41
	3	1,34		3	1,41		3	1,36
	4	1,41		4	1,43		4	1,25
	5	1,28		5	1,46		5	1,41
	6	1,23		6	1,36		6	1,29
	7	1,37		7	1,38		7	1,28
	8	1,44		8	1,41		8	1,42
	9	1,40		9	1,41		9	1,39
	10	1,26		10	1,43		10	1,32

Продолжение таблицы Б1

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 16	1	1,31	Опора 21	1	1,25	Опора 26	1	1,42
	2	1,42		2	1,23		2	1,47
	3	1,36		3	1,36		3	1,41
	4	1,41		4	1,4		4	1,43
	5	1,26		5	1,42		5	1,46
	6	1,19		6	1,29		6	1,36
	7	1,28		7	1,28		7	1,38
	8	1,25		8	1,41		8	1,41
	9	1,19		9	1,39		9	1,41
	10	1,12		10	1,32		10	1,43
Опора 17	1	1,38	Опора 22	1	1,24	Опора 27	1	1,32
	2	1,47		2	1,1		2	1,47
	3	1,36		3	1,12		3	1,36
	4	1,4		4	1,41		4	1,4
	5	1,46		5	1,41		5	1,46
	6	1,29		6	1,29		6	1,29
	7	1,28		7	1,28		7	1,28
	8	1,5		8	1,15		8	1,5
	9	1,39		9	1,19		9	1,39
	10	1,32		10	1,32		10	1,32
Опора 18	1	1,45	Опора 23	1	1,32	Опора 28	1	1,42
	2	1,47		2	1,41		2	1,47
	3	1,36		3	1,36		3	1,36
	4	1,4		4	1,25		4	1,43
	5	1,46		5	1,41		5	1,46
	6	1,41		6	1,29		6	1,29
	7	1,38		7	1,28		7	1,41
	8	1,5		8	1,42		8	1,41
	9	1,42		9	1,39		9	1,41
	10	1,39		10	1,32		10	1,43
Опора 19	1	1,36	Опора 24	1	1,31	Опора 29	1	1,28
	2	1,42		2	1,42		2	1,29
	3	1,28		3	1,36		3	1,34
	4	1,36		4	1,41		4	1,41
	5	1,41		5	1,26		5	1,28
	6	1,26		6	1,19		6	1,23
	7	1,28		7	1,28		7	1,37
	8	1,43		8	1,25		8	1,44
	9	1,32		9	1,19		9	1,40
	10	1,33		10	1,12		10	1,26
Опора 20	1	1,42	Опора 25	1	1,36	Опора 30	1	1,28
	2	1,47		2	1,42		2	1,36
	3	1,41		3	1,28		3	1,41
	4	1,43		4	1,36		4	1,22
	5	1,46		5	1,41		5	1,28
	6	1,36		6	1,26		6	1,27
	7	1,38		7	1,28		7	1,38
	8	1,41		8	1,43		8	1,47
	9	1,41		9	1,32		9	1,40
	10	1,43		10	1,33		10	1,25

Продолжение таблицы Б1

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 31	1	1,36	Опора 36	1	1,31	Опора 41	1	1,36
	2	1,42		2	1,42		2	1,42
	3	1,28		3	1,36		3	1,28
	4	1,4		4	1,41		4	1,4
	5	1,41		5	1,26		5	1,41
	6	1,24		6	1,19		6	1,24
	7	1,28		7	1,28		7	1,28
	8	1,43		8	1,25		8	1,43
	9	1,35		9	1,19		9	1,35
	10	1,33		10	1,12		10	1,33
Опора 32	1	1,41	Опора 37	1	1,38	Опора 42	1	1,41
	2	1,47		2	1,47		2	1,47
	3	1,36		3	1,36		3	1,36
	4	1,43		4	1,4		4	1,43
	5	1,46		5	1,46		5	1,46
	6	1,29		6	1,29		6	1,29
	7	1,28		7	1,28		7	1,28
	8	1,51		8	1,5		8	1,51
	9	1,41		9	1,39		9	1,41
	10	1,43		10	1,32		10	1,43
Опора 33	1	1,36	Опора 38	1	1,38	Опора 43	1	1,38
	2	1,42		2	1,47		2	1,47
	3	1,28		3	1,36		3	1,36
	4	1,36		4	1,4		4	1,4
	5	1,41		5	1,46		5	1,46
	6	1,26		6	1,29		6	1,29
	7	1,28		7	1,28		7	1,28
	8	1,43		8	1,5		8	1,5
	9	1,32		9	1,39		9	1,39
	10	1,33		10	1,32		10	1,32
Опора 34	1	1,42	Опора 39	1	1,36	Опора 44	1	1,36
	2	1,47		2	1,42		2	1,42
	3	1,41		3	1,28		3	1,28
	4	1,43		4	1,4		4	1,36
	5	1,46		5	1,41		5	1,41
	6	1,36		6	1,24		6	1,26
	7	1,38		7	1,28		7	1,28
	8	1,41		8	1,43		8	1,43
	9	1,41		9	1,35		9	1,32
	10	1,43		10	1,33		10	1,33
Опора 35	1	1,32	Опора 40	1	1,41	Опора 45	1	1,36
	2	1,41		2	1,47		2	1,42
	3	1,36		3	1,36		3	1,28
	4	1,25		4	1,43		4	1,36
	5	1,41		5	1,46		5	1,41
	6	1,29		6	1,29		6	1,26
	7	1,28		7	1,28		7	1,28
	8	1,42		8	1,51		8	1,43
	9	1,39		9	1,41		9	1,32
	10	1,32		10	1,43		10	1,33

Продолжение таблицы Б1

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 46	1	1,42	Опора 51	1	1,32	Опора 56	1	1,38
	2	1,47		2	1,41		2	1,47
	3	1,41		3	1,36		3	1,36
	4	1,43		4	1,25		4	1,4
	5	1,46		5	1,41		5	1,46
	6	1,36		6	1,29		6	1,29
	7	1,38		7	1,28		7	1,28
	8	1,41		8	1,42		8	1,5
	9	1,41		9	1,39		9	1,39
	10	1,43		10	1,32		10	1,32
Опора 47	1	1,32	Опора 52	1	1,31	Опора 57	1	1,41
	2	1,41		2	1,42		2	1,47
	3	1,36		3	1,36		3	1,36
	4	1,25		4	1,41		4	1,43
	5	1,41		5	1,26		5	1,46
	6	1,29		6	1,19		6	1,29
	7	1,28		7	1,28		7	1,28
	8	1,42		8	1,25		8	1,51
	9	1,39		9	1,19		9	1,41
	10	1,32		10	1,12		10	1,43
Опора 48	1	1,31	Опора 53	1	1,32	Опора 58	1	1,38
	2	1,42		2	1,41		2	1,47
	3	1,36		3	1,36		3	1,36
	4	1,41		4	1,25		4	1,4
	5	1,26		5	1,41		5	1,46
	6	1,19		6	1,29		6	1,29
	7	1,28		7	1,28		7	1,28
	8	1,25		8	1,42		8	1,5
	9	1,19		9	1,39		9	1,39
	10	1,12		10	1,32		10	1,32
Опора 49	1	1,36	Опора 54	1	1,38	Опора 59	1	1,38
	2	1,42		2	1,47		2	1,47
	3	1,28		3	1,36		3	1,36
	4	1,36		4	1,4		4	1,4
	5	1,41		5	1,46		5	1,46
	6	1,26		6	1,29		6	1,29
	7	1,28		7	1,28		7	1,28
	8	1,43		8	1,5		8	1,5
	9	1,32		9	1,39		9	1,39
	10	1,33		10	1,32		10	1,32
Опора 50	1	1,42	Опора 55	1	1,36	Опора 60	1	1,36
	2	1,47		2	1,42		2	1,42
	3	1,41		3	1,28		3	1,28
	4	1,43		4	1,36		4	1,36
	5	1,46		5	1,41		5	1,41
	6	1,36		6	1,26		6	1,26
	7	1,38		7	1,28		7	1,28
	8	1,41		8	1,43		8	1,43
	9	1,41		9	1,32		9	1,32
	10	1,43		10	1,33		10	1,33

Продолжение таблицы Б1

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 61	1	1,32	Опора 66	1	1,38	Опора 71	1	1,39
	2	1,41		2	1,47		2	1,32
	3	1,36		3	1,36		3	1,36
	4	1,25		4	1,4		4	1,4
	5	1,41		5	1,46		5	1,46
	6	1,29		6	1,29		6	1,29
	7	1,28		7	1,28		7	1,28
	8	1,42		8	1,5		8	1,5
	9	1,39		9	1,39		9	1,39
	10	1,32		10	1,32		10	1,32
Опора 62	1	1,24	Опора 67	1	1,36	Опора 72	1	1,38
	2	1,1		2	1,42		2	1,47
	3	1,12		3	1,28		3	1,36
	4	1,41		4	1,4		4	1,4
	5	1,41		5	1,41		5	1,46
	6	1,29		6	1,24		6	1,29
	7	1,28		7	1,28		7	1,28
	8	1,15		8	1,43		8	1,5
	9	1,19		9	1,35		9	1,39
	10	1,32		10	1,33		10	1,32
Опора 63	1	1,32	Опора 68	1	1,41	Опора 73	1	1,36
	2	1,41		2	1,47		2	1,42
	3	1,36		3	1,36		3	1,28
	4	1,25		4	1,43		4	1,36
	5	1,41		5	1,46		5	1,41
	6	1,29		6	1,29		6	1,26
	7	1,28		7	1,28		7	1,28
	8	1,42		8	1,51		8	1,43
	9	1,39		9	1,41		9	1,32
	10	1,32		10	1,43		10	1,33
Опора 64	1	1,31	Опора 69	1	1,38	Опора 74	1	1,42
	2	1,42		2	1,47		2	1,47
	3	1,36		3	1,5		3	1,41
	4	1,41		4	1,39		4	1,43
	5	1,26		5	1,32		5	1,46
	6	1,19		6	1,36		6	1,36
	7	1,28		7	1,42		7	1,38
	8	1,25		8	1,28		8	1,41
	9	1,19		9	1,36		9	1,41
	10	1,12		10	1,41		10	1,43
Опора 65	1	1,46	Опора 70	1	1,26	Опора 75	1	1,38
	2	1,29		2	1,28		2	1,47
	3	1,28		3	1,43		3	1,36
	4	1,5		4	1,32		4	1,5
	5	1,39		5	1,33		5	1,39
	6	1,32		6	1,38		6	1,32
	7	1,36		7	1,47		7	1,36
	8	1,42		8	1,36		8	1,42
	9	1,28		9	1,4		9	1,28
	10	1,36		10	1,5		10	1,36

Продолжение таблицы Б1

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 76	1	1,41	Опора 81	1	1,38	Опора 86	1	1,38
	2	1,26		2	1,42		2	1,47
	3	1,28		3	1,39		3	1,36
	4	1,36		4	1,32		4	1,4
	5	1,41		5	1,24		5	1,46
	6	1,26		6	1,1		6	1,29
	7	1,28		7	1,12		7	1,42
	8	1,43		8	1,41		8	1,39
	9	1,32		9	1,41		9	1,32
	10	1,33		10	1,29		10	1,24
Опора 77	1	1,5	Опора 82	1	1,28	Опора 87	1	1,1
	2	1,39		2	1,15		2	1,12
	3	1,32		3	1,42		3	1,41
	4	1,36		4	1,39		4	1,41
	5	1,42		5	1,32		5	1,29
	6	1,28		6	1,24		6	1,28
	7	1,36		7	1,1		7	1,15
	8	1,41		8	1,12		8	1,5
	9	1,26		9	1,41		9	1,42
	10	1,28		10	1,41		10	1,39
Опора 78	1	1,43	Опора 83	1	1,29	Опора 88	1	1,32
	2	1,32		2	1,47		2	1,24
	3	1,33		3	1,36		3	1,1
	4	1,38		4	1,4		4	1,12
	5	1,47		5	1,46		5	1,41
	6	1,42		6	1,29		6	1,41
	7	1,39		7	1,28		7	1,29
	8	1,32		8	1,5		8	1,5
	9	1,24		9	1,39		9	1,39
	10	1,1		10	1,32		10	1,32
Опора 79	1	1,12	Опора 84	1	1,41	Опора 89	1	1,38
	2	1,41		2	1,41		2	1,47
	3	1,41		3	1,29		3	1,42
	4	1,29		4	1,28		4	1,39
	5	1,28		5	1,15		5	1,32
	6	1,15		6	1,29		6	1,24
	7	1,19		7	1,28		7	1,1
	8	1,42		8	1,5		8	1,12
	9	1,39		9	1,39		9	1,41
	10	1,32		10	1,32		10	1,41
Опора 80	1	1,24	Опора 85	1	1,42	Опора 90	1	1,29
	2	1,26		2	1,39		2	1,28
	3	1,28		3	1,32		3	1,15
	4	1,43		4	1,24		4	1,19
	5	1,32		5	1,46		5	1,42
	6	1,33		6	1,29		6	1,29
	7	1,28		7	1,28		7	1,28
	8	1,5		8	1,5		8	1,5
	9	1,39		9	1,39		9	1,39
	10	1,32		10	1,32		10	1,32

Продолжение таблицы Б1

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 91	1	1,38	Опора 96	1	1,38	Опора 101	1	1,38
	2	1,47		2	1,47		2	1,47
	3	1,42		3	1,36		3	1,36
	4	1,39		4	1,4		4	1,4
	5	1,32		5	1,46		5	1,46
	6	1,24		6	1,29		6	1,29
	7	1,1		7	1,28		7	1,46
	8	1,12		8	1,5		8	1,29
	9	1,41		9	1,39		9	1,28
	10	1,41		10	1,32		10	1,5
Опора 92	1	1,29	Опора 97	1	1,46	Опора 102	1	1,39
	2	1,28		2	1,29		2	1,32
	3	1,15		3	1,28		3	1,36
	4	1,4		4	1,5		4	1,4
	5	1,46		5	1,39		5	1,46
	6	1,29		6	1,32		6	1,28
	7	1,28		7	1,28		7	1,5
	8	1,5		8	1,5		8	1,39
	9	1,39		9	1,39		9	1,32
	10	1,32		10	1,32		10	1,38
Опора 93	1	1,38	Опора 98	1	1,38	Опора 103	1	1,47
	2	1,47		2	1,47		2	1,46
	3	1,42		3	1,46		3	1,38
	4	1,39		4	1,29		4	1,47
	5	1,32		5	1,28		5	1,38
	6	1,24		6	1,5		6	1,47
	7	1,1		7	1,39		7	1,38
	8	1,12		8	1,32		8	1,47
	9	1,41		9	1,39		9	1,39
	10	1,41		10	1,32		10	1,32
Опора 94	1	1,29	Опора 99	1	1,38	Опора 104	1	1,38
	2	1,28		2	1,47		2	1,47
	3	1,15		3	1,36		3	1,36
	4	1,4		4	1,4		4	1,4
	5	1,46		5	1,46		5	1,46
	6	1,29		6	1,29		6	1,29
	7	1,28		7	1,28		7	1,28
	8	1,5		8	1,47		8	1,5
	9	1,39		9	1,42		9	1,39
	10	1,32		10	1,39		10	1,32
Опора 95	1	1,38	Опора 100	1	1,32	Опора 105	1	1,46
	2	1,47		2	1,24		2	1,29
	3	1,36		3	1,1		3	1,28
	4	1,4		4	1,12		4	1,5
	5	1,46		5	1,41		5	1,39
	6	1,29		6	1,41		6	1,32
	7	1,28		7	1,29		7	1,28
	8	1,5		8	1,28		8	1,5
	9	1,39		9	1,39		9	1,39
	10	1,32		10	1,32		10	1,32

Продолжение таблицы Б1

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 106	1	1,38	Опора 111	1	1,29	Опора 116	1	1,41
	2	1,47		2	1,46		2	1,41
	3	1,46		3	1,29		3	1,36
	4	1,29		4	1,28		4	1,4
	5	1,28		5	1,5		5	1,46
	6	1,32		6	1,39		6	1,29
	7	1,38		7	1,32		7	1,28
	8	1,47		8	1,36		8	1,5
	9	1,46		9	1,4		9	1,39
	10	1,29		10	1,38		10	1,32
Опора 107	1	1,38	Опора 112	1	1,47	Опора 117	1	1,47
	2	1,47		2	1,47		2	1,42
	3	1,36		3	1,36		3	1,39
	4	1,38		4	1,4		4	1,32
	5	1,47		5	1,46		5	1,24
	6	1,36		6	1,29		6	1,1
	7	1,4		7	1,28		7	1,12
	8	1,46		8	1,5		8	1,41
	9	1,29		9	1,39		9	1,41
	10	1,46		10	1,32		10	1,29
Опора 108	1	1,29	Опора 113	1	1,39	Опора 118	1	1,28
	2	1,28		2	1,32		2	1,15
	3	1,5		3	1,38		3	1,4
	4	1,39		4	1,47		4	1,46
	5	1,32		5	1,36		5	1,46
	6	1,36		6	1,4		6	1,29
	7	1,28		7	1,46		7	1,28
	8	1,5		8	1,29		8	1,5
	9	1,39		9	1,39		9	1,39
	10	1,32		10	1,32		10	1,32
Опора 109	1	1,47	Опора 114	1	1,38	Опора 119	1	1,38
	2	1,42		2	1,47		2	1,47
	3	1,39		3	1,36		3	1,47
	4	1,32		4	1,4		4	1,42
	5	1,24		5	1,46		5	1,39
	6	1,1		6	1,29		6	1,32
	7	1,12		7	1,28		7	1,24
	8	1,41		8	1,5		8	1,1
	9	1,41		9	1,39		9	1,12
	10	1,32		10	1,32		10	1,41
Опора 110	1	1,32	Опора 115	1	1,38	Опора 120	1	1,41
	2	1,38		2	1,47		2	1,47
	3	1,47		3	1,36		3	1,42
	4	1,46		4	1,47		4	1,39
	5	1,29		5	1,42		5	1,32
	6	1,38		6	1,39		6	1,24
	7	1,47		7	1,32		7	1,1
	8	1,36		8	1,24		8	1,12
	9	1,4		9	1,1		9	1,41
	10	1,46		10	1,12		10	1,32

Продолжение таблицы Б1

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 121	1	1,39	Опора 126	1	1,28	Опора 131	1	1,38
	2	1,32		2	1,15		2	1,47
	3	1,38		3	1,4		3	1,36
	4	1,47		4	1,46		4	1,4
	5	1,36		5	1,29		5	1,46
	6	1,4		6	1,4		6	1,39
	7	1,46		7	1,28		7	1,32
	8	1,29		8	1,39		8	1,38
	9	1,39		9	1,32		9	1,47
	10	1,39		10	1,38		10	1,36
Опора 122	1	1,32	Опора 127	1	1,47	Опора 132	1	1,4
	2	1,38		2	1,36		2	1,46
	3	1,47		3	1,4		3	1,29
	4	1,47		4	1,4		4	1,4
	5	1,42		5	1,46		5	1,46
	6	1,39		6	1,29		6	1,29
	7	1,32		7	1,28		7	1,28
	8	1,24		8	1,39		8	1,5
	9	1,1		9	1,32		9	1,39
	10	1,12		10	1,38		10	1,32
Опора 123	1	1,41	Опора 128	1	1,47	Опора 133	1	1,39
	2	1,47		2	1,47		2	1,32
	3	1,36		3	1,42		3	1,38
	4	1,4		4	1,39		4	1,47
	5	1,46		5	1,32		5	1,47
	6	1,29		6	1,29		6	1,42
	7	1,39		7	1,28		7	1,39
	8	1,32		8	1,5		8	1,32
	9	1,38		9	1,39		9	1,39
	10	1,47		10	1,32		10	1,32
Опора 124	1	1,47	Опора 129	1	1,39	Опора 134	1	1,38
	2	1,42		2	1,32		2	1,47
	3	1,39		3	1,38		3	1,36
	4	1,32		4	1,47		4	1,4
	5	1,24		5	1,47		5	1,46
	6	1,1		6	1,42		6	1,29
	7	1,28		7	1,39		7	1,28
	8	1,5		8	1,32		8	1,5
	9	1,39		9	1,24		9	1,39
	10	1,32		10	1,1		10	1,32
Опора 125	1	1,47	Опора 130	1	1,12	Опора 135	1	1,38
	2	1,42		2	1,41		2	1,47
	3	1,39		3	1,41		3	1,36
	4	1,32		4	1,47		4	1,4
	5	1,24		5	1,39		5	1,46
	6	1,1		6	1,29		6	1,29
	7	1,12		7	1,28		7	1,28
	8	1,41		8	1,5		8	1,5
	9	1,41		9	1,39		9	1,39
	10	1,29		10	1,32		10	1,32

Продолжение таблицы Б1

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 136	1	1,38	Опора 141	1	1,38	Опора 146	1	1,36
	2	1,47		2	1,47		2	1,41
	3	1,36		3	1,36		3	1,26
	4	1,4		4	1,4		4	1,28
	5	1,46		5	1,46		5	1,43
	6	1,29		6	1,39		6	1,32
	7	1,28		7	1,32		7	1,33
	8	1,5		8	1,38		8	1,42
	9	1,39		9	1,47		9	1,39
	10	1,32		10	1,47		10	1,36
Опора 137	1	1,38	Опора 142	1	1,42	Опора 147	1	1,42
	2	1,47		2	1,39		2	1,28
	3	1,36		3	1,32		3	1,36
	4	1,39		4	1,24		4	1,41
	5	1,32		5	1,1		5	1,26
	6	1,38		6	1,12		6	1,28
	7	1,47		7	1,41		7	1,43
	8	1,47		8	1,41		8	1,32
	9	1,42		9	1,39		9	1,33
	10	1,32		10	1,39		10	1,42
Опора 138	1	1,38	Опора 143	1	1,32	Опора 148	1	1,47
	2	1,47		2	1,38		2	1,41
	3	1,36		3	1,47		3	1,4
	4	1,4		4	1,47		4	1,46
	5	1,46		5	1,42		5	1,29
	6	1,29		6	1,29		6	1,29
	7	1,28		7	1,41		7	1,28
	8	1,5		8	1,39		8	1,5
	9	1,39		9	1,39		9	1,39
	10	1,32		10	1,32		10	1,32
Опора 139	1	1,38	Опора 144	1	1,41	Опора 149	1	1,36
	2	1,47		2	1,47		2	1,42
	3	1,36		3	1,36		3	1,28
	4	1,4		4	1,4		4	1,36
	5	1,46		5	1,46		5	1,41
	6	1,29		6	1,29		6	1,26
	7	1,28		7	1,28		7	1,28
	8	1,5		8	1,5		8	1,43
	9	1,39		9	1,39		9	1,32
	10	1,32		10	1,32		10	1,33
Опора 140	1	1,38	Опора 145	1	1,39	Опора 150	1	1,42
	2	1,47		2	1,32		2	1,47
	3	1,36		3	1,36		3	1,36
	4	1,4		4	1,4		4	1,4
	5	1,46		5	1,46		5	1,46
	6	1,29		6	1,29		6	1,29
	7	1,28		7	1,28		7	1,28
	8	1,5		8	1,36		8	1,5
	9	1,39		9	1,42		9	1,39
	10	1,32		10	1,28		10	1,36

Продолжение таблицы Б1

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 151	1	1,41	Опора 156	1	1,38	Опора 161	1	1,38
	2	1,28		2	1,47		2	1,47
	3	1,29		3	1,36		3	1,36
	4	1,28		4	1,42		4	1,42
	5	1,36		5	1,28		5	1,28
	6	1,4		6	1,36		6	1,36
	7	1,46		7	1,41		7	1,41
	8	1,29		8	1,26		8	1,26
	9	1,28		9	1,28		9	1,28
	10	1,36		10	1,43		10	1,43
Опора 152	1	1,4	Опора 157	1	1,38	Опора 162	1	1,32
	2	1,46		2	1,47		2	1,33
	3	1,36		3	1,39		3	1,42
	4	1,4		4	1,32		4	1,47
	5	1,46		5	1,38		5	1,41
	6	1,29		6	1,47		6	1,43
	7	1,28		7	1,36		7	1,46
	8	1,5		8	1,4		8	1,36
	9	1,39		9	1,36		9	1,38
	10	1,32		10	1,42		10	1,41
Опора 153	1	1,38	Опора 158	1	1,28	Опора 163	1	1,41
	2	1,47		2	1,36		2	1,43
	3	1,36		3	1,36		3	1,32
	4	1,42		4	1,4		4	1,47
	5	1,28		5	1,46		5	1,36
	6	1,36		6	1,29		6	1,4
	7	1,41		7	1,28		7	1,46
	8	1,26		8	1,5		8	1,29
	9	1,28		9	1,39		9	1,28
	10	1,38		10	1,32		10	1,5
Опора 154	1	1,47	Опора 159	1	1,38	Опора 164	1	1,39
	2	1,36		2	1,36		2	1,32
	3	1,4		3	1,4		3	1,42
	4	1,4		4	1,46		4	1,47
	5	1,46		5	1,29		5	1,46
	6	1,29		6	1,36		6	1,29
	7	1,28		7	1,42		7	1,28
	8	1,36		8	1,28		8	1,5
	9	1,42		9	1,36		9	1,39
	10	1,28		10	1,41		10	1,32
Опора 155	1	1,36	Опора 160	1	1,26	Опора 165	1	1,36
	2	1,36		2	1,28		2	1,42
	3	1,4		3	1,43		3	1,28
	4	1,46		4	1,32		4	1,36
	5	1,29		5	1,33		5	1,41
	6	1,28		6	1,42		6	1,26
	7	1,36		7	1,47		7	1,28
	8	1,5		8	1,41		8	1,36
	9	1,39		9	1,43		9	1,42
	10	1,32		10	1,46		10	1,28

Продолжение таблицы Б1

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 166	1	1,36	Опора 171	1	1,38	Опора 176	1	1,38
	2	1,41		2	1,47		2	1,47
	3	1,26		3	1,36		3	1,36
	4	1,28		4	1,4		4	1,4
	5	1,43		5	1,46		5	1,46
	6	1,32		6	1,29		6	1,29
	7	1,33		7	1,28		7	1,28
	8	1,42		8	1,5		8	1,5
	9	1,47		9	1,39		9	1,39
	10	1,41		10	1,32		10	1,32
Опора 167	1	1,43	Опора 172	1	1,38	Опора 177	1	1,38
	2	1,46		2	1,47		2	1,47
	3	1,36		3	1,36		3	1,36
	4	1,38		4	1,4		4	1,4
	5	1,41		5	1,46		5	1,46
	6	1,41		6	1,29		6	1,29
	7	1,43		7	1,28		7	1,28
	8	1,32		8	1,5		8	1,5
	9	1,47		9	1,39		9	1,47
	10	1,36		10	1,32		10	1,42
Опора 168	1	1,4	Опора 173	1	1,38	Опора 178	1	1,39
	2	1,46		2	1,47		2	1,32
	3	1,29		3	1,36		3	1,24
	4	1,4		4	1,4		4	1,1
	5	1,46		5	1,46		5	1,12
	6	1,29		6	1,29		6	1,41
	7	1,28		7	1,38		7	1,41
	8	1,5		8	1,47		8	1,32
	9	1,39		9	1,36		9	1,32
	10	1,32		10	1,4		10	1,38
Опора 169	1	1,38	Опора 174	1	1,46	Опора 179	1	1,47
	2	1,47		2	1,33		2	1,46
	3	1,36		3	1,42		3	1,29
	4	1,4		4	1,47		4	1,38
	5	1,46		5	1,41		5	1,47
	6	1,29		6	1,43		6	1,36
	7	1,28		7	1,46		7	1,4
	8	1,5		8	1,33		8	1,46
	9	1,39		9	1,42		9	1,47
	10	1,32		10	1,43		10	1,42
Опора 170	1	1,38	Опора 175	1	1,32	Опора 180	1	1,39
	2	1,47		2	1,33		2	1,32
	3	1,36		3	1,42		3	1,24
	4	1,4		4	1,47		4	1,1
	5	1,46		5	1,41		5	1,12
	6	1,29		6	1,43		6	1,36
	7	1,28		7	1,46		7	1,4
	8	1,5		8	1,36		8	1,38
	9	1,39		9	1,38		9	1,47
	10	1,32		10	1,41		10	1,47

Продолжение таблицы Б1

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 181	1	1,47	Опора 186	1	1,32	Опора 191	1	1,38
	2	1,42		2	1,24		2	1,47
	3	1,39		3	1,1		3	1,36
	4	1,32		4	1,12		4	1,47
	5	1,24		5	1,46		5	1,42
	6	1,1		6	1,29		6	1,39
	7	1,12		7	1,28		7	1,32
	8	1,41		8	1,5		8	1,24
	9	1,41		9	1,39		9	1,1
	10	1,32		10	1,32		10	1,12
Опора 182	1	1,32	Опора 187	1	1,38	Опора 192	1	1,41
	2	1,38		2	1,47		2	1,41
	3	1,47		3	1,36		3	1,32
	4	1,46		4	1,4		4	1,32
	5	1,29		5	1,46		5	1,38
	6	1,38		6	1,29		6	1,47
	7	1,47		7	1,47		7	1,46
	8	1,36		8	1,42		8	1,29
	9	1,4		9	1,39		9	1,39
	10	1,46		10	1,32		10	1,32
Опора 183	1	1,29	Опора 188	1	1,24	Опора 193	1	1,38
	2	1,46		2	1,1		2	1,47
	3	1,29		3	1,12		3	1,36
	4	1,28		4	1,41		4	1,41
	5	1,5		5	1,41		5	1,1
	6	1,39		6	1,32		6	1,12
	7	1,32		7	1,32		7	1,29
	8	1,36		8	1,5		8	1,1
	9	1,4		9	1,39		9	1,12
	10	1,38		10	1,32		10	1,41
Опора 184	1	1,47	Опора 189	1	1,47	Опора 194	1	1,41
	2	1,47		2	1,42		2	1,32
	3	1,36		3	1,39		3	1,36
	4	1,4		4	1,32		4	1,14
	5	1,46		5	1,24		5	1,46
	6	1,29		6	1,1		6	1,29
	7	1,28		7	1,12		7	1,28
	8	1,5		8	1,41		8	1,5
	9	1,39		9	1,47		9	1,39
	10	1,32		10	1,42		10	1,32
Опора 185	1	1,38	Опора 190	1	1,39	Опора 195	1	1,38
	2	1,47		2	1,32		2	1,47
	3	1,36		3	1,24		3	1,36
	4	1,4		4	1,1		4	1,4
	5	1,46		5	1,12		5	1,46
	6	1,29		6	1,29		6	1,29
	7	1,28		7	1,28		7	1,28
	8	1,47		8	1,5		8	1,5
	9	1,42		9	1,39		9	1,39
	10	1,39		10	1,32		10	1,46

Продолжение таблицы Б1

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 196	1	1,29	Опора 201	1	1,38	Опора 206	1	1,38
	2	1,46		2	1,47		2	1,47
	3	1,29		3	1,36		3	1,36
	4	1,46		4	1,4		4	1,4
	5	1,46		5	1,46		5	1,46
	6	1,29		6	1,29		6	1,29
	7	1,28		7	1,28		7	1,38
	8	1,5		8	1,1		8	1,47
	9	1,39		9	1,12		9	1,36
	10	1,32		10	1,29		10	1,41
Опора 197	1	1,1	Опора 202	1	1,1	Опора 207	1	1,1
	2	1,12		2	1,12		2	1,12
	3	1,29		3	1,41		3	1,29
	4	1,1		4	1,4		4	1,1
	5	1,12		5	1,46		5	1,12
	6	1,41		6	1,29		6	1,41
	7	1,28		7	1,28		7	1,38
	8	1,5		8	1,5		8	1,47
	9	1,39		9	1,39		9	1,36
	10	1,1		10	1,32		10	1,41
Опора 198	1	1,12	Опора 203	1	1,38	Опора 208	1	1,1
	2	1,47		2	1,47		2	1,12
	3	1,36		3	1,36		3	1,29
	4	1,4		4	1,41		4	1,4
	5	1,46		5	1,1		5	1,46
	6	1,29		6	1,12		6	1,29
	7	1,29		7	1,29		7	1,28
	8	1,28		8	1,1		8	1,5
	9	1,1		9	1,12		9	1,39
	10	1,12		10	1,38		10	1,32
Опора 199	1	1,29	Опора 204	1	1,47	Опора 209	1	1,29
	2	1,1		2	1,36		2	1,27
	3	1,36		3	1,41		3	1,36
	4	1,14		4	1,1		4	1,4
	5	1,46		5	1,12		5	1,46
	6	1,29		6	1,29		6	1,29
	7	1,28		7	1,1		7	1,28
	8	1,5		8	1,12		8	1,5
	9	1,39		9	1,39		9	1,39
	10	1,32		10	1,32		10	1,32
Опора 200	1	1,38	Опора 205	1	1,1	Опора 210	1	1,38
	2	1,47		2	1,12		2	1,47
	3	1,36		3	1,29		3	1,36
	4	1,15		4	1,1		4	1,4
	5	1,46		5	1,12		5	1,46
	6	1,29		6	1,41		6	1,29
	7	1,28		7	1,41		7	1,28
	8	1,5		8	1,32		8	1,5
	9	1,39		9	1,1		9	1,39
	10	1,32		10	1,12		10	1,32

Продолжение таблицы Б1

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 211	1	1,38	Опора 216	1	1,38	Опора 221	1	1,38
	2	1,47		2	1,47		2	1,29
	3	1,36		3	1,36		3	1,27
	4	1,47		4	1,4		4	1,12
	5	1,42		5	1,46		5	1,39
	6	1,39		6	1,29		6	1,32
	7	1,32		7	1,28		7	1,24
	8	1,24		8	1,5		8	1,29
	9	1,1		9	1,39		9	1,27
	10	1,12		10	1,32		10	1,12
Опора 212	1	1,41	Опора 217	1	1,38	Опора 222	1	1,39
	2	1,41		2	1,47		2	1,32
	3	1,32		3	1,36		3	1,24
	4	1,32		4	1,4		4	1,29
	5	1,38		5	1,46		5	1,28
	6	1,47		6	1,29		6	1,47
	7	1,28		7	1,29		7	1,46
	8	1,5		8	1,27		8	1,5
	9	1,39		9	1,12		9	1,39
	10	1,32		10	1,39		10	1,32
Опора 213	1	1,38	Опора 218	1	1,32	Опора 223	1	1,27
	2	1,47		2	1,24		2	1,12
	3	1,36		3	1,29		3	1,39
	4	1,4		4	1,29		4	1,32
	5	1,46		5	1,27		5	1,24
	6	1,29		6	1,12		6	1,29
	7	1,29		7	1,39		7	1,28
	8	1,27		8	1,32		8	1,47
	9	1,12		9	1,24		9	1,42
	10	1,32		10	1,29		10	1,27
Опора 214	1	1,38	Опора 219	1	1,38	Опора 224	1	1,12
	2	1,47		2	1,47		2	1,47
	3	1,36		3	1,36		3	1,36
	4	1,4		4	1,29		4	1,4
	5	1,46		5	1,27		5	1,46
	6	1,29		6	1,12		6	1,29
	7	1,27		7	1,39		7	1,28
	8	1,12		8	1,32		8	1,5
	9	1,39		9	1,24		9	1,39
	10	1,32		10	1,29		10	1,32
Опора 215	1	1,24	Опора 220	1	1,28	Опора 225	1	1,27
	2	1,29		2	1,47		2	1,12
	3	1,28		3	1,29		3	1,39
	4	1,47		4	1,27		4	1,32
	5	1,46		5	1,12		5	1,24
	6	1,29		6	1,39		6	1,1
	7	1,28		7	1,32		7	1,12
	8	1,5		8	1,24		8	1,41
	9	1,39		9	1,29		9	1,41
	10	1,32		10	1,28		10	1,42

Окончание таблицы Б1

№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 226	1	1,41
	2	1,12
	3	1,41
	4	1,32
	5	1,46
	6	1,29
	7	1,28
	8	1,47
	9	1,42
	10	1,42

Таблица Б2 –Результаты измерений прибором УК-1401

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 1	1	3400	Опора 6	1	12000	Опора 11	1	7800
	2	3205		2	8887		2	9200
	3	3627		3	9260		3	10000
	4	3530		4	50		4	9500
	5	3815		5	10800		5	6700
	6	990		6	6820		6	3000
	7	3115		7	100		7	99
	8	3009		8	9800		8	3500
	9	950		9	5700		9	10000
	10	3700		10	6490		10	5050
Опора 2	1	134	Опора 7	1	4800	Опора 12	1	100
	2	1000		2	8720		2	99
	3	2000		3	9300		3	7800
	4	10000		4	12000		4	9200
	5	201		5	8887		5	10000
	6	9900		6	9260		6	9500
	7	7500		7	50		7	6700
	8	6300		8	10800		8	3000
	9	7800		9	4800		9	99
	10	9200		10	8720		10	3500
Опора 3	1	10000	Опора 8	1	100	Опора 13	1	9900
	2	9500		2	50		2	7500
	3	6700		3	8700		3	6300
	4	300		4	6720		4	7800
	5	100		5	3254		5	3000
	6	50		6	6370		6	9980
	7	8700		7	7600		7	3560
	8	6720		8	100		8	11000
	9	3254		9	10150		9	5040
	10	6370		10	9200		10	130
Опора 4	1	7600	Опора 9	1	9900	Опора 14	1	7500
	2	100		2	7500		2	6300
	3	99		3	6300		3	7800
	4	120		4	7800		4	9200
	5	4950		5	9200		5	3560
	6	7670		6	10000		6	9500
	7	1500		7	9500		7	6700
	8	10150		8	6700		8	3000
	9	9200		9	3000		9	99
	10	7600		10	99		10	300
Опора 5	1	10800	Опора 10	1	300	Опора 15	1	100
	2	9620		2	100		2	50
	3	7400		3	50		3	8700
	4	3256		4	8700		4	6720
	5	7800		5	6720		5	3254
	6	6700		6	78		6	6370
	7	100		7	6370		7	7600
	8	4800		8	117		8	100
	9	8720		9	100		9	8990
	10	9300		10	99		10	12100

Продолжение таблицы Б2

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 16	1	3560	Опора 21	1	50	Опора 26	1	8700
	2	9500		2	8700		2	320
	3	6700		3	6300		3	78
	4	3000		4	120		4	6370
	5	99		5	9200		5	117
	6	300		6	3560		6	100
	7	100		7	9500		7	99
	8	50		8	6700		8	7800
	9	8700		9	3000		9	90
	10	6720		10	99		10	250
Опора 17	1	9200	Опора 22	1	9200	Опора 27	1	6370
	2	10000		2	3560		2	7600
	3	9500		3	9500		3	100
	4	9200		4	6700		4	8990
	5	10000		5	3000		5	2100
	6	9500		6	99		6	351
	7	6700		7	300		7	95
	8	3000		8	100		8	60
	9	67		9	50		9	1500
	10	6800		10	8700		10	270
Опора 18	1	9200	Опора 23	1	9500	Опора 28	1	380
	2	3560		2	6700		2	99
	3	9500		3	3000		3	3400
	4	6700		4	120		4	9500
	5	3000		5	9200		5	67
	6	3099		6	3560		6	300
	7	100		7	9500		7	3115
	8	8100		8	9500		8	30
	9	50		9	6700		9	290
	10	8700		10	3000		10	370
Опора 19	1	6300	Опора 24	1	100	Опора 29	1	3400
	2	7800		2	100		2	3205
	3	9200		3	50		3	3627
	4	3560		4	10700		4	3530
	5	9500		5	6720		5	3815
	6	6700		6	100		6	97
	7	3000		7	9500		7	3115
	8	99		8	6700		8	3009
	9	120		9	9500		9	120
	10	100		10	6700		10	3700
Опора 20	1	100	Опора 25	1	6300	Опора 30	1	134
	2	100		2	7800		2	1000
	3	50		3	9200		3	2000
	4	10700		4	3560		4	10000
	5	6720		5	9500		5	201
	6	78		6	6700		6	9900
	7	6370		7	3000		7	7500
	8	117		8	99		8	6300
	9	100		9	120		9	7800
	10	99		10	6800		10	9200

Продолжение таблицы Б2

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 31	1	10000	Опора 36	1	7560	Опора 41	1	3400
	2	9500		2	4320		2	3205
	3	6700		3	9800		3	3627
	4	300		4	8560		4	3530
	5	100		5	630		5	3815
	6	50		6	150		6	990
	7	8700		7	109		7	3115
	8	6720		8	3400		8	3009
	9	3254		9	9500		9	950
	10	6370		10	6700		10	3700
Опора 32	1	7600	Опора 37	1	3000	Опора 42	1	134
	2	100		2	99		2	1000
	3	99		3	3400		3	2000
	4	120		4	9500		4	10000
	5	4950		5	6700		5	201
	6	7670		6	3000		6	9900
	7	1500		7	199		7	7500
	8	10150		8	3400		8	6300
	9	9200		9	9500		9	7800
	10	7600		10	6700		10	9200
Опора 33	1	9200	Опора 38	1	3000	Опора 43	1	10000
	2	3560		2	609		2	9500
	3	9500		3	3000		3	6700
	4	9500		4	199		4	300
	5	6700		5	3400		5	100
	6	3000		6	9500		6	50
	7	100		7	120		7	8700
	8	100		8	6800		8	6720
	9	9500		9	8700		9	3254
	10	6700		10	6720		10	6370
Опора 34	1	3000	Опора 39	1	78	Опора 44	1	7600
	2	99		2	6370		2	100
	3	3400		3	117		3	99
	4	9500		4	990		4	120
	5	6700		5	3515		5	4950
	6	3000		6	3009		6	7670
	7	199		7	950		7	1500
	8	3400		8	3700		8	10150
	9	9500		9	134		9	9200
	10	6700		10	990		10	7600
Опора 35	1	3000	Опора 40	1	3185	Опора 45	1	9500
	2	609		2	3009		2	6700
	3	3400		3	950		3	3000
	4	9500		4	9800		4	99
	5	6700		5	10023		5	300
	6	3000		6	115		6	100
	7	109		7	890		7	50
	8	3400		8	360		8	8700
	9	9500		9	12000		9	6720
	10	6700		10	10000		10	9500

Продолжение таблицы Б2

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 46	1	6300	Опора 51	1	100	Опора 56	1	100
	2	7800		2	50		2	100
	3	9200		3	8700		3	50
	4	10000		4	6720		4	10700
	5	9500		5	3254		5	6720
	6	6700		6	6370		6	78
	7	300		7	7600		7	6370
	8	100		8	100		8	117
	9	50		9	8990		9	100
	10	6340		10	12100		10	99
Опора 47	1	9200	Опора 52	1	3560	Опора 57	1	3400
	2	3560		2	9500		2	3205
	3	9500		3	6700		3	3627
	4	6700		4	3000		4	3530
	5	3000		5	99		5	3815
	6	3254		6	300		6	97
	7	6370		7	100		7	3115
	8	7600		8	50		8	3009
	9	100		9	8700		9	120
	10	99		10	6720		10	3700
Опора 48	1	120	Опора 53	1	9200	Опора 58	1	134
	2	4950		2	10000		2	1000
	3	7670		3	9500		3	2000
	4	100		4	9200		4	10000
	5	99		5	10000		5	201
	6	120		6	9500		6	9900
	7	4950		7	6700		7	7500
	8	7670		8	3000		8	6300
	9	9200		9	67		9	7800
	10	3560		10	6800		10	9200
Опора 49	1	9200	Опора 54	1	9200	Опора 59	1	10000
	2	10000		2	3560		2	9500
	3	9500		3	9500		3	6700
	4	6700		4	6700		4	300
	5	3000		5	3000		5	100
	6	9980		6	3099		6	50
	7	3560		7	100		7	8700
	8	11000		8	8100		8	6720
	9	5040		9	50		9	3254
	10	130		10	8700		10	6370
Опора 50	1	7500	Опора 55	1	6300	Опора 60	1	7600
	2	6300		2	7800		2	100
	3	7800		3	9200		3	99
	4	9200		4	3560		4	120
	5	3560		5	9500		5	4950
	6	9500		6	6700		6	7670
	7	6700		7	3000		7	1500
	8	3000		8	99		8	10150
	9	99		9	120		9	9200
	10	300		10	100		10	7600

Продолжение таблицы Б2

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 61	1	1230	Опора 66	1	97	Опора 71	1	356
	2	2000		2	3115		2	3115
	3	10000		3	3009		3	3009
	4	1067		4	120		4	120
	5	2000		5	3700		5	3700
	6	201		6	134		6	134
	7	9900		7	201		7	1000
	8	7500		8	9900		8	2000
	9	6300		9	7500		9	10000
	10	7800		10	6300		10	97
Опора 62	1	97	Опора 67	1	7800	Опора 72	1	3815
	2	3115		2	9200		2	797
	3	3009		3	10000		3	3115
	4	120		4	9500		4	3009
	5	3700		5	9500		5	120
	6	134		6	6700		6	3700
	7	1000		7	300		7	134
	8	2000		8	100		8	1000
	9	10000		9	50		9	3815
	10	97		10	8700		10	697
Опора 63	1	9200	Опора 68	1	6720	Опора 73	1	3400
	2	10000		2	3254		2	3205
	3	9500		3	6370		3	3627
	4	6700		4	7600		4	3530
	5	100		5	6700		5	3815
	6	50		6	100		6	99
	7	9900		7	50		7	3115
	8	7500		8	9900		8	3009
	9	6300		9	7500		9	950
	10	7800		10	6300		10	370
Опора 64	1	9200	Опора 69	1	3254	Опора 74	1	134
	2	10000		2	6370		2	1000
	3	9500		3	7600		3	2000
	4	6700		4	100		4	10000
	5	300		5	99		5	201
	6	2000		6	1950		6	9900
	7	19600		7	9200		7	120
	8	2000		8	7600		8	6300
	9	10000		9	10150		9	7800
	10	2200		10	9200		10	9200
Опора 65	1	9200	Опора 70	1	201	Опора 75	1	10000
	2	10000		2	9900		2	9500
	3	9500		3	7500		3	6700
	4	6700		4	6300		4	300
	5	300		5	7800		5	100
	6	100		6	9200		6	50
	7	1000		7	10000		7	8700
	8	2000		8	9500		8	6720
	9	12000		9	6700		9	3254
	10	3815		10	300		10	6370

Продолжение таблицы Б2

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 76	1	7600	Опора 81	1	9200	Опора 86	1	3000
	2	100		2	3560		2	99
	3	99		3	9500		3	3400
	4	120		4	9500		4	9500
	5	4950		5	6700		5	150
	6	7670		6	3000		6	109
	7	1500		7	100		7	3400
	8	10150		8	100		8	150
	9	9200		9	9500		9	9500
	10	7600		10	6700		10	6700
Опора 77	1	8560	Опора 82	1	3000	Опора 87	1	3000
	2	630		2	99		2	9500
	3	150		3	3400		3	3000
	4	109		4	9500		4	100
	5	3000		5	6700		5	50
	6	199		6	3000		6	8700
	7	3400		7	199		7	6720
	8	9500		8	3400		8	3254
	9	6700		9	9500		9	10150
	10	3000		10	6700		10	100
Опора 78	1	9200	Опора 83	1	3000	Опора 88	1	3400
	2	3560		2	609		2	9500
	3	9500		3	3400		3	6700
	4	9500		4	9500		4	7560
	5	6700		5	6700		5	4320
	6	9900		6	3000		6	9800
	7	7500		7	109		7	8560
	8	6300		8	3400		8	630
	9	7800		9	9500		9	150
	10	9200		10	6700		10	3400
Опора 79	1	10000	Опора 84	1	7560	Опора 89	1	50
	2	9500		2	4320		2	8700
	3	100		3	9800		3	6300
	4	50		4	8560		4	120
	5	8700		5	630		5	9200
	6	6720		6	150		6	3560
	7	3254		7	109		7	9500
	8	6370		8	3400		8	6700
	9	7600		9	9500		9	3000
	10	100		10	6700		10	99
Опора 80	1	100	Опора 85	1	199	Опора 90	1	9200
	2	50		2	3400		2	3560
	3	1500		3	150		3	9500
	4	10150		4	109		4	6700
	5	9200		5	3400		5	3000
	6	7600		6	3000		6	99
	7	1500		7	100		7	300
	8	3254		8	100		8	100
	9	6370		9	9500		9	50
	10	7600		10	6700		10	8700

Продолжение таблицы Б2

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 91	1	199	Опора 96	1	100	Опора 101	1	3400
	2	3400		2	50		2	3205
	3	150		3	8700		3	3627
	4	109		4	6720		4	3530
	5	3400		5	3254		5	3815
	6	3560		6	6370		6	97
	7	9500		7	7600		7	3115
	8	9500		8	100		8	3009
	9	6700		9	10150		9	120
	10	3000		10	9200		10	3700
Опора 92	1	100	Опора 97	1	3400	Опора 102	1	134
	2	100		2	3205		2	1000
	3	50		3	3627		3	2000
	4	10700		4	3530		4	10000
	5	6720		5	3815		5	201
	6	100		6	990		6	9900
	7	9500		7	3115		7	7500
	8	6700		8	3009		8	6300
	9	9500		9	950		9	7800
	10	6700		10	3700		10	9200
Опора 93	1	10800	Опора 98	1	134	Опора 103	1	10000
	2	9620		2	1000		2	9500
	3	7400		3	2000		3	6700
	4	3256		4	10000		4	300
	5	7800		5	201		5	100
	6	6700		6	9900		6	50
	7	100		7	7500		7	8700
	8	4800		8	6300		8	6720
	9	8720		9	7800		9	3254
	10	9300		10	9200		10	6370
Опора 94	1	12000	Опора 99	1	10000	Опора 104	1	7600
	2	8887		2	9500		2	100
	3	9260		3	6700		3	99
	4	50		4	300		4	120
	5	10800		5	100		5	4950
	6	6820		6	50		6	7670
	7	100		7	8700		7	1500
	8	9800		8	6720		8	10150
	9	5700		9	3254		9	9200
	10	6490		10	6370		10	7600
Опора 95	1	4800	Опора 100	1	7600	Опора 105	1	9200
	2	8720		2	100		2	10000
	3	9300		3	99		3	9500
	4	12000		4	120		4	6700
	5	8887		5	4950		5	3000
	6	9260		6	7670		6	9980
	7	50		7	1500		7	3560
	8	10800		8	10150		8	11000
	9	4800		9	9200		9	5040
	10	8720		10	7600		10	130

Продолжение таблицы Б2

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 106	1	7500	Опора 111	1	100	Опора 116	1	6720
	2	6300		2	9500		2	100
	3	7800		3	6700		3	9500
	4	9200		4	9500		4	6700
	5	3560		5	6700		5	9500
	6	9500		6	9200		6	6700
	7	6700		7	100		7	9200
	8	3000		8	9200		8	3560
	9	99		9	10000		9	9500
	10	300		10	9500		10	6700
Опора 107	1	100	Опора 112	1	6700	Опора 117	1	5040
	2	50		2	3000		2	130
	3	8700		3	9980		3	7500
	4	6720		4	3560		4	6300
	5	3254		5	11000		5	7800
	6	6370		6	5040		6	3560
	7	7600		7	130		7	9500
	8	100		8	7500		8	9500
	9	8990		9	6300		9	9980
	10	12100		10	9200		10	3560
Опора 108	1	3560	Опора 113	1	199	Опора 118	1	11000
	2	9500		2	3400		2	5040
	3	6700		3	150		3	130
	4	3000		4	109		4	7500
	5	99		5	3400		5	6300
	6	300		6	3000		6	7800
	7	100		7	100		7	9980
	8	50		8	100		8	3560
	9	8700		9	9500		9	11000
	10	6720		10	6700		10	5040
Опора 109	1	5040	Опора 114	1	3000	Опора 119	1	130
	2	130		2	99		2	7500
	3	7500		3	300		3	6300
	4	6300		4	9980		4	7800
	5	9980		5	3560		5	9200
	6	3560		6	11000		6	35
	7	199		7	5040		7	9500
	8	3400		8	130		8	6700
	9	150		9	7500		9	3000
	10	109		10	6300		10	8990
Опора 110	1	3400	Опора 115	1	7800	Опора 120	1	12100
	2	3000		2	3560		2	3560
	3	100		3	9500		3	50
	4	100		4	9500		4	8700
	5	9500		5	6700		5	99
	6	6700		6	3000		6	300
	7	3000		7	100		7	100
	8	50		8	100		8	50
	9	10700		9	50		9	8700
	10	6720		10	10700		10	99

Продолжение таблицы Б2

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 121	1	9200	Опора 126	1	3000	Опора 131	1	3000
	2	10000		2	99		2	9500
	3	9500		3	3400		3	3000
	4	6700		4	9500		4	100
	5	300		5	6700		5	50
	6	100		6	3000		6	8700
	7	1000		7	199		7	6720
	8	2000		8	3400		8	3254
	9	12000		9	9500		9	10150
	10	3815		10	6700		10	100
Опора 122	1	97	Опора 127	1	3000	Опора 132	1	3400
	2	3115		2	609		2	9500
	3	3009		3	3400		3	6700
	4	120		4	9500		4	7560
	5	3700		5	6700		5	4320
	6	134		6	3000		6	9800
	7	201		7	109		7	8560
	8	9900		8	3400		8	630
	9	7500		9	9500		9	150
	10	6300		10	6700		10	3400
Опора 123	1	7800	Опора 128	1	100	Опора 133	1	50
	2	9200		2	50		2	8700
	3	10000		3	98		3	6300
	4	9500		4	8560		4	120
	5	9500		5	630		5	9200
	6	6700		6	150		6	3560
	7	300		7	109		7	9500
	8	100		8	150		8	6700
	9	50		9	109		9	3000
	10	8700		10	6700		10	99
Опора 124	1	6720	Опора 129	1	199	Опора 134	1	9200
	2	3254		2	3400		2	3560
	3	6370		3	150		3	9500
	4	7600		4	109		4	6700
	5	199		5	3400		5	3000
	6	3400		6	3000		6	109
	7	150		7	100		7	3400
	8	109		8	100		8	150
	9	3400		9	9500		9	9500
	10	3000		10	6700		10	6700
Опора 125	1	9200	Опора 130	1	3000	Опора 135	1	3000
	2	3560		2	99		2	9500
	3	9500		3	3400		3	3000
	4	9500		4	9500		4	109
	5	6700		5	150		5	3400
	6	3000		6	109		6	109
	7	100		7	3400		7	3400
	8	100		8	150		8	9500
	9	9500		9	9500		9	100
	10	6700		10	6700		10	3000

Продолжение таблицы Б2

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 136	1	100	Опора 141	1	100	Опора 146	1	97
	2	100		2	120		2	3115
	3	50		3	100		3	3009
	4	10700		4	150		4	120
	5	6720		5	12700		5	3700
	6	100		6	6720		6	134
	7	9500		7	78		7	201
	8	6700		8	6570		8	9900
	9	9500		9	113		9	7500
	10	6700		10	310		10	6300
Опора 137	1	9200	Опора 142	1	100	Опора 147	1	7800
	2	10000		2	50		2	9200
	3	9500		3	8700		3	10000
	4	9200		4	6720		4	9500
	5	10000		5	3254		5	9500
	6	9500		6	6370		6	6700
	7	6700		7	7600		7	300
	8	3000		8	6700		8	100
	9	67		9	100		9	50
	10	6800		10	300		10	8700
Опора 138	1	9200	Опора 143	1	5040	Опора 148	1	6720
	2	3560		2	130		2	3254
	3	9500		3	7500		3	6370
	4	6700		4	6300		4	7600
	5	3000		5	7800		5	6700
	6	3099		6	3560		6	100
	7	100		7	9500		7	50
	8	8100		8	9500		8	9900
	9	50		9	9980		9	7500
	10	8700		10	3560		10	6300
Опора 139	1	6300	Опора 144	1	11000	Опора 149	1	300
	2	7800		2	5040		2	100
	3	9200		3	130		3	1000
	4	3560		4	7500		4	2000
	5	9500		5	6300		5	12000
	6	6700		6	7800		6	3815
	7	3000		7	9980		7	97
	8	99		8	3560		8	3115
	9	120		9	11000		9	5040
	10	100		10	5040		10	130
Опора 140	1	100	Опора 145	1	9200	Опора 150	1	7500
	2	100		2	10000		2	6300
	3	50		3	9500		3	7800
	4	10700		4	6700		4	3560
	5	6720		5	300		5	9500
	6	78		6	100		6	9500
	7	6370		7	1000		7	9980
	8	117		8	2000		8	3560
	9	100		9	12000		9	11000
	10	99		10	3815		10	5040

Продолжение таблицы Б2

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 151	1	130	Опора 156	1	100	Опора 161	1	3400
	2	7500		2	1000		2	3205
	3	6300		3	2000		3	3627
	4	7800		4	12000		4	3530
	5	9980		5	3815		5	3815
	6	3560		6	97		6	99
	7	11000		7	3115		7	3115
	8	5040		8	3009		8	3009
	9	130		9	120		9	950
	10	7500		10	3700		10	370
Опора 152	1	6300	Опора 157	1	3400	Опора 162	1	134
	2	300		2	3205		2	1000
	3	100		3	3627		3	2000
	4	50		4	3530		4	10000
	5	8700		5	3815		5	201
	6	6720		6	99		6	9900
	7	3254		7	3115		7	120
	8	6370		8	3009		8	6300
	9	7600		9	950		9	7800
	10	6700		10	370		10	9200
Опора 153	1	3400	Опора 158	1	134	Опора 163	1	10000
	2	3205		2	1000		2	9500
	3	3627		3	2000		3	6700
	4	3530		4	10000		4	300
	5	3815		5	201		5	100
	6	99		6	9900		6	50
	7	3115		7	120		7	8700
	8	3009		8	6300		8	6720
	9	950		9	7800		9	3254
	10	370		10	9200		10	6370
Опора 154	1	134	Опора 159	1	10000	Опора 164	1	7600
	2	1000		2	9500		2	100
	3	2000		3	6700		3	99
	4	10000		4	300		4	120
	5	201		5	100		5	4950
	6	9900		6	50		6	7670
	7	120		7	8700		7	1500
	8	6300		8	6720		8	10150
	9	7800		9	3254		9	9200
	10	9200		10	6370		10	7600
Опора 155	1	10000	Опора 160	1	7600	Опора 165	1	9200
	2	9500		2	100		2	10000
	3	6700		3	99		3	9500
	4	300		4	120		4	6700
	5	100		5	4950		5	300
	6	9200		6	7670		6	100
	7	10000		7	1500		7	1000
	8	9500		8	10150		8	2000
	9	6700		9	9200		9	12000
	10	300		10	7600		10	3815

Продолжение таблицы Б2

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 166	1	97	Опора 171	1	9200	Опора 176	1	3400
	2	3115		2	10000		2	9500
	3	3009		3	9500		3	6700
	4	120		4	6700		4	7560
	5	3700		5	300		5	4320
	6	134		6	100		6	9800
	7	201		7	750		7	8560
	8	9900		8	8700		8	630
	9	7500		9	6720		9	150
	10	6300		10	3254		10	3400
Опора 167	1	7800	Опора 172	1	6370	Опора 177	1	3400
	2	9200		2	6300		2	3205
	3	10000		3	7600		3	3627
	4	9500		4	100		4	3530
	5	9500		5	990		5	3815
	6	6700		6	120		6	990
	7	300		7	4950		7	3115
	8	100		8	7670		8	3009
	9	50		9	1500		9	950
	10	8700		10	10150		10	3700
Опора 168	1	6720	Опора 173	1	199	Опора 178	1	134
	2	3254		2	3400		2	1000
	3	6370		3	150		3	2000
	4	7600		4	109		4	10000
	5	6700		5	3400		5	201
	6	100		6	3000		6	9900
	7	50		7	100		7	7500
	8	9900		8	100		8	6300
	9	7500		9	9500		9	7800
	10	6300		10	6700		10	9200
Опора 169	1	199	Опора 174	1	3000	Опора 179	1	10000
	2	3400		2	99		2	9500
	3	150		3	3400		3	6700
	4	109		4	9500		4	300
	5	3400		5	150		5	100
	6	3000		6	109		6	50
	7	100		7	3400		7	8700
	8	100		8	150		8	6720
	9	9500		9	9500		9	3254
	10	6700		10	6700		10	6370
Опора 170	1	3000	Опора 175	1	3000	Опора 180	1	7600
	2	99		2	9500		2	100
	3	3400		3	3000		3	99
	4	9500		4	100		4	120
	5	150		5	50		5	4950
	6	199		6	8700		6	7670
	7	3400		7	6720		7	1500
	8	150		8	3254		8	10150
	9	63		9	10150		9	9200
	10	7800		10	100		10	7600

Продолжение таблицы Б2

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 181	1	199	Опора 186	1	97	Опора 191	1	10000
	2	3400		2	3115		2	9500
	3	150		3	3009		3	6700
	4	109		4	120		4	300
	5	3400		5	3700		5	100
	6	3000		6	134		6	50
	7	100		7	201		7	8700
	8	100		8	9900		8	6720
	9	9500		9	7500		9	3254
	10	6700		10	6300		10	6370
Опора 182	1	3000	Опора 187	1	7800	Опора 192	1	7600
	2	99		2	9200		2	100
	3	3400		3	10000		3	99
	4	9500		4	9500		4	120
	5	150		5	9500		5	4950
	6	109		6	6700		6	7670
	7	3400		7	300		7	1500
	8	150		8	100		8	10150
	9	9500		9	50		9	9200
	10	6700		10	8700		10	7600
Опора 183	1	3000	Опора 188	1	6720	Опора 193	1	134
	2	9500		2	3254		2	1000
	3	3000		3	6370		3	2000
	4	100		4	7600		4	10000
	5	50		5	6700		5	201
	6	8700		6	100		6	9900
	7	6720		7	50		7	120
	8	3254		8	9900		8	6300
	9	10150		9	7500		9	7800
	10	100		10	6300		10	9200
Опора 184	1	3400	Опора 189	1	3400	Опора 194	1	10000
	2	9500		2	3205		2	199
	3	6700		3	3627		3	3400
	4	7560		4	3530		4	150
	5	4320		5	3815		5	109
	6	9800		6	99		6	3400
	7	8560		7	3115		7	3000
	8	630		8	3009		8	100
	9	150		9	950		9	100
	10	3400		10	370		10	3400
Опора 185	1	9200	Опора 190	1	134	Опора 195	1	3205
	2	10000		2	1000		2	3627
	3	9500		3	2000		3	3530
	4	6700		4	10000		4	3815
	5	300		5	201		5	990
	6	100		6	9900		6	3115
	7	1000		7	120		7	3009
	8	2000		8	6300		8	950
	9	12000		9	7800		9	3700
	10	3815		10	9200		10	134

Продолжение таблицы Б2

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 196	1	1000	Опора 201	1	3400	Опора 206	1	3000
	2	2000		2	3205		2	99
	3	10000		3	3627		3	3400
	4	201		4	3530		4	9500
	5	9900		5	3815		5	150
	6	7500		6	990		6	109
	7	6300		7	3115		7	3400
	8	7800		8	3009		8	150
	9	9200		9	950		9	9500
	10	10000		10	3700		10	6700
Опора 197	1	3400	Опора 202	1	134	Опора 207	1	3000
	2	3205		2	1000		2	9500
	3	3627		3	2000		3	3000
	4	3530		4	10000		4	100
	5	3815		5	201		5	50
	6	990		6	9900		6	8700
	7	3115		7	7500		7	6720
	8	3009		8	6300		8	3254
	9	950		9	7800		9	10150
	10	3700		10	9200		10	100
Опора 198	1	134	Опора 203	1	10000	Опора 208	1	3400
	2	1000		2	9500		2	9500
	3	2000		3	6700		3	6700
	4	10000		4	300		4	7560
	5	201		5	100		5	4320
	6	9900		6	50		6	9800
	7	7500		7	8700		7	8560
	8	6300		8	6720		8	630
	9	7800		9	3254		9	150
	10	9200		10	6370		10	3400
Опора 199	1	10000	Опора 204	1	7600	Опора 209	1	3400
	2	9500		2	100		2	3205
	3	9200		3	99		3	3627
	4	10000		4	120		4	3530
	5	9500		5	4950		5	3815
	6	6700		6	7670		6	990
	7	300		7	1500		7	3115
	8	100		8	10150		8	3009
	9	1000		9	9200		9	950
	10	2000		10	7600		10	3700
Опора 200	1	12000	Опора 205	1	199	Опора 210	1	134
	2	3815		2	3400		2	1000
	3	97		3	150		3	2000
	4	3400		4	109		4	10000
	5	3000		5	3400		5	201
	6	100		6	3000		6	9900
	7	100		7	100		7	7500
	8	3400		8	100		8	6300
	9	3205		9	9500		9	7800
	10	3627		10	6700		10	9200

Продолжение таблицы Б2

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 211	1	10000	Опора 216	1	9900	Опора 221	1	4560
	2	95		2	7500		2	130
	3	3400		3	6300		3	114
	4	3205		4	7800		4	398
	5	3627		5	9200		5	677
	6	351		6	9200		6	347
	7	3815		7	10000		7	915
	8	99		8	95		8	63
	9	311		9	3400		9	8602
	10	3009		10	3205		10	310
Опора 212	1	950	Опора 217	1	5620	Опора 222	1	4800
	2	3700		2	150		2	6723
	3	134		3	230		3	8950
	4	1000		4	130		4	4300
	5	2000		5	114		5	2820
	6	10000		6	698		6	6430
	7	201		7	776		7	315
	8	9900		8	474		8	7890
	9	7500		9	15		9	970
	10	6300		10	630		10	363
Опора 213	1	9200	Опора 218	1	8602	Опора 223	1	114
	2	10000		2	3700		2	98
	3	95		3	1000		3	377
	4	3400		4	150		4	647
	5	3205		5	6700		5	615
	6	3627		6	9820		6	763
	7	351		7	50		7	8602
	8	3815		8	7420		8	101
	9	6300		9	3204		9	4800
	10	7800		10	2720		10	518
Опора 214	1	9200	Опора 219	1	50	Опора 224	1	100
	2	10000		2	8700		2	190
	3	95		3	6300		3	103
	4	3400		4	120		4	2500
	5	3205		5	9200		5	3100
	6	3400		6	3560		6	115
	7	3205		7	9500		7	117
	8	3627		8	6700		8	100
	9	3530		9	3000		9	594
	10	3815		10	99		10	423
Опора 215	1	990	Опора 220	1	100	Опора 225	1	4800
	2	3115		2	487		2	6723
	3	3009		3	339		3	8950
	4	950		4	2500		4	4300
	5	3700		5	99		5	27
	6	134		6	267		6	5300
	7	1000		7	50		7	490
	8	2000		8	113		8	9801
	9	10000		9	528		9	475
	10	201		10	66		10	539

Окончание таблицы Б2

№ опоры	№ замера	Сопротивление , Ом
Опора 226	1	3620
	2	3780
	3	7820
	4	7410
	5	27
	6	5300
	7	3640
	8	9801
	9	4700
	10	39

Таблица Б3 – Результаты измерений прибором ИСО 1М

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 1	1	4600	Опора 6	1	3790	Опора 11	1	9700
	2	5200		2	640		2	8740
	3	950		3	892		3	7650
	4	3530		4	920		4	8230
	5	750		5	1500		5	423
	6	6100		6	4770		6	8640
	7	1560		7	150		7	230
	8	2896		8	300		8	1563
	9	7600		9	740		9	1400
	10	5720		10	630		10	6900
Опора 2	1	6320	Опора 7	1	8700	Опора 12	1	7600
	2	980		2	6300		2	3470
	3	150		3	29		3	269
	4	7600		4	5800		4	4530
	5	340		5	9200		5	370
	6	19000		6	257		6	9800
	7	6700		7	1804		7	3400
	8	4300		8	3905		8	7400
	9	5600		9	7320		9	5600
	10	6450		10	2500		10	7640
Опора 3	1	8900	Опора 8	1	320	Опора 13	1	9450
	2	15000		2	6710		2	6780
	3	270		3	210		3	1345
	4	115		4	2580		4	1600
	5	7600		5	9450		5	127
	6	4820		6	637		6	3600
	7	6450		7	1800		7	8700
	8	8800		8	6789		8	4600
	9	4620		9	9200		9	9600
	10	7800		10	3749		10	2800
Опора 4	1	670	Опора 9	1	370	Опора 14	1	6350
	2	2850		2	1670		2	4270
	3	324		3	8420		3	5120
	4	6500		4	3900		4	117
	5	150		5	540		5	4600
	6	89		6	630		6	6890
	7	630		7	1589		7	7540
	8	789		8	3910		8	270
	9	800		9	7800		9	3200
	10	920		10	3460		10	3600
Опора 5	1	6350	Опора 10	1	3910	Опора 15	1	670
	2	4270		2	5780		2	5850
	3	5120		3	230		3	324
	4	117		4	100		4	6600
	5	46		5	2340		5	450
	6	6890		6	4610		6	289
	7	7540		7	4000		7	1630
	8	270		8	8400		8	589
	9	3200		9	1300		9	200
	10	3600		10	98		10	120

Продолжение таблицы Б3

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 16	1	670	Опора 21	1	50	Опора 26	1	8700
	2	3210		2	8700		2	320
	3	250		3	6300		3	78
	4	940		4	120		4	6370
	5	637		5	9200		5	117
	6	186		6	3560		6	100
	7	67		7	9500		7	99
	8	920		8	6700		8	7800
	9	279		9	3000		9	90
	10	670		10	99		10	250
Опора 17	1	9200	Опора 22	1	9200	Опора 27	1	6370
	2	10000		2	3560		2	7600
	3	9500		3	9500		3	100
	4	9200		4	6700		4	8990
	5	10000		5	3000		5	2100
	6	9500		6	99		6	351
	7	6700		7	300		7	95
	8	3000		8	100		8	60
	9	67		9	50		9	1500
	10	6800		10	8700		10	270
Опора 18	1	9200	Опора 23	1	9500	Опора 28	1	380
	2	3560		2	6700		2	99
	3	9500		3	3000		3	3400
	4	6700		4	120		4	9500
	5	3000		5	9200		5	67
	6	3099		6	3560		6	300
	7	100		7	9500		7	3115
	8	8100		8	9500		8	30
	9	50		9	6700		9	290
	10	8700		10	3000		10	370
Опора 19	1	6300	Опора 24	1	100	Опора 29	1	3400
	2	7800		2	100		2	3205
	3	9200		3	50		3	3627
	4	3560		4	10700		4	3530
	5	9500		5	6720		5	3815
	6	6700		6	100		6	97
	7	3000		7	9500		7	3115
	8	99		8	6700		8	3009
	9	120		9	9500		9	120
	10	100		10	6700		10	3700
Опора 20	1	100	Опора 25	1	6300	Опора 30	1	134
	2	100		2	7800		2	1000
	3	50		3	9200		3	2000
	4	10700		4	3560		4	10000
	5	6720		5	9500		5	201
	6	78		6	6700		6	9900
	7	6370		7	3000		7	7500
	8	117		8	99		8	6300
	9	100		9	120		9	7800
	10	99		10	6800		10	9200

Продолжение таблицы Б3

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 31	1	10000	Опора 36	1	7560	Опора 41	1	3400
	2	9500		2	4320		2	3205
	3	6700		3	9800		3	3627
	4	300		4	8560		4	3530
	5	100		5	630		5	3815
	6	50		6	150		6	990
	7	8700		7	109		7	3115
	8	6720		8	3400		8	3009
	9	3254		9	9500		9	950
	10	6370		10	6700		10	3700
Опора 32	1	7600	Опора 37	1	3000	Опора 42	1	134
	2	100		2	99		2	1000
	3	99		3	3400		3	2000
	4	120		4	9500		4	10000
	5	4950		5	6700		5	201
	6	7670		6	3000		6	9900
	7	1500		7	199		7	7500
	8	10150		8	3400		8	6300
	9	9200		9	9500		9	7800
	10	7600		10	6700		10	9200
Опора 33	1	9200	Опора 38	1	3000	Опора 43	1	10000
	2	3560		2	609		2	9500
	3	9500		3	3000		3	6700
	4	9500		4	199		4	300
	5	6700		5	3400		5	100
	6	3000		6	9500		6	50
	7	100		7	120		7	8700
	8	100		8	6800		8	6720
	9	9500		9	8700		9	3254
	10	6700		10	6720		10	6370
Опора 34	1	3000	Опора 39	1	78	Опора 44	1	7600
	2	99		2	6370		2	100
	3	3400		3	117		3	99
	4	9500		4	990		4	120
	5	6700		5	3515		5	4950
	6	3000		6	3009		6	7670
	7	199		7	950		7	1500
	8	3400		8	3700		8	10150
	9	9500		9	134		9	9200
	10	6700		10	990		10	7600
Опора 35	1	3000	Опора 40	1	3185	Опора 45	1	9500
	2	609		2	3009		2	6700
	3	3400		3	950		3	3000
	4	9500		4	9800		4	99
	5	6700		5	10023		5	300
	6	3000		6	115		6	100
	7	109		7	890		7	50
	8	3400		8	360		8	8700
	9	9500		9	12000		9	6720
	10	6700		10	10000		10	9500

Продолжение таблицы Б3

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 46	1	6300	Опора 51	1	100	Опора 56	1	100
	2	7800		2	50		2	100
	3	9200		3	8700		3	50
	4	10000		4	6720		4	10700
	5	9500		5	3254		5	6720
	6	6700		6	6370		6	78
	7	300		7	7600		7	6370
	8	100		8	100		8	117
	9	50		9	8990		9	100
	10	6340		10	12100		10	99
Опора 47	1	9200	Опора 52	1	3560	Опора 57	1	3400
	2	3560		2	9500		2	3205
	3	9500		3	6700		3	3627
	4	6700		4	3000		4	3530
	5	3000		5	99		5	3815
	6	3254		6	300		6	97
	7	6370		7	100		7	3115
	8	7600		8	50		8	3009
	9	100		9	8700		9	120
	10	99		10	6720		10	3700
Опора 48	1	120	Опора 53	1	9200	Опора 58	1	134
	2	4950		2	10000		2	1000
	3	7670		3	9500		3	2000
	4	100		4	9200		4	10000
	5	99		5	10000		5	201
	6	120		6	9500		6	9900
	7	4950		7	6700		7	7500
	8	7670		8	3000		8	6300
	9	9200		9	67		9	7800
	10	3560		10	6800		10	9200
Опора 49	1	9200	Опора 54	1	9200	Опора 59	1	10000
	2	10000		2	3560		2	9500
	3	9500		3	9500		3	6700
	4	6700		4	6700		4	300
	5	3000		5	3000		5	100
	6	9980		6	3099		6	50
	7	3560		7	100		7	8700
	8	11000		8	8100		8	6720
	9	5040		9	50		9	3254
	10	130		10	8700		10	6370
Опора 50	1	7500	Опора 55	1	6300	Опора 60	1	7600
	2	6300		2	7800		2	100
	3	7800		3	9200		3	99
	4	9200		4	3560		4	120
	5	3560		5	9500		5	4950
	6	9500		6	6700		6	7670
	7	6700		7	3000		7	1500
	8	3000		8	99		8	10150
	9	99		9	120		9	9200
	10	300		10	100		10	7600

Продолжение таблицы Б3

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 61	1	1230	Опора 66	1	97	Опора 71	1	356
	2	2000		2	3115		2	3115
	3	10000		3	3009		3	3009
	4	1067		4	120		4	120
	5	2000		5	3700		5	3700
	6	201		6	134		6	134
	7	9900		7	201		7	1000
	8	7500		8	9900		8	2000
	9	6300		9	7500		9	10000
	10	7800		10	6300		10	97
Опора 62	1	97	Опора 67	1	7800	Опора 72	1	3815
	2	3115		2	9200		2	797
	3	3009		3	10000		3	3115
	4	120		4	9500		4	3009
	5	3700		5	9500		5	120
	6	134		6	6700		6	3700
	7	1000		7	300		7	134
	8	2000		8	100		8	1000
	9	10000		9	50		9	3815
	10	97		10	8700		10	697
Опора 63	1	9200	Опора 68	1	6720	Опора 73	1	3400
	2	10000		2	3254		2	3205
	3	9500		3	6370		3	3627
	4	6700		4	7600		4	3530
	5	100		5	6700		5	3815
	6	50		6	100		6	99
	7	9900		7	50		7	3115
	8	7500		8	9900		8	3009
	9	6300		9	7500		9	950
	10	7800		10	6300		10	370
Опора 64	1	9200	Опора 69	1	3254	Опора 74	1	134
	2	10000		2	6370		2	1000
	3	9500		3	7600		3	2000
	4	6700		4	100		4	10000
	5	300		5	99		5	201
	6	2000		6	1950		6	9900
	7	19600		7	9200		7	120
	8	2000		8	7600		8	6300
	9	10000		9	10150		9	7800
	10	2200		10	9200		10	9200
Опора 65	1	9200	Опора 70	1	201	Опора 75	1	10000
	2	10000		2	9900		2	9500
	3	9500		3	7500		3	6700
	4	6700		4	6300		4	300
	5	300		5	7800		5	100
	6	100		6	9200		6	50
	7	1000		7	10000		7	8700
	8	2000		8	9500		8	6720
	9	12000		9	6700		9	3254
	10	3815		10	300		10	6370

Продолжение таблицы Б3

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 76	1	7600	Опора 81	1	9200	Опора 86	1	3000
	2	100		2	3560		2	994
	3	99		3	9500		3	3400
	4	120		4	9500		4	9500
	5	4950		5	6700		5	150
	6	7670		6	3000		6	109
	7	1500		7	100		7	3400
	8	10150		8	100		8	150
	9	9200		9	9500		9	9500
	10	7600		10	6700		10	6700
Опора 77	1	8560	Опора 82	1	3000	Опора 87	1	3000
	2	630		2	464		2	9500
	3	150		3	3400		3	3000
	4	109		4	9500		4	100
	5	3000		5	6700		5	50
	6	199		6	3000		6	8700
	7	3400		7	199		7	6720
	8	9500		8	3400		8	3254
	9	6700		9	9500		9	10150
	10	3000		10	6700		10	100
Опора 78	1	9200	Опора 83	1	3000	Опора 88	1	3400
	2	3560		2	609		2	9500
	3	9500		3	3400		3	6700
	4	9500		4	9500		4	7560
	5	6700		5	6700		5	4320
	6	9900		6	3000		6	9800
	7	7500		7	109		7	8560
	8	6300		8	3400		8	630
	9	7800		9	9500		9	150
	10	9200		10	6700		10	3400
Опора 79	1	10000	Опора 84	1	7560	Опора 89	1	750
	2	9500		2	4320		2	8700
	3	100		3	9800		3	6300
	4	50		4	8560		4	120
	5	8700		5	630		5	9200
	6	6720		6	150		6	3560
	7	3254		7	109		7	9500
	8	6370		8	3400		8	6700
	9	7600		9	9500		9	3000
	10	100		10	6700		10	499
Опора 80	1	100	Опора 85	1	199	Опора 90	1	9200
	2	50		2	3400		2	3560
	3	1500		3	150		3	9500
	4	10150		4	109		4	6700
	5	9200		5	3400		5	3000
	6	7600		6	3000		6	99
	7	1500		7	100		7	300
	8	3254		8	100		8	100
	9	6370		9	9500		9	50
	10	7600		10	6700		10	8700

Продолжение таблицы Б3

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 91	1	199	Опора 96	1	100	Опора 101	1	3400
	2	3400		2	50		2	3205
	3	150		3	8700		3	3627
	4	109		4	6720		4	3530
	5	3400		5	3254		5	3815
	6	3560		6	6370		6	97
	7	9500		7	7600		7	3115
	8	9500		8	100		8	3009
	9	6700		9	10150		9	120
	10	3000		10	9200		10	3700
Опора 92	1	100	Опора 97	1	3400	Опора 102	1	134
	2	100		2	3205		2	1000
	3	250		3	3627		3	2000
	4	10700		4	3530		4	10000
	5	6720		5	3815		5	201
	6	100		6	990		6	9900
	7	9500		7	3115		7	7500
	8	6700		8	3009		8	6300
	9	9500		9	950		9	7800
	10	6700		10	3700		10	9200
Опора 93	1	10800	Опора 98	1	134	Опора 103	1	10000
	2	9620		2	1000		2	9500
	3	7400		3	2000		3	6700
	4	3256		4	10000		4	300
	5	7800		5	201		5	100
	6	6700		6	9900		6	50
	7	100		7	7500		7	8700
	8	4800		8	6300		8	6720
	9	8720		9	7800		9	3254
	10	9300		10	9200		10	6370
Опора 94	1	12000	Опора 99	1	10000	Опора 104	1	7600
	2	8887		2	9500		2	100
	3	9260		3	6700		3	99
	4	50		4	300		4	120
	5	10800		5	100		5	4950
	6	6820		6	30		6	7670
	7	100		7	8700		7	1500
	8	9800		8	6720		8	10150
	9	5700		9	3254		9	9200
	10	6490		10	6370		10	7600
Опора 95	1	4800	Опора 100	1	7600	Опора 105	1	9200
	2	8720		2	100		2	10000
	3	9300		3	99		3	9500
	4	12000		4	120		4	6700
	5	8887		5	4950		5	3000
	6	9260		6	7670		6	9980
	7	50		7	1500		7	3560
	8	10800		8	10150		8	11000
	9	4800		9	9200		9	5040
	10	8720		10	7600		10	130

Продолжение таблицы Б3

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 106	1	7500	Опора 111	1	100	Опора 116	1	6720
	2	6300		2	9500		2	100
	3	7800		3	6700		3	9500
	4	9200		4	9500		4	6700
	5	3560		5	6700		5	9500
	6	9500		6	9200		6	6700
	7	6700		7	100		7	9200
	8	3000		8	9200		8	3560
	9	99		9	10000		9	9500
	10	300		10	9500		10	6700
Опора 107	1	100	Опора 112	1	6700	Опора 117	1	5040
	2	450		2	3000		2	130
	3	8700		3	9980		3	7500
	4	6720		4	3560		4	6300
	5	3254		5	11000		5	7800
	6	6370		6	5040		6	3560
	7	7600		7	130		7	9500
	8	100		8	7500		8	9500
	9	8990		9	6300		9	9980
	10	12100		10	9200		10	3560
Опора 108	1	3560	Опора 113	1	199	Опора 118	1	11000
	2	9500		2	3400		2	5040
	3	6700		3	150		3	130
	4	3000		4	109		4	7500
	5	99		5	3400		5	6300
	6	300		6	3000		6	7800
	7	100		7	100		7	9980
	8	320		8	100		8	3560
	9	8700		9	9500		9	11000
	10	6720		10	6700		10	5040
Опора 109	1	5040	Опора 114	1	3000	Опора 119	1	130
	2	130		2	199		2	7500
	3	7500		3	300		3	6300
	4	6300		4	9980		4	7800
	5	9980		5	3560		5	9200
	6	3560		6	11000		6	35
	7	199		7	5040		7	9500
	8	3400		8	130		8	6700
	9	150		9	7500		9	3000
	10	109		10	6300		10	8990
Опора 110	1	3400	Опора 115	1	7800	Опора 120	1	12100
	2	3000		2	3560		2	3560
	3	100		3	9500		3	50
	4	100		4	9500		4	8700
	5	9500		5	6700		5	99
	6	6700		6	3000		6	300
	7	3000		7	100		7	100
	8	50		8	100		8	50
	9	10700		9	550		9	8700
	10	6720		10	10700		10	99

Продолжение таблицы Б3

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 121	1	9200	Опора 126	1	3000	Опора 131	1	3000
	2	10000		2	299		2	9500
	3	9500		3	3400		3	3000
	4	6700		4	9500		4	100
	5	300		5	6700		5	50
	6	100		6	3000		6	8700
	7	1000		7	199		7	6720
	8	2000		8	3400		8	3254
	9	12000		9	9500		9	10150
	10	3815		10	6700		10	100
Опора 122	1	97	Опора 127	1	3000	Опора 132	1	3400
	2	3115		2	609		2	9500
	3	3009		3	3400		3	6700
	4	120		4	9500		4	7560
	5	3700		5	6700		5	4320
	6	134		6	3000		6	9800
	7	201		7	109		7	8560
	8	9900		8	3400		8	630
	9	7500		9	9500		9	150
	10	6300		10	6700		10	3400
Опора 123	1	7800	Опора 128	1	100	Опора 133	1	50
	2	9200		2	650		2	8700
	3	10000		3	798		3	6300
	4	9500		4	8560		4	120
	5	9500		5	630		5	9200
	6	6700		6	150		6	3560
	7	300		7	109		7	9500
	8	100		8	150		8	6700
	9	450		9	109		9	3000
	10	8700		10	6700		10	99
Опора 124	1	6720	Опора 129	1	199	Опора 134	1	9200
	2	3254		2	3400		2	3560
	3	6370		3	150		3	9500
	4	7600		4	109		4	6700
	5	199		5	3400		5	3000
	6	3400		6	3000		6	109
	7	150		7	100		7	3400
	8	109		8	100		8	150
	9	3400		9	9500		9	9500
	10	3000		10	6700		10	6700
Опора 125	1	9200	Опора 130	1	3000	Опора 135	1	3000
	2	3560		2	599		2	9500
	3	9500		3	3400		3	3000
	4	9500		4	9500		4	109
	5	6700		5	150		5	3400
	6	3000		6	109		6	109
	7	100		7	3400		7	3400
	8	100		8	150		8	9500
	9	9500		9	9500		9	100
	10	6700		10	6700		10	3000

Продолжение таблицы Б3

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 136	1	100	Опора 141	1	100	Опора 146	1	97
	2	100		2	120		2	3115
	3	50		3	100		3	3009
	4	10700		4	150		4	120
	5	6720		5	12700		5	3700
	6	100		6	6720		6	134
	7	9500		7	78		7	201
	8	6700		8	6570		8	9900
	9	9500		9	113		9	7500
	10	6700		10	310		10	6300
Опора 137	1	9200	Опора 142	1	100	Опора 147	1	7800
	2	10000		2	150		2	9200
	3	9500		3	8700		3	10000
	4	9200		4	6720		4	9500
	5	10000		5	3254		5	9500
	6	9500		6	6370		6	6700
	7	6700		7	7600		7	300
	8	3000		8	6700		8	100
	9	67		9	100		9	50
	10	6800		10	300		10	8700
Опора 138	1	9200	Опора 143	1	5040	Опора 148	1	6720
	2	3560		2	130		2	3254
	3	9500		3	7500		3	6370
	4	6700		4	6300		4	7600
	5	3000		5	7800		5	6700
	6	3099		6	3560		6	100
	7	100		7	9500		7	50
	8	8100		8	9500		8	9900
	9	50		9	9980		9	7500
	10	8700		10	3560		10	6300
Опора 139	1	6300	Опора 144	1	11000	Опора 149	1	300
	2	7800		2	5040		2	100
	3	9200		3	130		3	1000
	4	3560		4	7500		4	2000
	5	9500		5	6300		5	12000
	6	6700		6	7800		6	3815
	7	3000		7	9980		7	97
	8	99		8	3560		8	3115
	9	120		9	11000		9	5040
	10	100		10	5040		10	130
Опора 140	1	100	Опора 145	1	9200	Опора 150	1	7500
	2	100		2	10000		2	6300
	3	50		3	9500		3	7800
	4	10700		4	6700		4	3560
	5	6720		5	300		5	9500
	6	78		6	100		6	9500
	7	6370		7	1000		7	9980
	8	117		8	2000		8	3560
	9	100		9	12000		9	11000
	10	99		10	3815		10	5040

Продолжение таблицы Б3

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 151	1	130	Опора 156	1	100	Опора 161	1	3400
	2	7500		2	1000		2	3205
	3	6300		3	2000		3	3627
	4	7800		4	12000		4	3530
	5	9980		5	3815		5	3815
	6	3560		6	97		6	99
	7	11000		7	3115		7	3115
	8	5040		8	3009		8	3009
	9	130		9	120		9	950
	10	7500		10	3700		10	370
Опора 152	1	6300	Опора 157	1	3400	Опора 162	1	134
	2	300		2	3205		2	1000
	3	100		3	3627		3	2000
	4	50		4	3530		4	10000
	5	8700		5	3815		5	201
	6	6720		6	99		6	9900
	7	3254		7	3115		7	120
	8	6370		8	3009		8	6300
	9	7600		9	950		9	7800
	10	6700		10	370		10	9200
Опора 153	1	3400	Опора 158	1	134	Опора 163	1	10000
	2	3205		2	1000		2	9500
	3	3627		3	2000		3	6700
	4	3530		4	10000		4	300
	5	3815		5	201		5	100
	6	99		6	9900		6	50
	7	3115		7	120		7	8700
	8	3009		8	6300		8	6720
	9	950		9	7800		9	3254
	10	370		10	9200		10	6370
Опора 154	1	134	Опора 159	1	10000	Опора 164	1	7600
	2	1000		2	9500		2	100
	3	2000		3	6700		3	99
	4	10000		4	300		4	120
	5	201		5	100		5	4950
	6	9900		6	50		6	7670
	7	120		7	8700		7	1500
	8	6300		8	6720		8	10150
	9	7800		9	3254		9	9200
	10	9200		10	6370		10	7600
Опора 155	1	10000	Опора 160	1	7600	Опора 165	1	9200
	2	9500		2	100		2	10000
	3	6700		3	99		3	9500
	4	300		4	120		4	6700
	5	100		5	4950		5	300
	6	9200		6	7670		6	100
	7	10000		7	1500		7	1000
	8	9500		8	10150		8	2000
	9	6700		9	9200		9	12000
	10	300		10	7600		10	3815

Продолжение таблицы Б3

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 166	1	97	Опора 171	1	130	Опора 176	1	3400
	2	3115		2	7500		2	9500
	3	3009		3	6300		3	6700
	4	120		4	7800		4	7560
	5	3700		5	9980		5	4320
	6	134		6	3560		6	9800
	7	201		7	11000		7	8560
	8	9900		8	5040		8	630
	9	7500		9	130		9	150
	10	6300		10	7500		10	3400
Опора 167	1	7800	Опора 172	1	6300	Опора 177	1	3400
	2	9200		2	300		2	3205
	3	10000		3	100		3	3627
	4	9500		4	550		4	3530
	5	9500		5	8700		5	3815
	6	6700		6	6720		6	990
	7	300		7	3254		7	3115
	8	100		8	6370		8	3009
	9	50		9	7600		9	950
	10	8700		10	6700		10	3700
Опора 168	1	6720	Опора 173	1	199	Опора 178	1	134
	2	3254		2	3400		2	1000
	3	6370		3	150		3	2000
	4	7600		4	109		4	10000
	5	6700		5	3400		5	201
	6	100		6	3000		6	9900
	7	50		7	100		7	7500
	8	9900		8	100		8	6300
	9	7500		9	9500		9	7800
	10	6300		10	6700		10	9200
Опора 169	1	300	Опора 174	1	3000	Опора 179	1	10000
	2	100		2	99		2	9500
	3	1000		3	3400		3	6700
	4	2000		4	9500		4	300
	5	12000		5	150		5	100
	6	3815		6	109		6	50
	7	97		7	3400		7	8700
	8	3115		8	150		8	6720
	9	5040		9	9500		9	3254
	10	130		10	6700		10	6370
Опора 170	1	7500	Опора 175	1	3000	Опора 180	1	7600
	2	6300		2	9500		2	100
	3	7800		3	3000		3	99
	4	3560		4	100		4	120
	5	9500		5	50		5	4950
	6	9500		6	8700		6	7670
	7	9980		7	6720		7	1500
	8	3560		8	3254		8	10150
	9	11000		9	10150		9	9200
	10	5040		10	100		10	7600

Продолжение таблицы Б3

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 181	1	199	Опора 186	1	97	Опора 191	1	10000
	2	3400		2	3115		2	9500
	3	150		3	3009		3	6700
	4	109		4	120		4	300
	5	3400		5	3700		5	100
	6	3000		6	134		6	50
	7	100		7	201		7	8700
	8	100		8	9900		8	6720
	9	9500		9	7500		9	3254
	10	6700		10	6300		10	6370
Опора 182	1	3000	Опора 187	1	7800	Опора 192	1	7600
	2	99		2	9200		2	100
	3	3400		3	10000		3	99
	4	9500		4	9500		4	120
	5	150		5	9500		5	4950
	6	109		6	6700		6	7670
	7	3400		7	300		7	1500
	8	150		8	100		8	10150
	9	9500		9	50		9	9200
	10	6700		10	8700		10	7600
Опора 183	1	3000	Опора 188	1	6720	Опора 193	1	134
	2	9500		2	3254		2	1000
	3	3000		3	6370		3	2000
	4	100		4	7600		4	10000
	5	50		5	6700		5	201
	6	8700		6	100		6	9900
	7	6720		7	50		7	120
	8	3254		8	9900		8	6300
	9	10150		9	7500		9	7800
	10	100		10	6300		10	9200
Опора 184	1	3400	Опора 189	1	3400	Опора 194	1	10000
	2	9500		2	3205		2	199
	3	6700		3	3627		3	3400
	4	7560		4	3530		4	150
	5	4320		5	3815		5	109
	6	9800		6	99		6	3400
	7	8560		7	3115		7	3000
	8	630		8	3009		8	100
	9	150		9	950		9	100
	10	3400		10	370		10	3400
Опора 185	1	9200	Опора 190	1	134	Опора 195	1	3205
	2	10000		2	1000		2	3627
	3	9500		3	2000		3	3530
	4	6700		4	10000		4	3815
	5	300		5	201		5	990
	6	100		6	9900		6	3115
	7	1000		7	120		7	3009
	8	2000		8	6300		8	950
	9	12000		9	7800		9	3700
	10	3815		10	9200		10	134

Продолжение таблицы Б3

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 196	1	1000	Опора 201	1	3400	Опора 206	1	3000
	2	2000		2	3205		2	99
	3	10000		3	3627		3	3400
	4	201		4	3530		4	9500
	5	9900		5	3815		5	150
	6	7500		6	990		6	109
	7	6300		7	3115		7	3400
	8	7800		8	3009		8	150
	9	9200		9	950		9	9500
	10	10000		10	3700		10	6700
Опора 197	1	3400	Опора 202	1	134	Опора 207	1	3000
	2	3205		2	1000		2	9500
	3	3627		3	2000		3	3000
	4	3530		4	10000		4	100
	5	3815		5	201		5	50
	6	990		6	9900		6	8700
	7	3115		7	7500		7	6720
	8	3009		8	6300		8	3254
	9	950		9	7800		9	10150
	10	3700		10	9200		10	100
Опора 198	1	134	Опора 203	1	10000	Опора 208	1	3400
	2	1000		2	9500		2	9500
	3	2000		3	6700		3	6700
	4	10000		4	300		4	7560
	5	201		5	100		5	4320
	6	9900		6	50		6	9800
	7	7500		7	8700		7	8560
	8	6300		8	6720		8	630
	9	7800		9	3254		9	150
	10	9200		10	6370		10	3400
Опора 199	1	10000	Опора 204	1	7600	Опора 209	1	340
	2	9500		2	100		2	320
	3	9200		3	99		3	627
	4	10000		4	120		4	35
	5	9500		5	4950		5	815
	6	6700		6	7670		6	990
	7	300		7	1500		7	115
	8	100		8	10150		8	300
	9	1000		9	9200		9	950
	10	2000		10	7600		10	3700
Опора 200	1	12000	Опора 205	1	199	Опора 210	1	134
	2	3815		2	3400		2	100
	3	97		3	150		3	20
	4	3400		4	109		4	100
	5	3000		5	3400		5	201
	6	100		6	3000		6	990
	7	100		7	100		7	7500
	8	3400		8	100		8	300
	9	3205		9	9500		9	800
	10	3627		10	6700		10	920

Продолжение таблицы Б3

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 211	1	10000	Опора 216	1	990	Опора 221	1	4560
	2	950		2	750		2	130
	3	340		3	6300		3	4114
	4	205		4	7800		4	980
	5	627		5	200		5	770
	6	351		6	200		6	5447
	7	381		7	100		7	159
	8	99		8	950		8	630
	9	311		9	3400		9	8602
	10	308		10	3205		10	100
Опора 212	1	950	Опора 217	1	5620	Опора 222	1	4800
	2	370		2	150		2	6723
	3	134		3	230		3	8950
	4	1500		4	130		4	4300
	5	200		5	114		5	2820
	6	10000		6	98		6	6430
	7	201		7	77		7	150
	8	990		8	47		8	7890
	9	75		9	15		9	97
	10	630		10	63		10	3600
Опора 213	1	9200	Опора 218	1	602	Опора 223	1	5114
	2	100		2	3700		2	4598
	3	950		3	1000		3	8777
	4	400		4	150		4	6547
	5	205		5	6700		5	4515
	6	627		6	9820		6	630
	7	351		7	508		7	8602
	8	815		8	420		8	104
	9	300		9	204		9	4800
	10	800		10	720		10	180
Опора 214	1	920	Опора 219	1	506	Опора 224	1	100
	2	100		2	8700		2	150
	3	95		3	6300		3	103
	4	400		4	120		4	250
	5	3205		5	200		5	3100
	6	400		6	3560		6	115
	7	205		7	9500		7	117
	8	627		8	6700		8	100
	9	530		9	3000		9	94
	10	815		10	9900		10	23
Опора 215	1	990	Опора 220	1	1500	Опора 225	1	480
	2	115		2	7740		2	672
	3	609		3	900		3	950
	4	950		4	500		4	430
	5	370		5	99		5	274
	6	134		6	6700		6	530
	7	105		7	50		7	497
	8	250		8	1300		8	9801
	9	2500		9	28		9	47
	10	201		10	66		10	39

Окончание таблицы Б3

№ опоры	№ замера	Сопротивление , Ом
Опора 226	1	3620
	2	3780
	3	7820
	4	7410
	5	270
	6	5300
	7	3640
	8	9801
	9	4700
	10	5639

Таблица Б4 – Результаты измерений прибором УГК-1

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 1	1	1,5	Опора 6	1	3,39	Опора 11	1	1,35
	2	1,8		2	3,97		2	3,51
	3	1,7		3	3,58		3	2,21
	4	2,5		4	1,61		4	1,69
	5	2,4		5	2,26		5	3,34
	6	1,6		6	1,67		6	2,33
	7	1,8		7	2,41		7	2,14
	8	0,8 (в. п.)		8	2,69		8	3,30
	9	1,7		9	3,30		9	2,33
	10	1,6		10	2,62		10	0,99 (в. п.)
Опора 2	1	2,79	Опора 7	1	3,02	Опора 12	1	2,30
	2	2,59		2	1,85		2	3,75
	3	1,33		3	1,14		3	0,84
	4	1,71		4	1,29		4	0,18
	5	1,66		5	0,31 (в. п.)		5	3,95
	6	0,08		6	3,44		6	0,64
	7	0,70		7	1,81		7	0,22
	8	1,34		8	1,91		8	3,10
	9	3,80		9	1,92		9	0,37
	10	1,45		10	0,31		10	3,74
Опора 3	1	1,16	Опора 8	1	2,39	Опора 13	1	2,24
	2	1,17		2	0,27		2	1,12
	3	1,32		3	1,01		3	3,85
	4	2,26		4	2,28		4	0,60
	5	1,29		5	1,81		5	3,65
	6	1,73		6	3,97		6	0,88
	7	1,91		7	1,83		7	3,60
	8	0,82		8	1,04		8	3,11
	9	1,63		9	0,81		9	2,40
	10	1,48		10	1,62		10	0,24
Опора 4	1	1,37	Опора 9	1	2,21	Опора 14	1	2,06
	2	0,26		2	1,27		2	1,87
	3	2,28		3	2,67		3	1,86
	4	1,91		4	0,83		4	2,69
	5	1,18		5	3,71		5	2,73
	6	2,41		6	0,10		6	0,17
	7	2,89		7	2,72		7	0,20
	8	0,56		8	0,54		8	2,91
	9	1,41		9	0,84		9	1,91
	10	0,85		10	2,92		10	1,99
Опора 5	1	0,06	Опора 10	1	0,34	Опора 15	1	0,98
	2	1,32		2	1,58		2	2,09
	3	1,44		3	2,33		3	3,11
	4	2,36		4	3,95		4	1,57
	5	1,97		5	0,05		5	0,87
	6	1,45		6	0,79		6	0,73
	7	1,65		7	0,27		7	3,61
	8	2,96		8	3,46		8	2,73
	9	1,97		9	0,48		9	1,36
	10	1,44		10	3,48		10	0,20 (в. п.)

Продолжение таблицы Б4

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 16	1	1,84	Опора 21	1	1,32	Опора 26	1	2,84
	2	2,02		2	1,60		2	0,01
	3	1,77		3	1,89		3	2,85
	4	3,35		4	3,37		4	3,71
	5	2,41		5	1,70		5	1,34
	6	0,92		6	0,13		6	2,05
	7	3,13		7	3,31		7	2,62
	8	1,42		8	3,52		8	2,24
	9	0,12		9	0,07		9	2,89
	10	0,49		10	2,25		10	0,67
Опора 17	1	3,33	Опора 22	1	1,17	Опора 27	1	0,87
	2	1,78		2	1,92		2	3,39
	3	1,42		3	0,70		3	1,00
	4	3,50		4	0,15		4	0,09
	5	2,04		5	3,97		5	3,43
	6	1,15		6	1,79		6	0,61
	7	3,95		7	2,82		7	0,18
	8	3,62		8	0,23		8	1,09
	9	2,44		9	1,33		9	1,36
	10	1,17		10	0,20		10	0,48
Опора 18	1	2,41	Опора 23	1	3,84	Опора 28	1	3,27
	2	2,43		2	1,27		2	0,15
	3	3,69		3	3,34		3	1,72
	4	0,88		4	0,13		4	3,40
	5	0,71		5	0,88		5	3,58
	6	2,81		6	1,64		6	1,30
	7	1,61		7	1,28		7	1,79
	8	1,37		8	1,29		8	0,68
	9	1,75		9	0,72		9	1,91
	10	3,83		10	0,22		10	1,78
Опора 19	1	2,25	Опора 24	1	3,39	Опора 29	1	2,71
	2	1,75		2	3,34		2	3,25
	3	2,57		3	1,46		3	0,84
	4	1,66		4	3,95		4	3,19
	5	2,47		5	0,68		5	0,75
	6	0,64		6	3,92		6	3,66
	7	2,82		7	3,92		7	2,30
	8	1,37		8	0,15		8	1,78
	9	3,62		9	0,08		9	2,12
	10	0,85		10	1,62		10	1,20
Опора 20	1	2,97	Опора 25	1	2,25	Опора 30	1	3,97
	2	0,61		2	1,71		2	3,08
	3	3,01		3	1,79		3	0,69
	4	1,90		4	3,44		4	1,32
	5	1,68		5	1,16		5	2,26
	6	1,77		6	1,59		6	2,41
	7	0,09		7	1,88		7	2,71
	8	0,21		8	1,38		8	1,11
	9	0,86		9	0,34		9	1,51
	10	3,26		10	1,90		10	0,84

Продолжение таблицы Б4

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 31	1	1,20	Опора 36	1	1,59	Опора 41	1	2,00
	2	1,13		2	3,51		2	1,84
	3	2,40		3	3,08		3	2,46
	4	0,11		4	0,53		4	1,42
	5	3,48		5	2,57		5	0,52
	6	2,50		6	2,81		6	0,39
	7	3,73		7	2,91		7	3,85
	8	3,77		8	2,38		8	2,03
	9	1,36		9	3,76		9	0,64
	10	3,58		10	3,41		10	0,44
Опора 32	1	2,20	Опора 37	1	2,52	Опора 42	1	1,47
	2	1,15		2	2,59		2	2,75
	3	1,78		3	1,31		3	3,41
	4	2,29		4	1,79		4	0,94
	5	1,02		5	3,24		5	1,07
	6	3,96		6	1,56		6	2,71
	7	0,66		7	0,68		7	3,50
	8	3,74		8	2,70		8	2,93
	9	3,13		9	1,15		9	0,57
	10	3,45		10	1,23		10	2,70
Опора 33	1	2,81	Опора 38	1	3,64	Опора 43	1	3,04
	2	1,67		2	1,74		2	2,66
	3	1,00		3	2,56		3	2,91
	4	2,44		4	1,66		4	0,11
	5	1,20		5	1,63		5	0,02
	6	3,46		6	2,94		6	0,69
	7	1,27		7	0,82		7	3,58
	8	3,14		8	1,92		8	3,77
	9	1,55		9	3,73		9	0,62
	10	1,51		10	0,72		10	3,68
Опора 34	1	3,13	Опора 39	1	2,45	Опора 44	1	1,05
	2	1,34		2	3,99		2	0,11
	3	2,40		3	3,16		3	0,28
	4	2,57		4	0,43		4	0,63
	5	1,34		5	2,15		5	2,31
	6	3,32		6	2,09		6	2,35
	7	1,48		7	1,76		7	1,26
	8	2,06		8	2,66		8	3,78
	9	2,99		9	0,11		9	1,37
	10	3,25		10	1,03		10	2,25
Опора 35	1	1,13	Опора 40	1	1,61	Опора 45	1	1,22
	2	2,19		2	0,76		2	3,39
	3	0,72		3	1,56		3	1,67
	4	3,71		4	1,48		4	3,23
	5	0,17		5	1,49		5	3,93
	6	0,67		6	0,57		6	1,75
	7	2,33		7	0,29		7	2,52
	8	3,12		8	0,43		8	1,06
	9	1,91		9	1,41		9	3,59
	10	0,64		10	1,56		10	0,45

Продолжение таблицы Б4

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 46	1	0,08	Опора 51	1	3,18	Опора 56	1	0,63
	2	0,25		2	2,78		2	3,01
	3	2,05		3	1,52		3	1,31
	4	0,67		4	1,20		4	0,36
	5	1,63		5	2,27		5	2,43
	6	3,19		6	2,84		6	1,37
	7	1,05		7	3,12		7	3,36
	8	0,12		8	0,79		8	2,35
	9	0,08		9	2,37		9	3,82
	10	1,50		10	1,94		10	3,08
Опора 47	1	0,39	Опора 52	1	3,89	Опора 57	1	3,24
	2	2,78		2	2,95		2	1,88
	3	2,98		3	2,18		3	2,01
	4	0,90		4	0,40		4	2,19
	5	1,63		5	1,12		5	2,04
	6	1,22		6	0,66		6	1,26
	7	3,80		7	1,20		7	1,66
	8	2,70		8	0,15		8	1,44
	9	1,95		9	2,80		9	0,44
	10	2,30		10	1,54		10	0,07
Опора 48	1	1,03	Опора 53	1	0,52	Опора 58	1	3,27
	2	1,91		2	3,43		2	2,87
	3	2,39		3	1,08		3	0,51
	4	2,04		4	0,62		4	2,52
	5	0,65		5	1,18		5	2,81
	6	2,15		6	2,44		6	1,32
	7	1,27		7	1,71		7	2,41
	8	3,17		8	1,86		8	2,36
	9	0,60		9	1,49		9	1,02
	10	3,94		10	0,44		10	1,59
Опора 49	1	2,97	Опора 54	1	3,03	Опора 59	1	3,46
	2	2,69		2	1,85		2	0,28
	3	1,46		3	0,02		3	1,32
	4	0,06		4	3,03		4	3,16
	5	0,69		5	2,57		5	3,63
	6	2,22		6	1,85		6	2,11
	7	2,03		7	2,43		7	0,99
	8	1,84		8	0,02		8	3,86
	9	0,80		9	1,23		9	1,19
	10	1,67		10	0,41		10	1,22
Опора 50	1	2,02	Опора 55	1	3,73	Опора 60	1	2,18
	2	2,85		2	3,48		2	3,68
	3	1,86		3	1,74		3	0,21
	4	3,18 (в. п.)		4	1,90		4	2,84
	5	2,46		5	0,85		5	1,20
	6	2,19		6	1,81		6	1,40
	7	2,09		7	1,04		7	0,28
	8	2,32		8	1,12		8	1,66
	9	0,51		9	2,81		9	2,45
	10	2,92		10	3,28		10	1,18

Продолжение таблицы Б4

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 61	1	2,44	Опора 66	1	1,60	Опора 71	1	2,42
	2	0,14		2	0,80		2	0,33
	3	3,58		3	0,95		3	2,09
	4	3,17		4	1,75		4	2,88
	5	3,14		5	0,78		5	0,37
	6	3,94		6	1,46		6	0,48
	7	0,11		7	1,34		7	1,18
	8	1,18		8	1,77		8	3,92
	9	1,73		9	3,56		9	0,94
	10	3,18		10	3,36		10	3,70
Опора 62	1	2,26	Опора 67	1	3,03	Опора 72	1	1,67
	2	2,89		2	3,67		2	2,12
	3	1,07		3	2,22		3	3,05
	4	1,03		4	3,03		4	3,20
	5	0,50		5	1,12		5	0,28
	6	3,32		6	3,00		6	3,22
	7	1,09 (в. п.)		7	0,63		7	1,09
	8	0,14		8	2,87		8	2,38
	9	3,62		9	1,72		9	2,03
	10	2,76		10	3,69		10	0,05
Опора 63	1	3,17	Опора 68	1	3,14	Опора 73	1	0,91
	2	3,27		2	3,56		2	0,43
	3	3,17		3	3,06		3	3,15
	4	3,05		4	2,59		4	1,36
	5	3,20		5	3,19		5	2,95
	6	1,73		6	2,00		6	3,55
	7	1,56		7	2,79		7	1,74
	8	2,42		8	3,07		8	0,82
	9	0,03		9	2,95		9	2,36
	10	3,53		10	2,08		10	1,30
Опора 64	1	2,27	Опора 69	1	3,34	Опора 74	1	2,28
	2	2,35		2	3,05		2	2,08
	3	3,59		3	1,45		3	0,82
	4	0,65		4	1,06		4	2,97
	5	3,51		5	1,75		5	2,06
	6	1,24		6	3,91		6	3,41
	7	3,75		7	3,89		7	1,48
	8	3,09		8	3,17		8	3,98
	9	3,16		9	0,09		9	3,34
	10	0,67		10	2,96		10	3,97
Опора 65	1	2,14	Опора 70	1	3,09	Опора 75	1	2,46
	2	1,97		2	3,81		2	0,64
	3	1,74		3	3,44		3	0,45
	4	1,64		4	1,54		4	2,42
	5	0,32		5	2,04		5	1,09
	6	0,32		6	3,36		6	3,56
	7	1,66		7	2,37		7	0,25
	8	1,85		8	1,99		8	1,39
	9	2,34		9	1,82		9	3,03
	10	3,79		10	1,79		10	2,41

Продолжение таблицы Б4

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 76	1	3,87	Опора 81	1	2,39	Опора 86	1	3,00
	2	0,16		2	0,77		2	1,57
	3	1,08		3	3,32		3	1,28
	4	1,81		4	0,16		4	2,67
	5	2,91		5	3,02		5	2,43
	6	0,31		6	0,68		6	1,86
	7	1,91		7	0,21		7	3,92
	8	2,47		8	2,59		8	2,07
	9	2,27		9	0,39		9	2,36
	10	0,92		10	3,14		10	3,34
Опора 77	1	1,25	Опора 82	1	2,77	Опора 87	1	0,91
	2	0,17		2	0,12		2	2,95
	3	3,45		3	0,55		3	0,34
	4	1,67		4	2,18		4	2,78
	5	2,44		5	1,10		5	3,13
	6	2,89		6	1,68		6	2,21
	7	3,24		7	1,25		7	0,57
	8	1,34		8	0,68		8	1,79
	9	0,11		9	2,33		9	0,18
	10	3,53		10	0,20		10	2,58
Опора 78	1	2,18	Опора 83	1	0,05	Опора 88	1	0,03
	2	0,81		2	0,78		2	3,07
	3	0,97		3	1,26		3	0,88
	4	1,62		4	3,52		4	0,93
	5	0,99		5	1,34		5	3,51
	6	3,10		6	1,43		6	1,62
	7	1,46		7	2,75		7	2,60
	8	2,12		8	1,77		8	0,20
	9	1,27		9	3,91		9	2,90
	10	1,79		10	3,83		10	2,41
Опора 79	1	3,60	Опора 84	1	2,20	Опора 89	1	0,87
	2	2,85		2	0,84		2	3,71
	3	0,65		3	3,22		3	2,86
	4	2,24		4	0,20		4	3,42
	5	0,77		5	2,36		5	3,79
	6	2,01		6	1,79		6	1,62
	7	2,44		7	1,72		7	2,64
	8	2,24		8	2,01		8	0,26
	9	1,97		9	1,66		9	2,73
	10	2,98		10	1,40		10	1,63
Опора 80	1	2,53	Опора 85	1	1,29	Опора 90	1	2,85
	2	2,06		2	0,76		2	2,64
	3	1,53		3	0,08		3	2,04
	4	0,67		4	2,04		4	2,80
	5	3,78		5	2,67		5	0,98
	6	0,73		6	1,79		6	3,38
	7	3,26		7	0,63		7	2,81
	8	2,88		8	2,63		8	4,00
	9	0,75		9	1,02		9	3,19
	10	0,09		10	2,29		10	2,52

Продолжение таблицы Б4

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 91	1	0,34	Опора 96	1	2,86	Опора 101	1	2,05
	2	2,75		2	0,07		2	0,88
	3	3,71		3	1,40		3	0,29
	4	2,74		4	2,07		4	0,53
	5	0,81		5	0,35		5	3,82
	6	1,93		6	3,80		6	3,55
	7	1,10		7	0,64		7	3,27
	8	2,30		8	1,99		8	1,33
	9	3,28		9	2,58		9	1,71
	10	1,65		10	0,93		10	0,36
Опора 92	1	1,65	Опора 97	1	1,74	Опора 102	1	0,11
	2	2,97		2	0,27		2	3,93
	3	2,61		3	0,75		3	0,61
	4	2,64		4	3,39		4	3,19
	5	3,99		5	1,10		5	2,90
	6	2,21		6	3,86		6	2,06
	7	2,08		7	2,14		7	2,68
	8	1,87		8	3,18		8	3,63
	9	2,09		9	1,52		9	0,16
	10	3,43		10	3,69		10	2,72
Опора 93	1	1,61	Опора 98	1	3,50	Опора 103	1	1,92
	2	3,09		2	1,71		2	3,99
	3	2,63		3	0,54		3	2,36
	4	0,39		4	2,46		4	2,36
	5	3,66		5	1,00		5	0,84
	6	0,43		6	0,87		6	3,12
	7	3,18		7	2,04		7	3,39
	8	0,63		8	0,80		8	1,06
	9	3,75		9	3,60		9	1,43
	10	3,91		10	0,98		10	3,38
Опора 94	1	2,47	Опора 99	1	2,54	Опора 104	1	0,05
	2	0,09		2	3,55		2	2,51
	3	1,38		3	3,93		3	1,04
	4	2,49		4	3,01		4	0,76
	5	1,43		5	0,96		5	1,99
	6	2,62		6	2,96		6	0,85
	7	1,14		7	0,70		7	1,12
	8	1,39		8	0,36		8	2,22
	9	3,64		9	3,30		9	1,15
	10	0,38		10	3,18		10	2,49
Опора 95	1	3,57	Опора 100	1	3,92	Опора 105	1	3,56
	2	0,48		2	3,77		2	2,53
	3	2,69		3	0,12		3	1,93
	4	0,27		4	2,90		4	2,78
	5	2,22		5	1,77		5	1,96
	6	2,84		6	0,78		6	0,58
	7	1,57		7	0,80		7	2,08
	8	2,43		8	1,04		8	3,72
	9	1,85		9	0,69		9	0,48
	10	2,53		10	1,95		10	0,51

Продолжение таблицы Б4

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 106	1	2,80	Опора 111	1	3,73	Опора 116	1	0,54
	2	1,34		2	2,33		2	0,62
	3	3,23		3	0,51		3	2,42
	4	1,42		4	1,07		4	3,08
	5	0,55		5	0,55		5	1,04
	6	3,21		6	1,67		6	1,23
	7	0,40		7	0,21		7	3,17
	8	0,04		8	1,43		8	3,24
	9	3,77		9	1,76		9	1,33
	10	2,00		10	2,52		10	2,37
Опора 107	1	0,29	Опора 112	1	0,63	Опора 117	1	3,12
	2	2,74		2	3,87		2	3,06
	3	1,20		3	0,34		3	2,32
	4	2,64		4	0,29		4	3,73
	5	1,31		5	1,65		5	2,00
	6	3,36		6	0,24		6	0,98
	7	2,51		7	3,84		7	3,29
	8	3,23		8	1,82		8	1,28
	9	2,40		9	2,08		9	3,80
	10	2,95		10	1,64		10	0,35
Опора 108	1	0,21	Опора 113	1	2,63	Опора 118	1	3,69
	2	0,31		2	2,26		2	1,35
	3	3,85		3	3,63		3	1,51
	4	2,96		4	0,06		4	0,85
	5	0,67		5	0,44		5	3,69
	6	0,90		6	3,71		6	0,31
	7	1,98		7	1,52		7	1,22
	8	1,28		8	2,70		8	2,23
	9	0,72		9	3,53		9	2,10
	10	1,34		10	3,47		10	0,66
Опора 109	1	2,86	Опора 114	1	0,91	Опора 119	1	3,54
	2	2,57		2	2,08		2	0,48
	3	0,26		3	0,16		3	3,40
	4	3,67		4	1,34		4	1,54
	5	1,56		5	0,95		5	2,58
	6	3,23		6	1,29		6	3,04
	7	2,91		7	0,18		7	1,61
	8	3,74		8	3,00		8	3,16
	9	1,23		9	1,30		9	1,86
	10	2,15		10	0,19		10	1,85
Опора 110	1	1,15	Опора 115	1	3,71	Опора 120	1	1,05
	2	2,29		2	2,95		2	2,04
	3	2,45		3	0,93		3	0,84
	4	0,40		4	2,81		4	0,79
	5	2,78		5	0,52		5	1,47
	6	0,26		6	1,28		6	1,83
	7	3,51		7	2,50		7	3,15
	8	2,47		8	1,07		8	2,65
	9	2,68		9	3,35		9	2,69
	10	3,12		10	1,21		10	0,10

Продолжение таблицы Б4

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 121	1	1,79	Опора 126	1	1,35	Опора 131	1	1,53
	2	2,73		2	3,97		2	2,92
	3	3,90		3	1,89		3	0,31
	4	2,79		4	1,63		4	1,02
	5	2,03		5	1,16		5	3,52
	6	3,24		6	2,71		6	1,69
	7	1,66		7	0,12		7	0,56
	8	1,01		8	3,85		8	2,26
	9	0,91		9	2,81		9	1,67
	10	1,01		10	1,74		10	2,84
Опора 122	1	3,29	Опора 127	1	3,25	Опора 132	1	3,34
	2	3,05		2	0,13		2	3,07
	3	0,16		3	3,54		3	2,50
	4	2,96		4	2,95		4	0,45
	5	2,51		5	3,66		5	1,63
	6	1,99		6	1,45		6	2,93
	7	2,89		7	0,34		7	0,30
	8	3,73		8	1,62		8	0,23
	9	2,86		9	1,62		9	2,58
	10	0,50		10	1,26		10	2,39
Опора 123	1	3,39	Опора 128	1	2,92	Опора 133	1	3,83
	2	3,39		2	2,02		2	1,94
	3	0,39		3	1,48		3	0,36
	4	1,77		4	0,21		4	0,00
	5	1,66		5	3,49		5	2,17
	6	3,83		6	0,68		6	3,44
	7	0,65		7	0,22		7	2,63
	8	3,29		8	3,20		8	3,08
	9	1,72		9	2,26		9	3,29
	10	2,00		10	1,95		10	3,36
Опора 124	1	0,58	Опора 129	1	3,47	Опора 134	1	1,81
	2	1,91		2	3,58		2	1,60
	3	2,47		3	0,25		3	2,39
	4	1,45		4	1,46		4	3,85
	5	1,19		5	1,91		5	1,12
	6	2,96		6	1,61		6	3,24
	7	0,92		7	0,39		7	3,06
	8	2,11		8	1,69		8	3,51
	9	0,08		9	2,23		9	1,08
	10	3,13		10	1,28		10	2,12
Опора 125	1	2,56	Опора 130	1	2,25	Опора 135	1	0,40
	2	3,15		2	3,39		2	1,43
	3	2,57		3	2,16		3	0,69
	4	2,18		4	2,56		4	1,29
	5	2,03		5	1,16		5	2,57
	6	0,46		6	0,24		6	0,58
	7	0,25		7	1,38		7	1,46
	8	2,47		8	1,22		8	0,75
	9	2,11		9	0,78		9	1,64
	10	2,52		10	2,63		10	0,66

Продолжение таблицы Б4

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 136	1	2,51	Опора 141	1	3,08	Опора 146	1	0,19
	2	3,96		2	3,68		2	2,99
	3	3,36		3	2,25		3	2,92
	4	0,70		4	3,83		4	2,14
	5	0,51		5	0,04		5	1,59
	6	1,18		6	1,31		6	0,25
	7	2,72		7	3,61		7	1,79
	8	2,45		8	1,03		8	1,90
	9	3,35		9	1,11		9	1,12
	10	0,51		10	1,06		10	2,09
Опора 137	1	1,27	Опора 142	1	1,67	Опора 147	1	3,81
	2	0,43		2	2,02		2	1,51
	3	1,95		3	3,98		3	3,90
	4	0,46		4	0,16		4	0,90
	5	2,75		5	3,03		5	3,01
	6	3,62		6	1,87		6	3,31
	7	0,71		7	3,04		7	0,68
	8	3,98		8	2,27		8	0,19
	9	2,17		9	3,96		9	2,86
	10	3,33		10	3,48		10	3,72
Опора 138	1	1,50	Опора 143	1	0,78	Опора 148	1	2,89
	2	0,46		2	1,56		2	2,99
	3	1,48		3	2,12		3	0,05
	4	3,18		4	3,79		4	2,44
	5	0,11		5	2,44		5	0,70
	6	1,17		6	2,85		6	2,92
	7	0,64		7	2,65		7	3,64
	8	3,76		8	1,00		8	0,07
	9	1,04		9	1,82		9	1,76
	10	1,33		10	1,98		10	3,06
Опора 139	1	1,15	Опора 144	1	0,29	Опора 149	1	1,75
	2	3,43		2	3,54		2	2,74
	3	3,71		3	0,99		3	3,15
	4	0,04		4	1,05		4	2,58
	5	0,35		5	3,20		5	0,79
	6	4,00		6	0,07		6	2,60
	7	1,05		7	0,76		7	0,16
	8	1,73		8	0,91		8	2,46
	9	0,57		9	1,96		9	2,63
	10	0,82		10	0,37		10	0,30
Опора 140	1	3,89	Опора 145	1	2,50	Опора 150	1	3,20
	2	3,11		2	0,20		2	3,82
	3	2,41		3	2,19		3	2,26
	4	3,80		4	1,62		4	3,26
	5	3,05		5	0,37		5	3,35
	6	3,02		6	2,07		6	3,64
	7	2,72		7	1,32		7	1,33
	8	1,30		8	0,67		8	3,55
	9	0,70		9	3,04		9	0,06
	10	2,58		10	3,59		10	1,36

Продолжение таблицы Б4

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 151	1	3,72	Опора 156	1	1,91	Опора 161	1	1,00
	2	2,77		2	0,23		2	0,21
	3	0,36		3	3,28		3	3,22
	4	1,08		4	0,38		4	1,91
	5	0,45		5	0,53		5	2,36
	6	3,39		6	3,64		6	1,03
	7	1,13		7	3,94		7	2,27
	8	1,70		8	2,52		8	3,34
	9	3,02		9	1,28		9	2,38
	10	0,33		10	0,19		10	0,48
Опора 152	1	1,57	Опора 157	1	0,40	Опора 162	1	0,66
	2	3,56		2	1,14		2	1,97
	3	0,58		3	0,24		3	1,04
	4	3,66		4	1,90		4	2,15
	5	3,47		5	2,00		5	2,68
	6	3,92		6	3,58		6	2,04
	7	1,89		7	0,82		7	3,43
	8	2,53		8	3,61		8	2,75
	9	2,24		9	2,86		9	3,59
	10	1,21		10	3,45		10	3,07
Опора 153	1	2,46	Опора 158	1	1,60	Опора 163	1	4,00
	2	2,31		2	3,77		2	2,03
	3	2,26		3	0,66		3	0,29
	4	1,54		4	3,51		4	2,67
	5	0,80		5	1,06		5	0,95
	6	3,27		6	0,78		6	0,36
	7	1,21		7	3,54		7	3,99
	8	0,24		8	0,86		8	0,87
	9	0,49		9	0,79		9	0,77
	10	0,75		10	2,10		10	3,69
Опора 154	1	0,72	Опора 159	1	2,36	Опора 164	1	3,30
	2	0,84		2	0,22		2	1,25
	3	1,16		3	3,93		3	0,16
	4	3,92		4	2,55		4	0,21
	5	0,82		5	2,43		5	3,77
	6	1,32		6	1,54		6	1,01
	7	2,09		7	1,25		7	2,99
	8	3,65		8	0,25		8	2,18
	9	1,07		9	1,77		9	2,75
	10	2,78		10	3,81		10	3,39
Опора 155	1	0,43	Опора 160	1	0,59	Опора 165	1	2,16
	2	1,73		2	3,54		2	2,45
	3	3,23		3	0,43		3	1,58
	4	1,19		4	0,53		4	1,68
	5	1,97		5	0,44		5	0,40
	6	1,82		6	1,93		6	1,60
	7	2,49		7	0,77		7	1,33
	8	1,74		8	0,94		8	0,55
	9	2,90		9	1,75		9	2,59
	10	2,36		10	2,14		10	2,11

Продолжение таблицы Б4

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 166	1	2,04	Опора 171	1	1,27	Опора 176	1	1,48
	2	1,76		2	3,53		2	1,52
	3	3,30		3	1,15		3	0,55
	4	2,29		4	3,60		4	2,84
	5	2,55		5	3,27		5	3,78
	6	1,29		6	2,80		6	1,92
	7	3,54		7	1,23		7	0,70
	8	2,36		8	2,09		8	2,68
	9	3,48		9	0,55		9	1,51
	10	1,77		10	1,22		10	2,68
Опора 167	1	2,11	Опора 172	1	1,67	Опора 177	1	2,98
	2	3,83		2	1,79		2	0,50
	3	2,46		3	1,60		3	1,83
	4	3,63		4	3,39		4	3,70
	5	2,81		5	1,18		5	3,60
	6	3,07		6	1,85		6	3,95
	7	3,38		7	2,07		7	2,54
	8	0,02		8	1,79		8	1,76
	9	1,71		9	1,36		9	3,52
	10	3,48		10	3,27		10	0,87
Опора 168	1	0,86	Опора 173	1	0,22	Опора 178	1	0,50
	2	1,42		2	2,06		2	0,20
	3	3,40		3	0,23		3	1,42
	4	1,52		4	3,21		4	2,46
	5	2,87		5	2,52		5	3,88
	6	2,75		6	2,23		6	1,33
	7	3,08		7	1,97		7	1,70
	8	0,84		8	0,23		8	2,40
	9	2,31		9	1,50		9	0,49
	10	1,92		10	0,24		10	1,54
Опора 169	1	3,35	Опора 174	1	3,16	Опора 179	1	1,38
	2	1,95		2	0,92		2	1,12
	3	1,35		3	0,69		3	1,77
	4	0,96		4	1,37		4	2,52
	5	3,04		5	2,52		5	0,09
	6	2,06		6	1,37		6	3,27
	7	1,89		7	0,36		7	2,33
	8	1,31		8	1,70		8	2,33
	9	3,86		9	1,61		9	3,73
	10	0,71		10	0,83		10	3,37
Опора 170	1	0,62	Опора 175	1	3,29	Опора 180	1	3,48
	2	0,33		2	0,62		2	1,86
	3	2,32		3	0,22		3	1,15
	4	1,38		4	1,46		4	2,36
	5	3,19		5	2,90		5	1,69
	6	2,30		6	0,98		6	0,55
	7	2,97		7	4,00		7	1,02
	8	3,31		8	0,69		8	2,34
	9	1,97		9	1,04		9	2,53
	10	2,19		10	3,11		10	0,89

Продолжение таблицы Б4

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 181	1	1,39	Опора 186	1	0,75	Опора 191	1	0,46
	2	2,65		2	2,50		2	2,66
	3	3,33		3	0,28		3	0,76
	4	2,84		4	3,84		4	2,69
	5	0,70		5	3,09		5	0,94
	6	2,39		6	2,62		6	1,98
	7	0,93		7	0,92		7	0,74
	8	1,92		8	1,52		8	1,06
	9	1,50		9	1,72		9	1,20
	10	3,94		10	3,24		10	2,18
Опора 182	1	3,08	Опора 187	1	1,05	Опора 192	1	2,19
	2	3,76		2	1,10		2	3,38
	3	1,48		3	1,06		3	1,23
	4	2,45		4	2,60		4	3,14
	5	2,30		5	1,45		5	1,47
	6	3,90		6	0,03		6	1,35
	7	0,83		7	1,89		7	3,93
	8	1,09		8	1,36		8	3,20
	9	1,03		9	1,04		9	0,89
	10	0,98		10	3,97		10	3,24
Опора 183	1	3,96	Опора 188	1	0,18	Опора 193	1	2,68
	2	3,93		2	0,39		2	3,13
	3	0,66		3	1,11		3	2,19
	4	3,60		4	2,01		4	1,86
	5	1,70		5	0,25		5	3,51
	6	1,29		6	1,64		6	2,25
	7	2,80		7	1,64		7	0,81
	8	3,76		8	1,30		8	0,29
	9	0,09		9	0,20		9	2,93
	10	2,97		10	0,66		10	2,82
Опора 184	1	2,78	Опора 189	1	1,51	Опора 194	1	3,81
	2	3,61		2	2,32		2	0,61
	3	3,36		3	2,46		3	2,10
	4	1,91		4	0,21		4	2,39
	5	2,53		5	0,38		5	2,95
	6	3,24		6	3,68		6	2,70
	7	3,91		7	2,87		7	2,38
	8	0,78		8	2,69		8	0,32
	9	1,13		9	3,01		9	3,01
	10	1,40		10	0,02		10	3,33
Опора 185	1	0,26	Опора 190	1	2,66	Опора 195	1	0,14
	2	0,32		2	3,09		2	1,24
	3	1,64		3	0,32		3	0,12
	4	1,78		4	1,74		4	3,55
	5	1,85		5	3,67		5	3,53
	6	2,90		6	0,20		6	2,51
	7	2,90		7	1,82		7	1,98
	8	1,39		8	2,53		8	2,39
	9	3,28		9	1,45		9	0,40
	10	0,65		10	1,83		10	1,19

Продолжение таблицы Б4

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 196	1	3,44	Опора 201	1	3,85	Опора 206	1	0,76
	2	2,94		2	0,12		2	2,51
	3	1,32		3	2,23		3	2,65
	4	3,99		4	0,94		4	1,27
	5	0,29		5	3,38		5	2,24
	6	2,82		6	2,59		6	0,32
	7	0,67		7	1,19		7	3,02
	8	2,18		8	2,55		8	3,10
	9	2,29		9	0,36		9	0,68
	10	2,35		10	1,75		10	2,04
Опора 197	1	1,97	Опора 202	1	0,28	Опора 207	1	0,10
	2	1,18		2	2,32		2	0,72
	3	3,89		3	3,55		3	1,41
	4	0,44		4	0,89		4	2,78
	5	3,90		5	2,08		5	2,57
	6	0,03		6	2,66		6	2,18
	7	1,58		7	1,83		7	2,44
	8	3,34		8	3,51		8	3,60
	9	0,92		9	0,78		9	0,71
	10	2,23		10	3,24		10	2,62
Опора 198	1	3,76	Опора 203	1	0,66	Опора 208	1	1,17
	2	2,29		2	0,49		2	2,41
	3	1,87		3	2,08		3	0,87
	4	0,60		4	2,58		4	2,00
	5	2,71		5	0,05		5	0,78
	6	0,63		6	2,73		6	2,16
	7	2,21		7	3,27		7	1,31
	8	1,87		8	1,41		8	0,23
	9	2,63		9	1,18		9	3,84
	10	0,54		10	0,33		10	0,50
Опора 199	1	0,66	Опора 204	1	3,53	Опора 209	1	0,60
	2	2,62		2	1,25		2	1,30
	3	3,20		3	0,27		3	2,01
	4	0,12		4	2,06		4	0,69
	5	2,94		5	0,65		5	3,24
	6	1,86		6	0,89		6	0,93
	7	3,18		7	0,51		7	1,74
	8	2,16		8	0,31		8	3,95
	9	2,31		9	2,08		9	3,62
	10	0,23		10	3,06		10	2,28
Опора 200	1	3,70	Опора 205	1	3,48	Опора 210	1	2,71
	2	2,50		2	1,98		2	3,55
	3	2,97		3	0,66		3	0,62
	4	2,65		4	1,10		4	3,74
	5	0,29		5	3,09		5	0,05
	6	3,72		6	2,76		6	0,15
	7	2,44		7	1,29		7	0,93
	8	2,16		8	0,76		8	2,38
	9	2,44		9	3,49		9	0,11
	10	0,11		10	3,28		10	2,23

Продолжение таблицы Б4

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 211	1	3,33	Опора 216	1	2,83	Опора 221	1	0,67
	2	3,72		2	1,58		2	2,60
	3	2,68		3	3,11		3	0,57
	4	3,98		4	3,20		4	2,94
	5	3,24		5	3,22		5	3,34
	6	3,97		6	3,79		6	2,52
	7	0,49		7	2,30		7	2,44
	8	2,94		8	0,58		8	0,06
	9	0,90		9	1,14		9	2,34
	10	0,97		10	3,34		10	3,69
Опора 212	1	1,68	Опора 217	1	2,68	Опора 222	1	0,22
	2	3,50		2	1,67		2	2,95
	3	1,34		3	2,05		3	2,27
	4	0,05		4	0,47		4	3,98
	5	3,29		5	2,79		5	1,71
	6	3,17		6	0,97		6	2,14
	7	1,59		7	0,33		7	2,91
	8	1,58		8	1,14		8	3,82
	9	0,88		9	2,62		9	3,36
	10	2,75		10	2,72		10	1,69
Опора 213	1	2,15	Опора 218	1	1,04	Опора 223	1	2,01
	2	0,01		2	2,02		2	1,45
	3	0,58		3	3,25		3	0,05
	4	1,59		4	0,26		4	2,76
	5	0,18		5	3,62		5	3,96
	6	3,99		6	2,86		6	2,17
	7	1,94		7	0,65		7	0,39
	8	0,49		8	0,95		8	2,84
	9	1,67		9	3,04		9	0,08
	10	3,03		10	2,84		10	0,65
Опора 214	1	3,65	Опора 219	1	0,12	Опора 224	1	0,20
	2	0,13		2	2,85		2	2,10
	3	2,99		3	0,72		3	3,52
	4	1,33		4	1,97		4	0,02
	5	0,70		5	1,46		5	1,98
	6	0,55		6	3,13		6	1,04
	7	3,70		7	0,77		7	2,78
	8	0,64		8	1,93		8	2,53
	9	3,50		9	0,94		9	2,19
	10	1,57		10	1,94		10	2,95
Опора 215	1	2,02	Опора 220	1	2,52	Опора 225	1	3,36
	2	3,90		2	2,05		2	1,00
	3	2,12		3	1,44		3	3,95
	4	1,67		4	2,56		4	1,79
	5	2,47		5	3,98		5	1,57
	6	2,89		6	0,31		6	2,35
	7	0,25		7	1,92		7	1,51
	8	0,41		8	0,38		8	1,95
	9	0,72		9	3,63		9	1,26
	10	1,30		10	2,75		10	1,10

Продолжение таблицы Б4

№ опоры	№ замера	Угол отклонения, %
Опора 226	1	0,52
	2	3,16
	3	2,77
	4	0,87
	5	1,41
	6	1,67
	7	1,41
	8	1,90
	9	1,13
	10	0,16

Таблица Б5 – Результаты измерений прибором ИНТРОСКОП-98.1

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 1	1	620	Опора 6	1	734	Опора 11	1	775
	2	687		2	865		2	665
	3	745		3	824		3	886
	4	800		4	899		4	888
	5	736		5	868		5	641
	6	740		6	657		6	792
	7	690		7	792		7	641
	8	695		8	812		8	721
	9	720		9	705		9	809
	10	727		10	763		10	812
Опора 2	1	818	Опора 7	1	718	Опора 12	1	621
	2	859		2	739		2	623
	3	782		3	664		3	716
	4	739		4	664		4	600
	5	837		5	749		5	748
	6	753		6	603		6	879
	7	652		7	729		7	783
	8	863		8	705		8	795
	9	619		9	818		9	647
	10	862		10	727		10	863
Опора 3	1	620	Опора 8	1	730	Опора 13	1	882
	2	740		2	872		2	679
	3	692		3	796		3	734
	4	735		4	747		4	801
	5	872		5	718		5	724
	6	603		6	740		6	703
	7	653		7	697		7	768
	8	721		8	639		8	641
	9	675		9	712		9	749
	10	736		10	647		10	784
Опора 4	1	688	Опора 9	1	631	Опора 14	1	860
	2	645		2	781		2	659
	3	717		3	670		3	775
	4	852		4	707		4	893
	5	878		5	675		5	843
	6	770		6	661		6	620
	7	670		7	644		7	847
	8	743		8	652		8	837
	9	641		9	630		9	690
	10	700		10	730		10	729
Опора 5	1	654	Опора 10	1	760	Опора 15	1	695
	2	789		2	818		2	900
	3	608		3	758		3	752
	4	701		4	843		4	608
	5	630		5	780		5	791
	6	612		6	746		6	741
	7	611		7	802		7	780
	8	625		8	844		8	870
	9	600		9	764		9	759
	10	738		10	713		10	657

Продолжение таблицы Б5

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 16	1	782	Опора 21	1	742	Опора 26	1	715
	2	851		2	794		2	839
	3	810		3	892		3	838
	4	722		4	654		4	754
	5	648		5	680		5	611
	6	728		6	815		6	728
	7	652		7	657		7	731
	8	791		8	609		8	762
	9	735		9	895		9	669
	10	691		10	823		10	762
Опора 17	1	773	Опора 22	1	731	Опора 27	1	661
	2	608		2	750		2	793
	3	622		3	674		3	714
	4	840		4	745		4	641
	5	664		5	756		5	872
	6	861		6	625		6	631
	7	854		7	641		7	741
	8	895		8	848		8	627
	9	681		9	882		9	602
	10	644		10	660		10	747
Опора 18	1	821	Опора 23	1	629	Опора 28	1	746
	2	773		2	819		2	879
	3	811		3	836		3	767
	4	886		4	757		4	712
	5	837		5	889		5	758
	6	640		6	696		6	815
	7	645		7	698		7	885
	8	712		8	772		8	800
	9	725		9	723		9	733
	10	734		10	736		10	691
Опора 19	1	848	Опора 24	1	666	Опора 29	1	854
	2	671		2	888		2	628
	3	770		3	623		3	887
	4	686		4	652		4	733
	5	694		5	645		5	854
	6	774		6	705		6	783
	7	762		7	735		7	849
	8	882		8	776		8	832
	9	852		9	648		9	854
	10	762		10	834		10	870
Опора 20	1	815	Опора 25	1	648	Опора 30	1	774
	2	626		2	663		2	830
	3	608		3	607		3	754
	4	890		4	790		4	659
	5	826		5	618		5	699
	6	702		6	642		6	677
	7	649		7	712		7	787
	8	603		8	656		8	852
	9	813		9	847		9	654
	10	757		10	810		10	672

Продолжение таблицы Б5

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 31	1	813	Опора 36	1	622	Опора 41	1	656
	2	781		2	642		2	811
	3	702		3	734		3	658
	4	868		4	619		4	805
	5	647		5	751		5	718
	6	603		6	661		6	895
	7	884		7	725		7	852
	8	722		8	811		8	764
	9	782		9	784		9	617
	10	702		10	874		10	757
Опора 32	1	690	Опора 37	1	712	Опора 42	1	797
	2	887		2	791		2	893
	3	664		3	806		3	602
	4	869		4	722		4	868
	5	869		5	684		5	805
	6	606		6	738		6	669
	7	805		7	621		7	692
	8	710		8	746		8	814
	9	692		9	709		9	823
	10	799		10	900		10	620
Опора 33	1	769	Опора 38	1	752	Опора 43	1	767
	2	720		2	797		2	865
	3	878		3	697		3	733
	4	882		4	718		4	818
	5	663		5	727		5	889
	6	755		6	718		6	735
	7	704		7	866		7	610
	8	637		8	846		8	844
	9	806		9	813		9	686
	10	641		10	701		10	713
Опора 34	1	653	Опора 39	1	705	Опора 44	1	652
	2	732		2	850		2	671
	3	758		3	829		3	867
	4	836		4	878		4	682
	5	763		5	837		5	620
	6	760		6	836		6	682
	7	644		7	747		7	627
	8	676		8	853		8	752
	9	814		9	720		9	896
	10	869		10	894		10	761
Опора 35	1	858	Опора 40	1	731	Опора 45	1	867
	2	809		2	877		2	681
	3	825		3	893		3	739
	4	861		4	634		4	876
	5	688		5	609		5	723
	6	697		6	765		6	877
	7	738		7	689		7	639
	8	874		8	727		8	811
	9	620		9	853		9	752
	10	694		10	707		10	740

Продолжение таблицы Б5

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 46	1	898	Опора 51	1	652	Опора 56	1	767
	2	721		2	608		2	713
	3	862		3	833		3	635
	4	868		4	668		4	627
	5	637		5	670		5	616
	6	787		6	741		6	623
	7	639		7	728		7	685
	8	659		8	733		8	604
	9	730		9	719		9	834
	10	798		10	840		10	754
Опора 47	1	825	Опора 52	1	638	Опора 57	1	854
	2	826		2	823		2	788
	3	851		3	822		3	872
	4	815		4	780		4	843
	5	767		5	655		5	627
	6	732		6	899		6	870
	7	880		7	724		7	623
	8	801		8	731		8	693
	9	826		9	797		9	709
	10	874		10	867		10	816
Опора 48	1	764	Опора 53	1	717	Опора 58	1	837
	2	841		2	659		2	729
	3	732		3	826		3	618
	4	718		4	845		4	831
	5	604		5	725		5	880
	6	816		6	630		6	786
	7	806		7	707		7	619
	8	850		8	718		8	690
	9	658		9	781		9	676
	10	888		10	778		10	617
Опора 49	1	614	Опора 54	1	703	Опора 59	1	833
	2	620		2	801		2	822
	3	762		3	649		3	880
	4	812		4	656		4	866
	5	855		5	835		5	625
	6	800		6	653		6	686
	7	897		7	617		7	605
	8	693		8	667		8	802
	9	735		9	677		9	821
	10	743		10	775		10	882
Опора 50	1	627	Опора 55	1	635	Опора 60	1	742
	2	741		2	698		2	859
	3	827		3	751		3	847
	4	897		4	704		4	648
	5	769		5	810		5	777
	6	720		6	629		6	814
	7	651		7	840		7	873
	8	712		8	732		8	888
	9	621		9	864		9	805
	10	873		10	739		10	716

Продолжение таблицы Б5

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 61	1	736	Опора 66	1	696	Опора 71	1	850
	2	845		2	704		2	859
	3	683		3	749		3	638
	4	797		4	718		4	797
	5	671		5	900		5	677
	6	875		6	792		6	763
	7	848		7	631		7	865
	8	762		8	880		8	899
	9	872		9	646		9	843
	10	644		10	714		10	862
Опора 62	1	798	Опора 67	1	817	Опора 72	1	786
	2	824		2	846		2	855
	3	689		3	769		3	600
	4	766		4	614		4	802
	5	637		5	776		5	685
	6	614		6	811		6	804
	7	651		7	643		7	677
	8	828		8	753		8	684
	9	798		9	647		9	701
	10	628		10	716		10	898
Опора 63	1	858	Опора 68	1	849	Опора 73	1	778
	2	656		2	622		2	735
	3	841		3	868		3	824
	4	804		4	608		4	832
	5	649		5	761		5	810
	6	709		6	794		6	768
	7	792		7	823		7	893
	8	838		8	781		8	685
	9	778		9	603		9	662
	10	860		10	629		10	792
Опора 64	1	769	Опора 69	1	690	Опора 74	1	757
	2	810		2	733		2	843
	3	654		3	708		3	898
	4	834		4	643		4	688
	5	880		5	749		5	875
	6	698		6	857		6	899
	7	775		7	893		7	764
	8	741		8	696		8	729
	9	818		9	893		9	688
	10	805		10	620		10	820
Опора 65	1	878	Опора 70	1	791	Опора 75	1	879
	2	639		2	699		2	628
	3	895		3	668		3	701
	4	839		4	877		4	846
	5	648		5	807		5	691
	6	822		6	816		6	669
	7	758		7	669		7	651
	8	771		8	612		8	687
	9	854		9	772		9	846
	10	814		10	630		10	846

Продолжение таблицы Б5

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 76	1	840	Опора 81	1	824	Опора 86	1	854
	2	614		2	845		2	608
	3	626		3	838		3	787
	4	900		4	698		4	898
	5	822		5	798		5	644
	6	604		6	707		6	616
	7	762		7	692		7	635
	8	877		8	874		8	895
	9	613		9	692		9	798
	10	671		10	833		10	678
Опора 77	1	682	Опора 82	1	684	Опора 87	1	781
	2	655		2	653		2	760
	3	607		3	873		3	601
	4	747		4	737		4	682
	5	769		5	609		5	740
	6	736		6	672		6	893
	7	813		7	794		7	648
	8	732		8	793		8	607
	9	651		9	788		9	759
	10	611		10	834		10	808
Опора 78	1	753	Опора 83	1	831	Опора 88	1	619
	2	680		2	601		2	811
	3	817		3	730		3	842
	4	854		4	769		4	785
	5	817		5	751		5	894
	6	729		6	782		6	807
	7	877		7	740		7	824
	8	840		8	856		8	766
	9	612		9	762		9	646
	10	758		10	706		10	712
Опора 79	1	627	Опора 84	1	891	Опора 89	1	755
	2	715		2	827		2	790
	3	800		3	832		3	806
	4	736		4	713		4	786
	5	883		5	881		5	648
	6	662		6	683		6	886
	7	757		7	864		7	895
	8	695		8	804		8	738
	9	862		9	609		9	775
	10	695		10	716		10	633
Опора 80	1	790	Опора 85	1	675	Опора 90	1	813
	2	793		2	878		2	662
	3	724		3	773		3	736
	4	768		4	637		4	640
	5	663		5	857		5	854
	6	814		6	621		6	787
	7	666		7	687		7	808
	8	764		8	748		8	680
	9	853		9	643		9	713
	10	640		10	866		10	791

Продолжение таблицы Б5

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 91	1	707	Опора 96	1	810	Опора 101	1	746
	2	616		2	699		2	882
	3	736		3	642		3	712
	4	696		4	773		4	795
	5	759		5	789		5	872
	6	660		6	751		6	842
	7	629		7	607		7	831
	8	652		8	714		8	617
	9	616		9	898		9	723
	10	660		10	778		10	702
Опора 92	1	645	Опора 97	1	810	Опора 102	1	828
	2	811		2	779		2	887
	3	643		3	794		3	831
	4	841		4	870		4	806
	5	694		5	625		5	836
	6	731		6	628		6	895
	7	794		7	725		7	713
	8	865		8	751		8	863
	9	705		9	692		9	804
	10	639		10	702		10	739
Опора 93	1	617	Опора 98	1	827	Опора 103	1	852
	2	816		2	722		2	813
	3	878		3	842		3	623
	4	803		4	679		4	856
	5	757		5	879		5	886
	6	806		6	896		6	682
	7	702		7	779		7	818
	8	830		8	803		8	768
	9	730		9	722		9	667
	10	863		10	776		10	771
Опора 94	1	751	Опора 99	1	669	Опора 104	1	816
	2	797		2	889		2	719
	3	766		3	871		3	778
	4	698		4	610		4	842
	5	714		5	863		5	623
	6	630		6	846		6	889
	7	692		7	736		7	800
	8	677		8	848		8	662
	9	661		9	692		9	885
	10	811		10	724		10	787
Опора 95	1	760	Опора 100	1	632	Опора 105	1	713
	2	881		2	860		2	852
	3	797		3	770		3	612
	4	743		4	797		4	730
	5	650		5	889		5	629
	6	858		6	689		6	887
	7	619		7	813		7	822
	8	813		8	833		8	643
	9	869		9	702		9	676
	10	619		10	689		10	725

Продолжение таблицы Б5

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 106	1	633	Опора 111	1	656	Опора 116	1	829
	2	701		2	729		2	741
	3	657		3	833		3	742
	4	656		4	793		4	671
	5	711		5	748		5	612
	6	895		6	657		6	657
	7	767		7	693		7	806
	8	647		8	609		8	814
	9	642		9	688		9	790
	10	878		10	846		10	636
Опора 107	1	868	Опора 112	1	741	Опора 117	1	830
	2	772		2	819		2	842
	3	657		3	681		3	619
	4	787		4	863		4	687
	5	672		5	698		5	772
	6	890		6	874		6	645
	7	703		7	859		7	746
	8	623		8	615		8	887
	9	829		9	722		9	644
	10	813		10	811		10	689
Опора 108	1	861	Опора 113	1	763	Опора 118	1	876
	2	758		2	774		2	768
	3	820		3	758		3	826
	4	701		4	781		4	691
	5	798		5	868		5	817
	6	608		6	600		6	767
	7	692		7	629		7	620
	8	884		8	652		8	771
	9	734		9	828		9	724
	10	600		10	752		10	876
Опора 109	1	608	Опора 114	1	721	Опора 119	1	811
	2	748		2	698		2	833
	3	621		3	741		3	635
	4	745		4	689		4	739
	5	642		5	871		5	896
	6	718		6	893		6	871
	7	848		7	623		7	713
	8	875		8	601		8	839
	9	605		9	780		9	654
	10	893		10	807		10	668
Опора 110	1	820	Опора 115	1	829	Опора 120	1	853
	2	763		2	843		2	718
	3	615		3	606		3	887
	4	719		4	758		4	850
	5	824		5	833		5	899
	6	872		6	835		6	788
	7	848		7	774		7	603
	8	843		8	756		8	741
	9	646		9	769		9	668
	10	740		10	630		10	878

Продолжение таблицы Б5

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 121	1	611	Опора 126	1	659	Опора 131	1	894
	2	883		2	831		2	840
	3	700		3	755		3	644
	4	825		4	689		4	720
	5	722		5	850		5	826
	6	706		6	872		6	676
	7	818		7	789		7	873
	8	687		8	832		8	837
	9	655		9	664		9	616
	10	893		10	706		10	769
Опора 122	1	900	Опора 127	1	729	Опора 132	1	672
	2	616		2	892		2	895
	3	608		3	657		3	630
	4	888		4	669		4	660
	5	736		5	613		5	891
	6	862		6	653		6	841
	7	879		7	775		7	686
	8	688		8	631		8	822
	9	682		9	798		9	779
	10	754		10	846		10	798
Опора 123	1	820	Опора 128	1	669	Опора 133	1	858
	2	792		2	773		2	731
	3	708		3	849		3	887
	4	858		4	626		4	895
	5	650		5	708		5	874
	6	844		6	774		6	718
	7	762		7	710		7	890
	8	726		8	605		8	656
	9	658		9	710		9	827
	10	795		10	806		10	770
Опора 124	1	616	Опора 129	1	793	Опора 134	1	634
	2	686		2	600		2	788
	3	682		3	691		3	743
	4	784		4	871		4	825
	5	842		5	866		5	872
	6	763		6	669		6	778
	7	706		7	621		7	714
	8	900		8	879		8	873
	9	813		9	628		9	697
	10	807		10	858		10	885
Опора 125	1	735	Опора 130	1	733	Опора 135	1	881
	2	747		2	664		2	751
	3	867		3	751		3	897
	4	612		4	744		4	874
	5	706		5	683		5	685
	6	672		6	622		6	718
	7	831		7	724		7	744
	8	885		8	899		8	636
	9	843		9	803		9	778
	10	604		10	833		10	892

Продолжение таблицы Б5

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 136	1	649	Опора 141	1	870	Опора 146	1	623
	2	890		2	883		2	602
	3	790		3	846		3	650
	4	673		4	808		4	613
	5	690		5	788		5	874
	6	669		6	855		6	606
	7	899		7	672		7	820
	8	864		8	643		8	779
	9	827		9	696		9	641
	10	784		10	600		10	718
Опора 137	1	842	Опора 142	1	886	Опора 147	1	888
	2	742		2	619		2	655
	3	767		3	651		3	860
	4	771		4	813		4	798
	5	890		5	653		5	762
	6	729		6	890		6	705
	7	696		7	727		7	839
	8	628		8	852		8	751
	9	798		9	786		9	822
	10	815		10	773		10	661
Опора 138	1	698	Опора 143	1	791	Опора 148	1	785
	2	820		2	616		2	852
	3	894		3	672		3	619
	4	842		4	799		4	689
	5	675		5	881		5	805
	6	859		6	810		6	846
	7	612		7	852		7	872
	8	634		8	667		8	607
	9	772		9	698		9	842
	10	859		10	632		10	722
Опора 139	1	624	Опора 144	1	675	Опора 149	1	697
	2	766		2	632		2	812
	3	881		3	816		3	836
	4	674		4	717		4	629
	5	664		5	844		5	885
	6	824		6	862		6	696
	7	671		7	725		7	661
	8	829		8	847		8	686
	9	795		9	862		9	671
	10	845		10	818		10	783
Опора 140	1	849	Опора 145	1	692	Опора 150	1	835
	2	705		2	634		2	772
	3	784		3	618		3	792
	4	711		4	698		4	753
	5	885		5	788		5	875
	6	683		6	782		6	604
	7	818		7	855		7	732
	8	808		8	878		8	766
	9	821		9	707		9	797
	10	682		10	777		10	692

Продолжение таблицы Б5

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 151	1	680	Опора 156	1	829	Опора 161	1	852
	2	754		2	801		2	805
	3	836		3	869		3	858
	4	752		4	886		4	873
	5	651		5	780		5	709
	6	785		6	825		6	651
	7	725		7	817		7	787
	8	605		8	841		8	704
	9	643		9	630		9	681
	10	844		10	725		10	734
Опора 152	1	737	Опора 157	1	838	Опора 162	1	756
	2	774		2	834		2	849
	3	640		3	790		3	771
	4	837		4	643		4	687
	5	764		5	765		5	841
	6	856		6	812		6	768
	7	862		7	896		7	832
	8	816		8	627		8	849
	9	689		9	852		9	680
	10	752		10	616		10	755
Опора 153	1	875	Опора 158	1	855	Опора 163	1	666
	2	816		2	700		2	675
	3	672		3	618		3	613
	4	701		4	655		4	800
	5	778		5	695		5	684
	6	733		6	838		6	791
	7	888		7	871		7	829
	8	847		8	841		8	755
	9	652		9	712		9	653
	10	604		10	837		10	650
Опора 154	1	651	Опора 159	1	648	Опора 164	1	663
	2	739		2	780		2	663
	3	705		3	635		3	666
	4	807		4	623		4	861
	5	739		5	741		5	694
	6	778		6	734		6	755
	7	800		7	656		7	894
	8	812		8	781		8	757
	9	655		9	664		9	759
	10	830		10	806		10	698
Опора 155	1	766	Опора 160	1	625	Опора 165	1	786
	2	897		2	713		2	606
	3	893		3	838		3	621
	4	776		4	693		4	831
	5	755		5	828		5	802
	6	610		6	612		6	878
	7	834		7	806		7	879
	8	760		8	842		8	694
	9	787		9	641		9	899
	10	892		10	882		10	800

Продолжение таблицы Б5

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 166	1	682	Опора 171	1	711	Опора 176	1	855
	2	795		2	732		2	732
	3	773		3	764		3	749
	4	892		4	637		4	815
	5	634		5	808		5	826
	6	845		6	850		6	781
	7	747		7	704		7	610
	8	649		8	752		8	895
	9	734		9	665		9	708
	10	742		10	882		10	813
Опора 167	1	783	Опора 172	1	812	Опора 177	1	656
	2	866		2	884		2	866
	3	789		3	877		3	770
	4	638		4	821		4	748
	5	758		5	858		5	801
	6	760		6	644		6	701
	7	864		7	673		7	627
	8	800		8	707		8	780
	9	618		9	668		9	678
	10	714		10	842		10	865
Опора 168	1	851	Опора 173	1	720	Опора 178	1	617
	2	666		2	696		2	848
	3	752		3	887		3	698
	4	702		4	675		4	600
	5	717		5	609		5	828
	6	790		6	895		6	815
	7	664		7	628		7	600
	8	632		8	615		8	640
	9	686		9	802		9	859
	10	867		10	647		10	801
Опора 169	1	899	Опора 174	1	817	Опора 179	1	768
	2	626		2	703		2	865
	3	633		3	771		3	830
	4	877		4	629		4	665
	5	675		5	767		5	602
	6	787		6	600		6	834
	7	815		7	852		7	896
	8	695		8	820		8	893
	9	845		9	865		9	885
	10	873		10	895		10	615
Опора 170	1	603	Опора 175	1	892	Опора 180	1	890
	2	778		2	828		2	850
	3	619		3	818		3	614
	4	830		4	840		4	759
	5	839		5	886		5	795
	6	839		6	883		6	740
	7	804		7	829		7	613
	8	630		8	640		8	750
	9	827		9	648		9	862
	10	810		10	729		10	833

Продолжение таблицы Б5

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 181	1	841	Опора 186	1	824	Опора 191	1	750
	2	615		2	801		2	678
	3	883		3	651		3	721
	4	782		4	714		4	694
	5	899		5	770		5	611
	6	888		6	871		6	647
	7	771		7	864		7	705
	8	669		8	703		8	641
	9	849		9	680		9	635
	10	836		10	731		10	839
Опора 182	1	688	Опора 187	1	731	Опора 192	1	759
	2	722		2	860		2	688
	3	640		3	745		3	709
	4	630		4	841		4	633
	5	609		5	620		5	831
	6	613		6	680		6	882
	7	788		7	723		7	784
	8	887		8	653		8	660
	9	860		9	845		9	875
	10	647		10	703		10	776
Опора 183	1	703	Опора 188	1	878	Опора 193	1	752
	2	654		2	838		2	764
	3	689		3	641		3	713
	4	684		4	784		4	741
	5	705		5	651		5	702
	6	890		6	811		6	824
	7	788		7	620		7	795
	8	770		8	819		8	736
	9	808		9	857		9	747
	10	809		10	697		10	645
Опора 184	1	751	Опора 189	1	699	Опора 194	1	650
	2	810		2	831		2	677
	3	695		3	885		3	795
	4	674		4	753		4	755
	5	832		5	722		5	797
	6	702		6	755		6	727
	7	814		7	706		7	649
	8	860		8	898		8	668
	9	873		9	661		9	866
	10	653		10	641		10	846
Опора 185	1	666	Опора 190	1	627	Опора 195	1	771
	2	641		2	765		2	715
	3	884		3	795		3	699
	4	864		4	687		4	642
	5	693		5	825		5	650
	6	884		6	600		6	784
	7	754		7	861		7	866
	8	893		8	752		8	853
	9	687		9	739		9	676
	10	875		10	779		10	691

Продолжение таблицы Б5

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 196	1	872	Опора 201	1	710	Опора 206	1	733
	2	694		2	732		2	659
	3	822		3	769		3	853
	4	620		4	691		4	898
	5	687		5	862		5	724
	6	832		6	697		6	637
	7	697		7	795		7	897
	8	781		8	867		8	755
	9	795		9	714		9	824
	10	777		10	662		10	874
Опора 197	1	835	Опора 202	1	818	Опора 207	1	842
	2	900		2	727		2	699
	3	865		3	750		3	897
	4	739		4	877		4	662
	5	811		5	881		5	791
	6	613		6	807		6	847
	7	731		7	670		7	787
	8	716		8	818		8	801
	9	810		9	701		9	697
	10	670		10	675		10	634
Опора 198	1	654	Опора 203	1	680	Опора 208	1	895
	2	887		2	719		2	690
	3	620		3	869		3	659
	4	747		4	773		4	655
	5	853		5	611		5	691
	6	842		6	800		6	627
	7	864		7	804		7	676
	8	648		8	639		8	795
	9	827		9	872		9	794
	10	822		10	874		10	642
Опора 199	1	845	Опора 204	1	833	Опора 209	1	667
	2	604		2	602		2	670
	3	668		3	821		3	667
	4	804		4	791		4	657
	5	616		5	708		5	698
	6	635		6	788		6	853
	7	817		7	753		7	738
	8	760		8	871		8	826
	9	669		9	742		9	884
	10	885		10	786		10	738
Опора 200	1	732	Опора 205	1	865	Опора 210	1	778
	2	869		2	823		2	651
	3	643		3	870		3	654
	4	763		4	676		4	690
	5	710		5	603		5	822
	6	691		6	715		6	819
	7	679		7	622		7	626
	8	838		8	820		8	820
	9	813		9	850		9	858
	10	897		10	723		10	691

Продолжение таблицы Б5

№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2	№ опоры	№ замера	Показатель П2
Опора 211	1	655	Опора 216	1	617	Опора 221	1	640
	2	672		2	819		2	627
	3	706		3	863		3	703
	4	823		4	623		4	866
	5	845		5	892		5	650
	6	626		6	874		6	839
	7	728		7	784		7	813
	8	658		8	841		8	709
	9	849		9	609		9	650
	10	730		10	887		10	795
Опора 212	1	657	Опора 217	1	691	Опора 222	1	655
	2	824		2	802		2	835
	3	614		3	697		3	752
	4	881		4	726		4	765
	5	746		5	827		5	659
	6	702		6	707		6	761
	7	731		7	692		7	802
	8	657		8	824		8	664
	9	702		9	897		9	874
	10	692		10	662		10	760
Опора 213	1	849	Опора 218	1	663	Опора 223	1	633
	2	727		2	810		2	658
	3	623		3	687		3	606
	4	871		4	652		4	610
	5	685		5	770		5	865
	6	680		6	873		6	770
	7	809		7	717		7	731
	8	725		8	890		8	898
	9	714		9	859		9	611
	10	637		10	751		10	787
Опора 214	1	896	Опора 219	1	848	Опора 224	1	842
	2	793		2	665		2	840
	3	845		3	733		3	867
	4	821		4	725		4	821
	5	724		5	791		5	765
	6	600		6	816		6	795
	7	682		7	636		7	726
	8	765		8	635		8	847
	9	870		9	822		9	762
	10	721		10	865		10	809
Опора 215	1	886	Опора 220	1	885	Опора 225	1	896
	2	731		2	871		2	742
	3	655		3	822		3	891
	4	784		4	836		4	810
	5	734		5	865		5	835
	6	812		6	753		6	648
	7	853		7	776		7	829
	8	624		8	743		8	815
	9	605		9	757		9	879
	10	600		10	867		10	883

Окончание таблицы Б5

№ опоры	№ замера	Измеренная частота, Гц
Опора 226	1	825
	2	843
	3	779
	4	790
	5	726
	6	664
	7	665
	8	600
	9	656
	10	684

Таблица Б6 – Результаты проведения комплексной диагностики по выявлению дефектов

	Состояние опоры	УК-1401	ПК-2	ИСО-1М	УГК-1	ИНТРОСКОП
		нн	нн	нн	нн	нн
1	2	3	4	5	6	7
опора 1	исправное	7	8	8	7	9
	неисправное	3	2	2	3	1
опора 2	исправное	3	8	7	7	3
	неисправное	7	2	3	3	7
опора 3	исправное	7	8	8	9	7
	неисправное	3	2	2	1	3
опора 4	исправное	4	7	2	7	9
	неисправное	6	3	8	3	1
опора 5	исправное	7	9	7	8	9
	неисправное	3	1	3	2	1
опора 6	исправное	7	8	3	2	3
	неисправное	3	2	7	8	7
опора 7	исправное	7	9	8	7	9
	неисправное	3	1	2	3	1
опора 8	исправное	3	7	7	7	8
	неисправное	7	3	3	3	2
опора 9	исправное	7	9	7	6	9
	неисправное	3	1	3	4	1
опора 10	исправное	2	3	7	9	2
	неисправное	8	7	3	1	9
опора 11	исправное	7	9	8	9	8
	неисправное	3	1	2	1	2
опора 12	исправное	2	3	8	7	7
	неисправное	8	7	2	3	3
опора 13	исправное	7	9	9	6	8
	неисправное	3	1	1	4	2
опора 14	исправное	8	8	9	9	8
	неисправное	2	2	1	1	2
опора 15	исправное	7	7	2	3	2
	неисправное	3	3	8	7	8
опора 16	исправное	7	8	1	2	3
	неисправное	3	2	9	8	7
опора 17	исправное	7	9	9	2	1
	неисправное	3	1	1	8	9
опора 18	исправное	7	8	3	3	2
	неисправное	3	2	7	7	8

Продолжение таблицы Б6

1	2	3	4	5	6	7
опора 19	исправное	3	7	9	7	8
	неисправное	7	3	1	3	2
опора 20	исправное	3	3	9	7	3
	неисправное	7	7	1	3	7
опора 21	исправное	3	3	2	1	1
	неисправное	7	7	8	9	9
опора 22	исправное	3	2	8	8	7
	неисправное	7	8	2	2	3
опора 23	исправное	7	7	8	8	9
	неисправное	3	3	2	2	1
опора 24	исправное	6	2	9	9	9
	неисправное	3	8	1	1	1
опора 25	исправное	7	7	9	9	8
	неисправное	3	3	1	1	2
опора 26	исправное	3	3	2	1	1
	неисправное	7	7	8	9	9
опора 27	исправное	3	6	7	7	8
	неисправное	7	4	3	3	2
опора 28	исправное	3	3	1	1	2
	неисправное	7	7	9	9	8
опора 29	исправное	8	8	9	8	9
	неисправное	2	2	1	2	1
опора 30	исправное	8	8	9	9	7
	неисправное	2	2	1	1	3
опора 31	исправное	3	7	1	1	1
	неисправное	7	3	9	9	9
опора 32	исправное	7	8	9	9	8
	неисправное	3	2	1	1	2
опора 33	исправное	8	9	8	8	9
	неисправное	2	1	2	2	1
опора 34	исправное	7	9	9	7	8
	неисправное	3	1	1	3	2
опора 35	исправное	3	2	1	2	3
	неисправное	7	8	9	8	7
опора 36	исправное	2	2	9	7	7
	неисправное	8	8	1	3	3
опора 37	исправное	3	1	1	3	2
	неисправное	7	9	9	7	8
опора 38	исправное	3	8	7	7	2
	неисправное	7	2	3	3	8

Продолжение таблицы Б6

1	2	3	4	5	6	7
опора 39	исправное	3	2	6	7	8
	неисправное	7	8	4	3	2
опора 40	исправное	3	6	6	6	9
	неисправное	7	4	4	4	1
опора 41	исправное	2	2	1	2	1
	неисправное	8	8	9	8	9
опора 42	исправное	7	2	3	3	3
	неисправное	3	8	7	7	7
опора 43	исправное	4	7	9	5	3
	неисправное	6	3	1	5	7
опора 44	исправное	5	6	9	7	3
	неисправное	5	4	1	3	7
опора 45	исправное	6	7	9	8	6
	неисправное	4	3	1	2	4
опора 46	исправное	7	9	9	7	9
	неисправное	3	1	1	3	1
опора 47	исправное	6	7	9	8	7
	неисправное	4	3	1	2	3
опора 48	исправное	8	4	5	4	6
	неисправное	2	6	5	6	4
опора 49	исправное	3	3	6	7	6
	неисправное	7	7	4	3	4
опора 50	исправное	6	9	7	8	8
	неисправное	4	1	3	2	2
опора 51	исправное	3	7	7	7	2
	неисправное	7	3	3	3	8
опора 52	исправное	3	5	7	7	6
	неисправное	7	5	3	3	4
опора 53	исправное	4	2	9	7	8
	неисправное	6	8	1	3	2
опора 54	исправное	6	8	9	7	9
	неисправное	4	2	1	3	1
опора 55	исправное	4	2	1	2	1
	неисправное	6	8	9	8	9
опора 56	исправное	4	8	7	7	2
	неисправное	6	2	3	3	8
опора 57	исправное	4	2	9	7	8
	неисправное	6	8	1	3	2
опора 58	исправное	5	7	9	1	8
	неисправное	5	3	1	9	2

Продолжение таблицы Б6

1	2	3	4	5	6	7
опора 59	исправное	3	4	9	7	3
	неисправное	7	6	1	3	7
опора 60	исправное	7	4	1	3	2
	неисправное	3	6	9	7	8
опора 61	исправное	3	3	6	8	6
	неисправное	7	7	4	2	4
опора 62	исправное	2	1	2	2	1
	неисправное	8	9	8	8	9
опора 63	исправное	3	2	9	7	3
	неисправное	7	8	1	3	7
опора 64	исправное	6	6	9	6	8
	неисправное	4	4	1	4	2
опора 65	исправное	2	1	2	2	1
	неисправное	8	9	8	8	9
опора 66	исправное	3	3	5	9	5
	неисправное	7	7	5	1	6
опора 67	исправное	6	8	9	7	7
	неисправное	4	2	1	3	3
опора 68	исправное	3	2	1	5	1
	неисправное	7	8	9	5	9
опора 69	исправное	3	2	9	8	9
	неисправное	7	8	1	2	1
опора 70	исправное	8	8	9	1	1
	неисправное	2	2	1	9	9
опора 71	исправное	2	2	2	1	1
	неисправное	8	8	8	9	9
опора 72	исправное	5	7	8	7	6
	неисправное	5	3	2	3	4
опора 73	исправное	7	8	9	8	7
	неисправное	3	2	1	2	3
опора 74	исправное	3	2	1	3	2
	неисправное	7	8	9	7	8
опора 75	исправное	3	2	9	7	3
	неисправное	7	8	1	3	7
опора 76	исправное	4	8	9	7	5
	неисправное	6	2	1	3	5
опора 77	исправное	2	1	1	1	7
	неисправное	8	9	9	9	3
опора 78	исправное	3	2	3	1	2
	неисправное	7	8	7	9	8

Продолжение таблицы Б6

1	2	3	4	5	6	7
опора 79	исправное	3	2	3	1	2
	неисправное	7	8	7	9	8
опора 80	исправное	3	2	9	7	7
	неисправное	7	8	1	3	3
опора 81	исправное	4	2	9	7	6
	неисправное	6	8	1	3	4
опора 82	исправное	3	3	9	7	5
	неисправное	7	7	1	3	5
опора 83	исправное	2	1	2	2	1
	неисправное	8	9	8	8	9
опора 84	исправное	4	2	1	7	3
	неисправное	6	8	9	3	7
опора 85	исправное	2	2	7	6	6
	неисправное	8	8	3	4	4
опора 86	исправное	2	7	6	2	6
	неисправное	8	3	4	7	4
опора 87	исправное	4	2	3	2	3
	неисправное	6	8	7	8	7
опора 88	исправное	3	6	6	7	6
	неисправное	7	4	4	3	4
опора 89	исправное	3	2	1	3	2
	неисправное	7	8	9	7	8
опора 90	исправное	3	2	2	1	3
	неисправное	7	8	8	9	7
опора 91	исправное	2	1	2	1	1
	неисправное	8	9	8	9	9
опора 92	исправное	2	2	8	7	8
	неисправное	8	8	2	3	2
опора 93	исправное	2	2	1	1	3
	неисправное	8	8	9	9	7
опора 94	исправное	2	2	1	1	3
	неисправное	8	8	9	9	7
опора 95	исправное	2	8	7	6	3
	неисправное	8	2	3	4	7
опора 96	исправное	2	7	6	7	3
	неисправное	8	3	4	3	7
опора 97	исправное	3	7	6	7	8
	неисправное	7	3	4	3	2
опора 98	исправное	8	9	9	9	9
	неисправное	2	1	1	1	1

Продолжение таблицы Б6

1	2	3	4	5	6	7
опора 99	исправное	7	6	9	9	8
	неисправное	3	4	1	1	2
опора 100	исправное	2	2	9	7	3
	неисправное	8	8	1	3	7
опора 101	исправное	3	2	1	3	2
	неисправное	7	8	9	7	8
опора 102	исправное	3	3	9	7	6
	неисправное	7	7	1	3	4
опора 103	исправное	3	4	7	7	8
	неисправное	7	6	3	3	2
опора 104	исправное	8	9	9	7	8
	неисправное	2	1	1	3	2
опора 105	исправное	6	6	9	7	7
	неисправное	4	4	1	3	3
опора 106	исправное	3	7	9	7	3
	неисправное	7	3	1	3	7
опора 107	исправное	7	8	9	8	6
	неисправное	3	2	1	2	4
опора 108	исправное	3	1	3	2	2
	неисправное	7	9	7	8	8
опора 109	исправное	3	8	9	7	8
	неисправное	7	2	1	3	2
опора 110	исправное	8	9	9	7	7
	неисправное	2	1	1	3	3
опора 111	исправное	7	8	9	7	8
	неисправное	3	2	1	3	2
опора 112	исправное	7	8	9	7	8
	неисправное	3	2	1	3	2
опора 113	исправное	7	8	9	8	7
	неисправное	3	2	1	2	3
опора 114	исправное	7	8	8	8	9
	неисправное	3	2	2	2	1
опора 115	исправное	7	8	9	8	7
	неисправное	3	2	1	2	3
опора 116	исправное	6	8	7	8	7
	неисправное	4	2	3	2	3
опора 117	исправное	6	8	7	8	7
	неисправное	4	2	3	2	3
опора 118	исправное	7	9	8	8	7
	неисправное	3	1	2	2	3

Продолжение таблицы Б6

1	2	3	4	5	6	7
опора 119	исправное	7	9	8	8	7
	неисправное	3	1	2	2	3
опора 120	исправное	8	9	8	8	9
	неисправное	2	1	2	2	1
опора 121	исправное	8	8	9	8	9
	неисправное	2	2	1	2	1
опора 122	исправное	8	8	9	8	9
	неисправное	2	2	1	2	1
опора 123	исправное	6	7	7	8	8
	неисправное	4	3	3	2	2
опора 124	исправное	7	7	9	8	8
	неисправное	3	3	1	2	2
опора 125	исправное	7	8	9	8	8
	неисправное	3	2	1	2	2
опора 126	исправное	7	8	8	8	8
	неисправное	3	2	2	2	2
опора 127	исправное	2	2	7	6	6
	неисправное	8	8	3	4	4
опора 128	исправное	6	8	7	8	9
	неисправное	4	2	3	2	1
опора 129	исправное	7	8	7	8	9
	неисправное	3	2	3	2	1
опора 130	исправное	8	8	9	8	9
	неисправное	2	2	1	2	1
опора 131	исправное	8	8	9	8	9
	неисправное	2	2	1	2	1
опора 132	исправное	2	3	4	7	8
	неисправное	8	7	6	3	2
опора 133	исправное	8	7	9	9	9
	неисправное	2	3	1	1	1
опора 134	исправное	7	6	9	8	9
	неисправное	3	4	1	2	1
опора 135	исправное	8	9	9	8	7
	неисправное	2	1	1	2	3
опора 136	исправное	7	9	9	8	7
	неисправное	3	1	1	2	3
опора 137	исправное	2	1	2	1	4
	неисправное	8	9	8	9	6
опора 138	исправное	7	7	9	8	8
	неисправное	3	3	1	2	2

Продолжение таблицы Б6

1	2	3	4	5	6	7
опора 139	исправное	2	1	2	2	1
	неисправное	8	9	8	8	9
опора 140	исправное	8	9	9	8	8
	неисправное	2	1	1	2	2
опора 141	исправное	7	9	8	9	9
	неисправное	3	1	2	1	1
опора 142	исправное	7	9	8	9	7
	неисправное	3	1	2	1	3
опора 143	исправное	7	6	8	9	9
	неисправное	3	4	2	1	1
опора 144	исправное	7	7	8	9	9
	неисправное	3	3	2	1	1
опора 145	исправное	3	2	1	2	3
	неисправное	7	8	9	8	7
опора 146	исправное	4	2	3	3	2
	неисправное	6	8	7	7	8
опора 147	исправное	8	9	9	7	8
	неисправное	2	1	1	3	2
опора 148	исправное	7	8	9	7	8
	неисправное	3	2	1	3	2
опора 149	исправное	8	9	9	7	9
	неисправное	2	1	1	3	1
опора 150	исправное	8	9	9	8	9
	неисправное	2	1	1	2	1
опора 151	исправное	8	9	9	8	9
	неисправное	2	1	1	2	1
опора 152	исправное	7	6	4	2	2
	неисправное	3	4	6	8	8
опора 153	исправное	7	7	9	8	9
	неисправное	3	3	1	2	1
опора 154	исправное	7	7	9	7	9
	неисправное	3	3	1	3	1
опора 155	исправное	7	6	9	8	9
	неисправное	3	4	1	2	1
опора 156	исправное	8	8	9	8	9
	неисправное	2	2	1	2	1
опора 157	исправное	7	8	7	8	9
	неисправное	3	2	3	2	1
опора 158	исправное	8	8	9	8	9
	неисправное	2	2	1	2	1

Продолжение таблицы Б6

1	2	3	4	5	6	7
опора 159	исправное	2	2	1	1	2
	неисправное	8	8	9	9	8
опора 160	исправное	2	3	7	8	7
	неисправное	8	7	3	2	3
опора 161	исправное	3	8	4	7	8
	неисправное	7	2	6	3	2
опора 162	исправное	3	9	6	7	7
	неисправное	7	1	4	3	3
опора 163	исправное	3	2	1	3	2
	неисправное	7	8	9	7	8
опора 164	исправное	3	2	1	3	2
	неисправное	7	8	9	7	8
опора 165	исправное	8	8	9	8	9
	неисправное	2	2	1	2	1
опора 166	исправное	3	2	1	3	2
	неисправное	7	8	9	7	8
опора 167	исправное	3	2	6	8	8
	неисправное	7	8	4	2	2
опора 168	исправное	3	2	5	8	9
	неисправное	7	8	5	2	1
опора 169	исправное	3	2	6	8	9
	неисправное	7	8	4	2	1
опора 170	исправное	8	8	9	8	9
	неисправное	2	2	1	2	1
опора 171	исправное	2	2	8	7	7
	неисправное	8	8	2	3	3
опора 172	исправное	7	6	9	8	9
	неисправное	3	4	1	2	1
опора 173	исправное	7	6	9	9	8
	неисправное	3	4	1	1	2
опора 174	исправное	3	2	1	4	1
	неисправное	7	8	9	6	9
опора 175	исправное	8	9	9	9	8
	неисправное	2	1	1	1	2
опора 176	исправное	6	7	9	6	8
	неисправное	4	3	1	4	2
опора 177	исправное	7	9	7	8	8
	неисправное	3	1	3	2	2
опора 178	исправное	7	9	7	9	7
	неисправное	3	1	3	1	3

Продолжение таблицы Б6

1	2	3	4	5	6	7
опора 179	исправное	7	8	7	8	9
	неисправное	3	2	3	2	1
опора 180	исправное	8	8	9	9	3
	неисправное	2	2	1	1	7
опора 181	исправное	2	2	1	1	3
	неисправное	8	8	9	9	7
опора 182	исправное	7	8	9	9	8
	неисправное	3	2	1	1	2
опора 183	исправное	8	8	9	9	7
	неисправное	2	2	1	1	3
опора 184	исправное	3	2	9	7	3
	неисправное	7	8	1	3	7
опора 185	исправное	2	2	8	7	6
	неисправное	8	8	2	3	4
опора 186	исправное	8	9	8	9	8
	неисправное	2	1	2	1	2
опора 187	исправное	7	9	8	9	8
	неисправное	3	1	2	1	2
опора 188	исправное	7	9	8	9	9
	неисправное	3	1	2	1	1
опора 189	исправное	8	9	8	9	8
	неисправное	2	1	2	1	2
опора 190	исправное	7	9	7	9	8
	неисправное	3	1	3	1	2
опора 191	исправное	7	8	7	9	8
	неисправное	3	2	3	1	2
опора 192	исправное	7	9	9	7	8
	неисправное	3	1	1	3	2
опора 193	исправное	7	8	9	7	8
	неисправное	3	2	1	3	2
опора 194	исправное	7	9	7	8	8
	неисправное	3	1	3	2	2
опора 195	исправное	8	9	9	8	8
	неисправное	2	1	1	2	2
опора 196	исправное	7	8	8	8	8
	неисправное	3	2	2	2	2
опора 197	исправное	7	8	8	8	8
	неисправное	3	2	2	2	2
опора 198	исправное	7	9	8	7	8
	неисправное	3	1	2	3	2

Продолжение таблицы Б6

1	2	3	4	5	6	7
опора 199	исправное	8	9	8	9	8
	неисправное	2	1	2	1	2
опора 200	исправное	7	9	9	6	8
	неисправное	3	1	1	4	2
опора 201	исправное	7	8	9	6	9
	неисправное	3	2	1	4	1
опора 202	исправное	7	9	9	8	8
	неисправное	3	1	1	2	2
опора 203	исправное	7	9	8	8	8
	неисправное	3	1	2	2	2
опора 204	исправное	8	9	9	8	8
	неисправное	2	1	1	2	2
опора 205	исправное	7	9	9	8	8
	неисправное	3	1	1	2	2
опора 206	исправное	8	9	9	8	9
	неисправное	2	1	1	2	1
опора 207	исправное	8	8	9	8	9
	неисправное	2	2	1	2	1
опора 208	исправное	3	7	6	7	7
	неисправное	7	3	4	3	3
опора 209	исправное	3	2	1	4	1
	неисправное	7	8	9	6	9
опора 210	исправное	3	1	3	2	1
	неисправное	7	9	7	8	9
опора 211	исправное	3	1	2	2	1
	неисправное	7	9	8	8	9
опора 212	исправное	2	1	2	2	1
	неисправное	8	9	8	8	9
опора 213	исправное	2	2	1	2	1
	неисправное	8	8	9	8	9
опора 214	исправное	2	1	1	2	1
	неисправное	8	9	9	8	9
опора 215	исправное	3	1	1	2	1
	неисправное	7	9	9	8	9
опора 216	исправное	2	7	6	5	6
	неисправное	8	3	4	5	4
опора 217	исправное	3	1	1	2	1
	неисправное	7	9	9	8	9
опора 218	исправное	2	7	6	5	6
	неисправное	8	3	4	5	4

Окончание таблицы Б6

1	2	3	4	5	6	7
опора 219	исправное	2	7	8	7	3
	неисправное	8	3	2	3	7
опора 220	исправное	3	2	4	1	1
	неисправное	7	8	6	9	9
опора 221	исправное	3	2	4	1	1
	неисправное	7	8	6	9	9
опора 222	исправное	6	7	8	9	7
	неисправное	4	3	2	1	3
опора 223	исправное	3	2	3	2	1
	неисправное	7	8	7	8	9
опора 224	исправное	2	2	1	2	1
	неисправное	8	8	9	8	9
опора 225	исправное	7	6	3	3	2
	неисправное	3	4	7	7	8
опора 226	исправное	7	8	9	8	6
	неисправное	3	2	1	2	4

Таблица Б7 – Результаты расчетов постановки диагноза

	Приборы	Диагноз		Приборы	Диагноз		Приборы	Диагноз
1	2	3	1	2	3	1	2	3
опора 1	УК-1401	0,85	опора 9	УК-1401	0,85	опора 17	УК-1401	0,85
	ПК-2	1,39		ПК-2	2,20		ПК-2	2,20
	ИСО-1М	1,93		ИСО-1М	2,20		ИСО-1М	3,55
	УГК-1	1,93		УГК-1	1,76		УГК-1	1,31
	ИНТРОСКОП	3,28		ИНТРОСКОП	3,11		ИНТРОСКОП	-1,73
опора 2	УК-1401	-0,85	опора 10	УК-1401	-1,39	опора 18	УК-1401	0,85
	ПК-2	1,39		ПК-2	-0,85		ПК-2	1,39
	ИСО-1М	3,08		ИСО-1М	1,39		ИСО-1М	-0,31
	УГК-1	4,78		УГК-1	4,97		УГК-1	-2,00
	ИНТРОСКОП	4,78		ИНТРОСКОП	4,85		ИНТРОСКОП	-4,24
опора 3	УК-1401	0,85	опора 11	УК-1401	0,85	опора 19	УК-1401	-0,85
	ПК-2	1,39		ПК-2	2,20		ПК-2	0,85
	ИСО-1М	1,93		ИСО-1М	2,74		ИСО-1М	3,89
	УГК-1	3,28		УГК-1	4,09		УГК-1	5,59
	ИНТРОСКОП	3,28		ИНТРОСКОП	4,63		ИНТРОСКОП	7,82
опора 4	УК-1401	-0,41	опора 12	УК-1401	-1,39	опора 20	УК-1401	-0,85
	ПК-2	0,85		ПК-2	-0,85		ПК-2	-0,85
	ИСО-1М	-0,13		ИСО-1М	1,93		ИСО-1М	2,20
	УГК-1	1,12		УГК-1	4,16		УГК-1	3,89
	ИНТРОСКОП	3,72		ИНТРОСКОП	6,39		ИНТРОСКОП	3,89
опора 5	УК-1401	0,85	опора 13	УК-1401	0,85	опора 21	УК-1401	-0,85
	ПК-2	2,20		ПК-2	2,20		ПК-2	-0,85
	ИСО-1М	2,20		ИСО-1М	3,55		ИСО-1М	-1,39
	УГК-1	2,74		УГК-1	3,11		УГК-1	-2,74
	ИНТРОСКОП	4,09		ИНТРОСКОП	3,64		ИНТРОСКОП	-4,09
опора 6	УК-1401	0,85	опора 14	УК-1401	1,39	опора 22	УК-1401	-0,85
	ПК-2	1,39		ПК-2	1,39		ПК-2	-1,39
	ИСО-1М	-0,31		ИСО-1М	2,20		ИСО-1М	0,85
	УГК-1	-2,54		УГК-1	3,01		УГК-1	3,08
	ИНТРОСКОП	-4,24		ИНТРОСКОП	3,01		ИНТРОСКОП	4,78
опора 7	УК-1401	0,85	опора 15	УК-1401	0,85	опора 23	УК-1401	0,85
	ПК-2	2,20		ПК-2	0,85		ПК-2	0,85
	ИСО-1М	2,74		ИСО-1М	-1,39		ИСО-1М	1,39
	УГК-1	2,74		УГК-1	-3,08		УГК-1	1,93
	ИНТРОСКОП	4,09		ИНТРОСКОП	-5,31		ИНТРОСКОП	3,28
опора 8	УК-1401	-0,85	опора 16	УК-1401	0,85	опора 24	УК-1401	0,69
	ПК-2	0,85		ПК-2	1,39		ПК-2	-1,39
	ИСО-1М	2,54		ИСО-1М	-1,66		ИСО-1М	0,12
	УГК-1	4,24		УГК-1	-3,89		УГК-1	1,62
	ИНТРОСКОП	6,47		ИНТРОСКОП	-5,59		ИНТРОСКОП	3,13

Продолжение таблицы Б7

	Приборы	Диагноз		Приборы	Диагноз		Приборы	Диагноз
1	2	3	1	2	3	1	2	3
опора 25	УК-1401	0,85	опора 33	УК-1401	1,39	опора 41	УК-1401	-1,39
	ПК-2	0,85		ПК-2	2,20		ПК-2	-1,39
	ИСО-1М	2,20		ИСО-1М	2,20		ИСО-1М	-2,20
	УГК-1	3,55		УГК-1	2,20		УГК-1	-2,20
	ИНТРОСКОП	4,09		ИНТРОСКОП	3,01		ИНТРОСКОП	-3,01
опора 26	УК-1401	-0,85	опора 34	УК-1401	0,85	опора 42	УК-1401	0,85
	ПК-2	-0,85		ПК-2	2,20		ПК-2	-1,39
	ИСО-1М	-1,39		ИСО-1М	3,55		ИСО-1М	-3,08
	УГК-1	-2,74		УГК-1	3,55		УГК-1	-4,78
	ИНТРОСКОП	-4,09		ИНТРОСКОП	4,09		ИНТРОСКОП	-6,47
опора 27	УК-1401	-0,85	опора 35	УК-1401	-0,85	опора 43	УК-1401	-0,41
	ПК-2	0,41		ПК-2	-1,39		ПК-2	0,85
	ИСО-1М	2,10		ИСО-1М	-2,74		ИСО-1М	3,45
	УГК-1	3,79		УГК-1	-3,28		УГК-1	3,86
	ИНТРОСКОП	6,03		ИНТРОСКОП	-3,28		ИНТРОСКОП	3,41
опора 28	УК-1401	-0,85	опора 36	УК-1401	-1,39	опора 44	УК-1401	0,00
	ПК-2	-0,85		ПК-2	-1,39		ПК-2	0,41
	ИСО-1М	-2,20		ИСО-1М	2,20		ИСО-1М	2,60
	УГК-1	-3,55		УГК-1	4,43		УГК-1	3,45
	ИНТРОСКОП	-4,09		ИНТРОСКОП	6,66		ИНТРОСКОП	2,60
опора 29	УК-1401	1,39	опора 37	УК-1401	-0,85	опора 45	УК-1401	0,41
	ПК-2	1,39		ПК-2	-2,20		ПК-2	0,85
	ИСО-1М	2,20		ИСО-1М	-3,55		ИСО-1М	2,64
	УГК-1	2,20		УГК-1	-3,55		УГК-1	3,62
	ИНТРОСКОП	3,01		ИНТРОСКОП	-4,09		ИНТРОСКОП	3,62
опора 30	УК-1401	1,39	опора 38	УК-1401	-0,85	опора 46	УК-1401	0,85
	ПК-2	1,39		ПК-2	1,39		ПК-2	2,20
	ИСО-1М	2,20		ИСО-1М	3,08		ИСО-1М	3,55
	УГК-1	3,01		УГК-1	4,78		УГК-1	3,55
	ИНТРОСКОП	2,47		ИНТРОСКОП	4,24		ИНТРОСКОП	4,90
опора 31	УК-1401	-0,85	опора 39	УК-1401	-0,85	опора 47	УК-1401	0,41
	ПК-2	0,85		ПК-2	-1,39		ПК-2	0,85
	ИСО-1М	-0,50		ИСО-1М	-0,13		ИСО-1М	2,64
	УГК-1	-1,85		УГК-1	1,56		УГК-1	3,62
	ИНТРОСКОП	-3,20		ИНТРОСКОП	3,79		ИНТРОСКОП	4,06
опора 32	УК-1401	0,85	опора 40	УК-1401	-0,85	опора 48	УК-1401	1,39
	ПК-2	1,39		ПК-2	0,41		ПК-2	-0,41
	ИСО-1М	2,74		ИСО-1М	1,66		ИСО-1М	-1,79
	УГК-1	4,09		УГК-1	2,91		УГК-1	-3,58
	ИНТРОСКОП	4,63		ИНТРОСКОП	5,96		ИНТРОСКОП	-4,56

Продолжение таблицы Б7

	Приборы	Диагноз		Приборы	Диагноз		Приборы	Диагноз
1	2	3	1	2	3	1	2	3
опора 49	УК-1401	-0,85	опора 57	УК-1401	-0,41	опора 65	УК-1401	-1,39
	ПК-2	-0,85		ПК-2	-1,39		ПК-2	-2,20
	ИСО-1М	0,41		ИСО-1М	1,22		ИСО-1М	-2,20
	УГК-1	2,10		УГК-1	2,47		УГК-1	-2,20
	ИНТРОСКОП	3,35		ИНТРОСКОП	4,26		ИНТРОСКОП	-3,01
опора 50	УК-1401	0,41	опора 58	УК-1401	0,00	опора 66	УК-1401	-0,85
	ПК-2	2,20		ПК-2	0,85		ПК-2	-0,85
	ИСО-1М	2,64		ИСО-1М	3,04		ИСО-1М	0,00
	УГК-1	3,62		УГК-1	0,85		УГК-1	3,04
	ИНТРОСКОП	4,60		ИНТРОСКОП	2,23		ИНТРОСКОП	3,71
опора 51	УК-1401	-0,85	опора 59	УК-1401	-0,85	опора 67	УК-1401	0,41
	ПК-2	0,85		ПК-2	-0,41		ПК-2	1,39
	ИСО-1М	2,54		ИСО-1М	2,64		ИСО-1М	3,18
	УГК-1	4,24		УГК-1	4,33		УГК-1	3,62
	ИНТРОСКОП	3,70		ИНТРОСКОП	4,33		ИНТРОСКОП	4,06
опора 52	УК-1401	-0,85	опора 60	УК-1401	0,85	опора 68	УК-1401	-0,85
	ПК-2	0,00		ПК-2	-0,41		ПК-2	-1,39
	ИСО-1М	1,69		ИСО-1М	-3,45		ИСО-1М	-2,74
	УГК-1	3,39		УГК-1	-5,14		УГК-1	-1,89
	ИНТРОСКОП	4,64		ИНТРОСКОП	-7,38		ИНТРОСКОП	-3,24
опора 53	УК-1401	-0,41	опора 61	УК-1401	-0,85	опора 69	УК-1401	-0,85
	ПК-2	-1,39		ПК-2	-0,85		ПК-2	-1,39
	ИСО-1М	1,22		ИСО-1М	0,41		ИСО-1М	1,66
	УГК-1	2,47		УГК-1	2,64		УГК-1	3,89
	ИНТРОСКОП	4,26		ИНТРОСКОП	3,89		ИНТРОСКОП	6,94
опора 54	УК-1401	0,41	опора 62	УК-1401	-1,39	опора 70	УК-1401	1,39
	ПК-2	1,39		ПК-2	-2,20		ПК-2	1,39
	ИСО-1М	3,18		ИСО-1М	-2,20		ИСО-1М	2,20
	УГК-1	3,62		УГК-1	-2,20		УГК-1	-1,39
	ИНТРОСКОП	5,41		ИНТРОСКОП	-3,01		ИНТРОСКОП	-4,97
опора 55	УК-1401	-0,41	опора 63	УК-1401	-0,85	опора 71	УК-1401	-1,39
	ПК-2	-1,39		ПК-2	-1,39		ПК-2	-1,39
	ИСО-1М	-3,18		ИСО-1М	1,66		ИСО-1М	-1,39
	УГК-1	-4,16		УГК-1	3,35		УГК-1	-2,20
	ИНТРОСКОП	-5,95		ИНТРОСКОП	3,35		ИНТРОСКОП	-3,01
опора 56	УК-1401	-0,41	опора 64	УК-1401	0,41	опора 72	УК-1401	0,00
	ПК-2	1,39		ПК-2	0,41		ПК-2	0,85
	ИСО-1М	2,64		ИСО-1М	2,20		ИСО-1М	2,23
	УГК-1	3,89		УГК-1	2,20		УГК-1	3,08
	ИНТРОСКОП	2,91		ИНТРОСКОП	3,18		ИНТРОСКОП	3,49

Продолжение таблицы Б7

	Приборы	Диагноз		Приборы	Диагноз		Приборы	Диагноз
1	2	3	1	2	3	1	2	3
опора 73	УК-1401	0,85	опора 81	УК-1401	-0,41	опора 89	УК-1401	-0,85
	ПК-2	1,39		ПК-2	-1,39		ПК-2	-1,39
	ИСО-1М	2,74		ИСО-1М	1,22		ИСО-1М	-2,74
	УГК-1	3,28		УГК-1	2,47		УГК-1	-2,74
	ИНТРОСКОП	3,28		ИНТРОСКОП	3,28		ИНТРОСКОП	-3,28
опора 74	УК-1401	-0,85	опора 82	УК-1401	-0,85	опора 90	УК-1401	-0,85
	ПК-2	-1,39		ПК-2	-0,85		ПК-2	-1,39
	ИСО-1М	-2,74		ИСО-1М	2,20		ИСО-1М	-1,93
	УГК-1	-2,74		УГК-1	3,89		УГК-1	-3,28
	ИНТРОСКОП	-3,28		ИНТРОСКОП	4,74		ИНТРОСКОП	-3,28
опора 75	УК-1401	-0,85	опора 83	УК-1401	-1,39	опора 91	УК-1401	-1,39
	ПК-2	-1,39		ПК-2	-2,20		ПК-2	-2,20
	ИСО-1М	1,66		ИСО-1М	-2,20		ИСО-1М	-2,20
	УГК-1	3,35		УГК-1	-2,20		УГК-1	-3,01
	ИНТРОСКОП	3,35		ИНТРОСКОП	-3,01		ИНТРОСКОП	-3,82
опора 76	УК-1401	-0,41	опора 84	УК-1401	-0,41	опора 92	УК-1401	-1,39
	ПК-2	1,39		ПК-2	-1,39		ПК-2	-1,39
	ИСО-1М	3,99		ИСО-1М	-3,18		ИСО-1М	1,39
	УГК-1	5,24		УГК-1	-1,93		УГК-1	3,62
	ИНТРОСКОП	5,65		ИНТРОСКОП	-2,37		ИНТРОСКОП	6,39
опора 77	УК-1401	-1,39	опора 85	УК-1401	-1,39	опора 93	УК-1401	-1,39
	ПК-2	-2,20		ПК-2	-1,39		ПК-2	-1,39
	ИСО-1М	-3,01		ИСО-1М	0,85		ИСО-1М	-2,20
	УГК-1	-3,82		УГК-1	2,64		УГК-1	-3,01
	ИНТРОСКОП	-1,59		ИНТРОСКОП	4,43		ИНТРОСКОП	-2,47
опора 78	УК-1401	-0,85	опора 86	УК-1401	-1,39	опора 94	УК-1401	-1,39
	ПК-2	-1,39		ПК-2	0,85		ПК-2	-1,39
	ИСО-1М	-1,39		ИСО-1М	2,64		ИСО-1М	-2,20
	УГК-1	-2,74		УГК-1	2,77		УГК-1	-3,01
	ИНТРОСКОП	-3,28		ИНТРОСКОП	4,56		ИНТРОСКОП	-2,47
опора 79	УК-1401	-0,85	опора 87	УК-1401	-0,41	опора 95	УК-1401	-1,39
	ПК-2	-1,39		ПК-2	-1,39		ПК-2	1,39
	ИСО-1М	-1,39		ИСО-1М	-1,83		ИСО-1М	3,62
	УГК-1	-2,74		УГК-1	-2,81		УГК-1	5,41
	ИНТРОСКОП	-3,28		ИНТРОСКОП	-3,25		ИНТРОСКОП	5,95
опора 80	УК-1401	-0,85	опора 88	УК-1401	-0,85	опора 96	УК-1401	-1,39
	ПК-2	-1,39		ПК-2	0,41		ПК-2	0,85
	ИСО-1М	1,66		ИСО-1М	1,66		ИСО-1М	2,64
	УГК-1	3,35		УГК-1	3,35		УГК-1	4,87
	ИНТРОСКОП	5,05		ИНТРОСКОП	4,61		ИНТРОСКОП	5,41

Продолжение таблицы Б7

	Приборы	Диагноз		Приборы	Диагноз		Приборы	Диагноз
1	2	3	1	2	3	1	2	3
опора 97	УК-1401	-0,85	опора 105	УК-1401	0,41	опора 113	УК-1401	0,85
	ПК-2	0,85		ПК-2	0,41		ПК-2	1,39
	ИСО-1М	2,10		ИСО-1М	2,20		ИСО-1М	2,74
	УГК-1	3,79		УГК-1	2,64		УГК-1	3,28
	ИНТРОСКОП	6,03		ИНТРОСКОП	3,08		ИНТРОСКОП	3,28
опора 98	УК-1401	1,39	опора 106	УК-1401	-0,85	опора 114	УК-1401	0,85
	ПК-2	2,20		ПК-2	0,85		ПК-2	1,39
	ИСО-1М	3,01		ИСО-1М	3,89		ИСО-1М	1,93
	УГК-1	3,82		УГК-1	5,59		УГК-1	2,46
	ИНТРОСКОП	4,63		ИНТРОСКОП	5,59		ИНТРОСКОП	3,81
опора 99	УК-1401	0,85	опора 107	УК-1401	0,85	опора 115	УК-1401	0,85
	ПК-2	0,41		ПК-2	1,39		ПК-2	1,39
	ИСО-1М	1,76		ИСО-1М	2,74		ИСО-1М	2,74
	УГК-1	3,11		УГК-1	3,28		УГК-1	3,28
	ИНТРОСКОП	3,64		ИНТРОСКОП	2,83		ИНТРОСКОП	3,28
опора 100	УК-1401	-1,39	опора 108	УК-1401	-0,85	опора 116	УК-1401	0,41
	ПК-2	-1,39		ПК-2	-2,20		ПК-2	1,39
	ИСО-1М	2,20		ИСО-1М	-2,20		ИСО-1М	1,83
	УГК-1	4,43		УГК-1	-2,74		УГК-1	2,81
	ИНТРОСКОП	4,97		ИНТРОСКОП	-3,28		ИНТРОСКОП	3,25
опора 101	УК-1401	-0,85	опора 109	УК-1401	-0,85	опора 117	УК-1401	0,41
	ПК-2	-1,39		ПК-2	1,39		ПК-2	1,39
	ИСО-1М	-2,74		ИСО-1М	4,43		ИСО-1М	1,83
	УГК-1	-2,74		УГК-1	6,13		УГК-1	2,81
	ИНТРОСКОП	-3,28		ИНТРОСКОП	8,36		ИНТРОСКОП	3,25
опора 102	УК-1401	-0,85	опора 110	УК-1401	1,39	опора 118	УК-1401	0,85
	ПК-2	-0,85		ПК-2	2,20		ПК-2	2,20
	ИСО-1М	2,20		ИСО-1М	3,01		ИСО-1М	2,74
	УГК-1	3,89		УГК-1	2,47		УГК-1	3,28
	ИНТРОСКОП	5,14		ИНТРОСКОП	1,93		ИНТРОСКОП	3,28
опора 103	УК-1401	-0,85	опора 111	УК-1401	0,85	опора 119	УК-1401	0,85
	ПК-2	-0,41		ПК-2	1,39		ПК-2	2,20
	ИСО-1М	1,29		ИСО-1М	2,74		ИСО-1М	2,74
	УГК-1	2,98		УГК-1	2,74		УГК-1	3,28
	ИНТРОСКОП	5,22		ИНТРОСКОП	3,28		ИНТРОСКОП	3,28
опора 104	УК-1401	1,39	опора 112	УК-1401	0,85	опора 120	УК-1401	1,39
	ПК-2	2,20		ПК-2	1,39		ПК-2	2,20
	ИСО-1М	3,01		ИСО-1М	2,74		ИСО-1М	2,20
	УГК-1	2,47		УГК-1	2,74		УГК-1	2,20
	ИНТРОСКОП	2,47		ИНТРОСКОП	3,28		ИНТРОСКОП	3,01

Продолжение таблицы Б7

	Приборы	Диагноз		Приборы	Диагноз		Приборы	Диагноз
1	2	3	1	2	3	1	2	3
опора 121	УК-1401	1,39	опора 129	УК-1401	0,85	опора 137	УК-1401	-1,39
	ПК-2	1,39		ПК-2	1,39		ПК-2	-2,20
	ИСО-1М	2,20		ИСО-1М	1,39		ИСО-1М	-2,20
	УГК-1	2,20		УГК-1	1,93		УГК-1	-3,01
	ИНТРОСКОП	3,01		ИНТРОСКОП	3,28		ИНТРОСКОП	-2,03
опора 122	УК-1401	1,39	опора 130	УК-1401	1,39	опора 138	УК-1401	0,85
	ПК-2	1,39		ПК-2	1,39		ПК-2	0,85
	ИСО-1М	2,20		ИСО-1М	2,20		ИСО-1М	2,20
	УГК-1	2,20		УГК-1	2,20		УГК-1	2,74
	ИНТРОСКОП	3,01		ИНТРОСКОП	3,01		ИНТРОСКОП	3,28
опора 123	УК-1401	0,41	опора 131	УК-1401	1,39	опора 139	УК-1401	-1,39
	ПК-2	0,85		ПК-2	1,39		ПК-2	-2,20
	ИСО-1М	1,29		ИСО-1М	2,20		ИСО-1М	-2,20
	УГК-1	2,27		УГК-1	2,20		УГК-1	-2,20
	ИНТРОСКОП	3,25		ИНТРОСКОП	3,01		ИНТРОСКОП	-3,01
опора 124	УК-1401	0,85	опора 132	УК-1401	-1,39	опора 140	УК-1401	1,39
	ПК-2	0,85		ПК-2	-0,85		ПК-2	2,20
	ИСО-1М	2,20		ИСО-1М	0,13		ИСО-1М	3,01
	УГК-1	2,74		УГК-1	2,37		УГК-1	3,01
	ИНТРОСКОП	3,28		ИНТРОСКОП	5,14		ИНТРОСКОП	3,01
опора 125	УК-1401	0,85	опора 133	УК-1401	1,39	опора 141	УК-1401	0,85
	ПК-2	1,39		ПК-2	0,85		ПК-2	2,20
	ИСО-1М	2,74		ИСО-1М	1,66		ИСО-1М	2,74
	УГК-1	3,28		УГК-1	2,47		УГК-1	4,09
	ИНТРОСКОП	3,81		ИНТРОСКОП	3,28		ИНТРОСКОП	5,44
опора 126	УК-1401	0,85	опора 134	УК-1401	0,85	опора 142	УК-1401	0,85
	ПК-2	1,39		ПК-2	0,41		ПК-2	2,20
	ИСО-1М	1,93		ИСО-1М	1,76		ИСО-1М	2,74
	УГК-1	2,46		УГК-1	2,29		УГК-1	4,09
	ИНТРОСКОП	3,00		ИНТРОСКОП	3,64		ИНТРОСКОП	4,09
опора 127	УК-1401	-1,39	опора 135	УК-1401	1,39	опора 143	УК-1401	0,85
	ПК-2	-1,39		ПК-2	2,20		ПК-2	0,41
	ИСО-1М	0,85		ИСО-1М	3,01		ИСО-1М	0,94
	УГК-1	2,64		УГК-1	3,01		УГК-1	2,29
	ИНТРОСКОП	4,43		ИНТРОСКОП	2,47		ИНТРОСКОП	3,64
опора 128	УК-1401	0,41	опора 136	УК-1401	0,85	опора 144	УК-1401	0,85
	ПК-2	1,39		ПК-2	2,20		ПК-2	0,85
	ИСО-1М	1,83		ИСО-1М	3,55		ИСО-1М	1,39
	УГК-1	2,81		УГК-1	4,09		УГК-1	2,74
	ИНТРОСКОП	4,60		ИНТРОСКОП	4,09		ИНТРОСКОП	4,09

Продолжение таблицы Б7

	Приборы	Диагноз		Приборы	Диагноз		Приборы	Диагноз
1	2	3	1	2	3	1	2	3
опора 145	УК-1401	-0,85	опора 153	УК-1401	0,85	опора 161	УК-1401	-0,85
	ПК-2	-1,39		ПК-2	0,85		ПК-2	1,39
	ИСО-1М	-2,74		ИСО-1М	2,20		ИСО-1М	1,83
	УГК-1	-3,28		УГК-1	2,74		УГК-1	3,52
	ИНТРОСКОП	-3,28		ИНТРОСКОП	4,09		ИНТРОСКОП	5,76
опора 146	УК-1401	-0,41	опора 154	УК-1401	0,85	опора 162	УК-1401	-0,85
	ПК-2	-1,39		ПК-2	0,85		ПК-2	2,20
	ИСО-1М	-1,83		ИСО-1М	2,20		ИСО-1М	3,45
	УГК-1	-2,27		УГК-1	2,20		УГК-1	5,14
	ИНТРОСКОП	-3,25		ИНТРОСКОП	3,55		ИНТРОСКОП	6,84
опора 147	УК-1401	1,39	опора 155	УК-1401	0,85	опора 163	УК-1401	-0,85
	ПК-2	2,20		ПК-2	0,41		ПК-2	-1,39
	ИСО-1М	3,01		ИСО-1М	1,76		ИСО-1М	-2,74
	УГК-1	2,47		УГК-1	2,29		УГК-1	-2,74
	ИНТРОСКОП	2,47		ИНТРОСКОП	3,64		ИНТРОСКОП	-3,28
опора 148	УК-1401	0,85	опора 156	УК-1401	1,39	опора 164	УК-1401	-0,85
	ПК-2	1,39		ПК-2	1,39		ПК-2	-1,39
	ИСО-1М	2,74		ИСО-1М	2,20		ИСО-1М	-2,74
	УГК-1	2,74		УГК-1	2,20		УГК-1	-2,74
	ИНТРОСКОП	3,28		ИНТРОСКОП	3,01		ИНТРОСКОП	-3,28
опора 149	УК-1401	1,39	опора 157	УК-1401	0,85	опора 165	УК-1401	1,39
	ПК-2	2,20		ПК-2	1,39		ПК-2	1,39
	ИСО-1М	3,01		ИСО-1М	1,39		ИСО-1М	2,20
	УГК-1	2,47		УГК-1	1,93		УГК-1	2,20
	ИНТРОСКОП	3,28		ИНТРОСКОП	3,28		ИНТРОСКОП	3,01
опора 150	УК-1401	1,39	опора 158	УК-1401	1,39	опора 166	УК-1401	-0,85
	ПК-2	2,20		ПК-2	1,39		ПК-2	-1,39
	ИСО-1М	3,01		ИСО-1М	2,20		ИСО-1М	-2,74
	УГК-1	3,01		УГК-1	2,20		УГК-1	-2,74
	ИНТРОСКОП	3,82		ИНТРОСКОП	3,01		ИНТРОСКОП	-3,28
опора 151	УК-1401	1,39	опора 159	УК-1401	-1,39	опора 167	УК-1401	-0,85
	ПК-2	2,20		ПК-2	-1,39		ПК-2	-1,39
	ИСО-1М	3,01		ИСО-1М	-2,20		ИСО-1М	-0,13
	УГК-1	3,01		УГК-1	-3,01		УГК-1	2,10
	ИНТРОСКОП	3,82		ИНТРОСКОП	-3,01		ИНТРОСКОП	4,33
опора 152	УК-1401	0,85	опора 160	УК-1401	-1,39	опора 168	УК-1401	-0,85
	ПК-2	0,41		ПК-2	-0,85		ПК-2	-1,39
	ИСО-1М	-0,85		ИСО-1М	1,39		ИСО-1М	-0,54
	УГК-1	-3,08		УГК-1	4,16		УГК-1	1,69
	ИНТРОСКОП	-5,31		ИНТРОСКОП	6,39		ИНТРОСКОП	4,74

Продолжение таблицы Б7

	Приборы	Диагноз		Приборы	Диагноз		Приборы	Диагноз
1	2	3	1	2	3	1	2	3
опора 169	УК-1401	-0,85	опора 177	УК-1401	0,85	опора 185	УК-1401	-1,39
	ПК-2	-1,39		ПК-2	2,20		ПК-2	-1,39
	ИСО-1М	-0,13		ИСО-1М	2,20		ИСО-1М	1,39
	УГК-1	2,10		УГК-1	2,74		УГК-1	3,62
	ИНТРОСКОП	5,14		ИНТРОСКОП	3,28		ИНТРОСКОП	5,41
опора 170	УК-1401	1,39	опора 178	УК-1401	0,85	опора 186	УК-1401	1,39
	ПК-2	1,39		ПК-2	2,20		ПК-2	2,20
	ИСО-1М	2,20		ИСО-1М	2,20		ИСО-1М	2,20
	УГК-1	2,20		УГК-1	3,55		УГК-1	3,01
	ИНТРОСКОП	3,01		ИНТРОСКОП	3,55		ИНТРОСКОП	3,01
опора 171	УК-1401	-1,39	опора 179	УК-1401	0,85	опора 187	УК-1401	0,85
	ПК-2	-1,39		ПК-2	1,39		ПК-2	2,20
	ИСО-1М	1,39		ИСО-1М	1,39		ИСО-1М	2,74
	УГК-1	3,62		УГК-1	1,93		УГК-1	4,09
	ИНТРОСКОП	5,85		ИНТРОСКОП	3,28		ИНТРОСКОП	4,63
опора 172	УК-1401	0,85	опора 180	УК-1401	1,39	опора 188	УК-1401	0,85
	ПК-2	0,41		ПК-2	1,39		ПК-2	2,20
	ИСО-1М	1,76		ИСО-1М	2,20		ИСО-1М	2,74
	УГК-1	2,29		УГК-1	3,01		УГК-1	4,09
	ИНТРОСКОП	3,64		ИНТРОСКОП	0,77		ИНТРОСКОП	5,44
опора 173	УК-1401	0,85	опора 181	УК-1401	-1,39	опора 189	УК-1401	1,39
	ПК-2	0,41		ПК-2	-1,39		ПК-2	2,20
	ИСО-1М	1,76		ИСО-1М	-2,20		ИСО-1М	2,20
	УГК-1	3,11		УГК-1	-3,01		УГК-1	3,01
	ИНТРОСКОП	3,64		ИНТРОСКОП	-2,47		ИНТРОСКОП	3,01
опора 174	УК-1401	-0,85	опора 182	УК-1401	0,85	опора 190	УК-1401	0,85
	ПК-2	-1,39		ПК-2	1,39		ПК-2	2,20
	ИСО-1М	-2,74		ИСО-1М	2,74		ИСО-1М	2,20
	УГК-1	-2,29		УГК-1	4,09		УГК-1	3,55
	ИНТРОСКОП	-3,64		ИНТРОСКОП	4,63		ИНТРОСКОП	4,09
опора 175	УК-1401	1,39	опора 183	УК-1401	1,39	опора 191	УК-1401	0,85
	ПК-2	2,20		ПК-2	1,39		ПК-2	1,39
	ИСО-1М	3,01		ИСО-1М	2,20		ИСО-1М	1,39
	УГК-1	3,82		УГК-1	3,01		УГК-1	2,74
	ИНТРОСКОП	3,82		ИНТРОСКОП	2,47		ИНТРОСКОП	3,28
опора 176	УК-1401	0,41	опора 184	УК-1401	-0,85	опора 192	УК-1401	0,85
	ПК-2	0,85		ПК-2	-1,39		ПК-2	2,20
	ИСО-1М	2,64		ИСО-1М	1,66		ИСО-1М	3,55
	УГК-1	2,64		УГК-1	3,35		УГК-1	3,55
	ИНТРОСКОП	3,62		ИНТРОСКОП	3,35		ИНТРОСКОП	4,09

Продолжение таблицы Б7

	Приборы	Диагноз		Приборы	Диагноз		Приборы	Диагноз
1	2	3	1	2	3	1	2	3
опора 193	УК-1401	0,85	опора 201	УК-1401	0,85	опора 209	УК-1401	-0,85
	ПК-2	1,39		ПК-2	1,39		ПК-2	-1,39
	ИСО-1М	2,74		ИСО-1М	2,74		ИСО-1М	-2,74
	УГК-1	2,74		УГК-1	2,29		УГК-1	-2,29
	ИНТРОСКОП	3,28		ИНТРОСКОП	3,64		ИНТРОСКОП	-3,64
опора 194	УК-1401	0,85	опора 202	УК-1401	0,85	опора 210	УК-1401	-0,85
	ПК-2	2,20		ПК-2	2,20		ПК-2	-2,20
	ИСО-1М	2,20		ИСО-1М	3,55		ИСО-1М	-2,20
	УГК-1	2,74		УГК-1	4,09		УГК-1	-2,74
	ИНТРОСКОП	3,28		ИНТРОСКОП	4,63		ИНТРОСКОП	-4,09
опора 195	УК-1401	1,39	опора 203	УК-1401	0,85	опора 211	УК-1401	-0,85
	ПК-2	2,20		ПК-2	2,20		ПК-2	-2,20
	ИСО-1М	3,01		ИСО-1М	2,74		ИСО-1М	-2,74
	УГК-1	3,01		УГК-1	3,28		УГК-1	-3,28
	ИНТРОСКОП	3,01		ИНТРОСКОП	3,81		ИНТРОСКОП	-4,63
опора 196	УК-1401	0,85	опора 204	УК-1401	1,39	опора 212	УК-1401	-1,39
	ПК-2	1,39		ПК-2	2,20		ПК-2	-2,20
	ИСО-1М	1,93		ИСО-1М	3,01		ИСО-1М	-2,20
	УГК-1	2,46		УГК-1	3,01		УГК-1	-2,20
	ИНТРОСКОП	3,00		ИНТРОСКОП	3,01		ИНТРОСКОП	-3,01
опора 197	УК-1401	0,85	опора 205	УК-1401	0,85	опора 213	УК-1401	-1,39
	ПК-2	1,39		ПК-2	2,20		ПК-2	-1,39
	ИСО-1М	1,93		ИСО-1М	3,55		ИСО-1М	-2,20
	УГК-1	2,46		УГК-1	4,09		УГК-1	-2,20
	ИНТРОСКОП	3,00		ИНТРОСКОП	4,63		ИНТРОСКОП	-3,01
опора 198	УК-1401	0,85	опора 206	УК-1401	1,39	опора 214	УК-1401	-1,39
	ПК-2	2,20		ПК-2	2,20		ПК-2	-2,20
	ИСО-1М	2,74		ИСО-1М	3,01		ИСО-1М	-3,01
	УГК-1	2,74		УГК-1	3,01		УГК-1	-3,01
	ИНТРОСКОП	3,28		ИНТРОСКОП	3,82		ИНТРОСКОП	-3,82
опора 199	УК-1401	1,39	опора 207	УК-1401	1,39	опора 215	УК-1401	-0,85
	ПК-2	2,20		ПК-2	1,39		ПК-2	-2,20
	ИСО-1М	2,20		ИСО-1М	2,20		ИСО-1М	-3,55
	УГК-1	3,01		УГК-1	2,20		УГК-1	-4,09
	ИНТРОСКОП	3,01		ИНТРОСКОП	3,01		ИНТРОСКОП	-5,44
опора 200	УК-1401	0,85	опора 208	УК-1401	-0,85	опора 216	УК-1401	-1,39
	ПК-2	2,20		ПК-2	0,85		ПК-2	0,85
	ИСО-1М	3,55		ИСО-1М	2,10		ИСО-1М	2,64
	УГК-1	3,11		УГК-1	3,79		УГК-1	4,03
	ИНТРОСКОП	3,64		ИНТРОСКОП	5,49		ИНТРОСКОП	5,82

Окончание таблицы Б7

	Приборы	Диагноз		Приборы	Диагноз
1	2	3	1	2	3
опора 217	УК-1401	-0,85	опора 225	УК-1401	0,85
	ПК-2	-2,20		ПК-2	0,41
	ИСО-1М	-3,55		ИСО-1М	-1,29
	УГК-1	-4,09		УГК-1	-2,98
	ИНТРОСКОП	-5,44		ИНТРОСКОП	-5,22
опора 218	УК-1401	-1,39	опора 226	УК-1401	0,85
	ПК-2	0,85		ПК-2	1,39
	ИСО-1М	2,64		ИСО-1М	2,74
	УГК-1	4,03		УГК-1	3,28
	ИНТРОСКОП	5,82		ИНТРОСКОП	2,83
опора 219	УК-1401	-1,39			
	ПК-2	0,85			
	ИСО-1М	3,62			
	УГК-1	5,85			
	ИНТРОСКОП	6,39			
опора 220	УК-1401	-0,85			
	ПК-2	-1,39			
	ИСО-1М	-0,94			
	УГК-1	-2,29			
	ИНТРОСКОП	-3,64			
опора 221	УК-1401	-0,85			
	ПК-2	-1,39			
	ИСО-1М	-0,94			
	УГК-1	-2,29			
	ИНТРОСКОП	-3,64			
опора 222	УК-1401	0,41			
	ПК-2	0,85			
	ИСО-1М	1,83			
	УГК-1	3,62			
	ИНТРОСКОП	4,06			
опора 223	УК-1401	-0,85			
	ПК-2	-1,39			
	ИСО-1М	-1,39			
	УГК-1	-1,93			
	ИНТРОСКОП	-3,28			
опора 224	УК-1401	-1,39			
	ПК-2	-1,39			
	ИСО-1М	-2,20			
	УГК-1	-2,20			
	ИНТРОСКОП	-3,01			

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

Результаты измерений несущей способности железобетонных опор контактной сети

Таблица В.1 – Результаты измерений в 1 квартале 2013 года

Опора	Показатель П2	Опора	Показатель П2	Опора	Показатель П2
1	1,19	38	1,18	75	1,00
2	1,39	39	1,13	76	1,22
3	1,25	40	1,14	77	1,12
4	1,18	41	1,11	78	1,12
5	1,22	42	1,22	79	1,13
6	1,29	43	1,07	80	1,33
7	1,10	44	1,15	81	1,40
8	1,38	45	1,18	82	1,38
9	1,06	46	1,22	83	1,28
10	1,32	47	1,39	84	1,19
11	1,16	48	1,33	85	1,25
12	1,41	49	1,35	86	1,30
13	1,22	50	1,39		
14	1,12	51	1,36		
15	1,19	52	1,22		
16	1,28	53	1,19		
17	1,39	54	1,08		
18	1,13	55	1,18		
19	1,40	56	1,22		
20	1,39	57	1,14		
21	1,27	58	1,09		
22	1,40	59	1,23		
23	1,09	60	1,00		
24	1,19	61	1,17		
25	1,16	62	1,40		
26	1,18	63	1,33		
27	1,05	64	1,22		
28	1,40	65	0,98		
29	1,20	66	1,18		
30	1,21	67	1,34		
31	1,31	68	1,29		
32	1,26	69	1,22		
33	1,19	70	1,27		
34	1,20	71	1,18		
35	1,20	72	1,02		
36	1,12	73	1,01		
37	1,13	74	1,09		

Таблица В.2 – Результаты измерений в 2 квартале 2013 года

Опора	Показатель П2	Опора	Показатель П2	Опора	Показатель П2
1	1,20	40	1,18	79	1,15
2	1,40	41	1,15	80	1,33
3	1,26	42	1,25	81	1,41
4	1,20	43	1,12	82	1,38
5	1,23	44	1,19	83	1,30
6	1,30	45	1,18	84	1,20
7	1,10	46	1,22	85	1,26
8	1,40	47	1,40	86	1,32
9	1,10	48	1,35		
10	1,35	49	1,36		
11	1,19	50	1,42		
12	1,43	51	1,40		
13	1,26	52	1,22		
14	1,15	53	1,20		
15	1,21	54	1,10		
16	1,31	55	1,18		
17	1,39	56	1,22		
18	1,15	57	1,14		
19	1,40	58	1,09		
20	1,40	59	1,23		
21	1,28	60	1,00		
22	1,40	61	1,17		
23	1,10	62	1,40		
24	1,20	63	1,33		
25	1,20	64	1,22		
26	1,19	65	0,98		
27	1,10	66	1,18		
28	1,40	67	1,34		
29	1,21	68	1,29		
30	1,21	69	1,22		
31	1,31	70	1,31		
32	1,26	71	1,20		
33	1,19	72	1,10		
34	1,20	73	1,09		
35	1,20	74	1,12		
36	1,12	75	1,09		
37	1,13	76	1,23		
38	1,21	77	1,15		
39	1,15	78	1,13		

Таблица В.3 – Результаты измерений в 3 квартале 2013 года

Опора	Показатель П2	Опора	Показатель П2	Опора	Показатель П2
1	1,20	40	1,17	79	1,13
2	1,40	41	1,11	80	1,33
3	1,26	42	1,25	81	1,40
4	1,18	43	1,07	82	1,38
5	1,26	44	1,15	83	1,28
6	1,29	45	1,18	84	1,21
7	1,13	46	1,22	85	1,26
8	1,38	47	1,45	86	1,31
9	1,09	48	1,34		
10	1,38	49	1,37		
11	1,17	50	1,42		
12	1,41	51	1,38		
13	1,31	52	1,22		
14	1,14	53	1,19		
15	1,23	54	1,08		
16	1,31	55	1,18		
17	1,40	56	1,22		
18	1,16	57	1,14		
19	1,41	58	1,11		
20	1,43	59	1,23		
21	1,31	60	1,00		
22	1,40	61	1,17		
23	1,15	62	1,40		
24	1,22	63	1,33		
25	1,16	64	1,22		
26	1,18	65	0,98		
27	1,05	66	1,18		
28	1,40	67	1,34		
29	1,20	68	1,33		
30	1,27	69	1,22		
31	1,35	70	1,27		
32	1,32	71	1,18		
33	1,20	72	1,02		
34	1,23	73	1,01		
35	1,22	74	1,09		
36	1,12	75	1,00		
37	1,13	76	1,22		
38	1,18	77	1,12		
39	1,16	78	1,12		

Таблица В.4 – Результаты измерений в 4 квартале 2013 года

Опора	Показатель П2	Опора	Показатель П2	Опора	Показатель П2
1	1,23	40	1,21	79	1,13
2	1,40	41	1,11	80	1,33
3	1,26	42	1,31	81	1,40
4	1,18	43	1,07	82	1,38
5	1,26	44	1,15	83	1,28
6	1,29	45	1,18	84	1,26
7	1,13	46	1,28	85	1,26
8	1,38	47	1,45	86	1,31
9	1,11	48	1,34		
10	1,38	49	1,37		
11	1,21	50	1,42		
12	1,41	51	1,38		
13	1,31	52	1,22		
14	1,16	53	1,21		
15	1,23	54	1,11		
16	1,31	55	1,19		
17	1,40	56	1,22		
18	1,16	57	1,14		
19	1,41	58	1,11		
20	1,43	59	1,23		
21	1,31	60	1,00		
22	1,40	61	1,17		
23	1,16	62	1,40		
24	1,26	63	1,33		
25	1,16	64	1,22		
26	1,21	65	0,98		
27	1,05	66	1,18		
28	1,40	67	1,34		
29	1,20	68	1,33		
30	1,31	69	1,22		
31	1,35	70	1,27		
32	1,32	71	1,18		
33	1,20	72	1,02		
34	1,23	73	1,01		
35	1,22	74	1,09		
36	1,70	75	1,00		
37	1,13	76	1,22		
38	1,18	77	1,12		
39	1,16	78	1,12		

Таблица В.5 – Результаты измерений в 1 квартале 2018 года

Опора	Показатель П2	Опора	Показатель П2	Опора	Показатель П2
1	1,36	40	1,18	79	1,15
2	1,50	41	1,22	80	1,51
3	1,31	42	1,46	81	1,50
4	1,23	43	1,20	82	1,43
5	1,50	44	1,21	83	1,36
6	1,41	45	1,34	84	1,24
7	1,26	46	1,43	85	1,40
8	1,39	47	1,45	86	1,32
9	1,33	48	1,46		
10	1,46	49	1,36		
11	1,31	50	1,42		
12	1,43	51	1,50		
13	1,40	52	1,38		
14	1,20	53	1,26		
15	1,32	54	1,26		
16	1,41	55	1,30		
17	1,50	56	1,25		
18	1,35	57	1,36		
19	1,41	58	1,21		
20	1,46	59	1,41		
21	1,44	60	1,15		
22	1,55	61	1,36		
23	1,21	62	1,48		
24	1,38	63	1,53		
25	1,33	64	1,40		
26	1,31	65	1,10		
27	1,18	66	1,33		
28	1,50	67	1,34		
29	1,42	68	1,39		
30	1,33	69	1,31		
31	1,50	70	1,41		
32	1,41	71	1,20		
33	1,36	72	1,13		
34	1,45	73	1,36		
35	1,42	74	1,33		
36	1,34	75	1,18		
37	1,41	76	4,15		
38	1,23	77	1,26		
39	1,37	78	1,32		

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(обязательное)

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2013613993

Расчет стоимости жизненного цикла
сложных технических систем

Правообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения» (УрГУПС) (RU)*

Автор(ы): *Галкин Александр Геннадьевич (RU), Ковалев Алексей Анатольевич (RU), Микава Александр Ваноевич (RU), Окунев Александр Владимирович (RU)*

Заявка № 2013611405

Дата поступления 01 марта 2013 г.

Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ
22 апреля 2013 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов



ПРИЛОЖЕНИЕ Е

(обязательное)

АКТЫ

о внедрении



ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ»
(ООО «НДТ»)

ИНН 6678076449
Российская Федерация, Свердловская область
623700, г. Березовский, ул. Кольцевая, д. 3, офис 8
тел (343) 206-67-91, e-mail: ooondt@mail.ru
www.bestavteh.com

Акт

о внедрении программы для ЭВМ «Расчет стоимости жизненного цикла сложных технических систем»

1. Разработчики: Галкин Александр Геннадьевич, Ковалев Алексей Анатольевич, Микава Александр Ваноевич, Окунев Александр Владимирович.
2. Предмет внедрения: программный продукт для ЭВМ.
3. Место внедрения ООО «НДТ».
4. Техничко-экономический эффект: при помощи предложенной программы для ЭВМ рассчитываются показатели экономической эффективности (стоимость жизненного цикла, полезный экономический эффект, лимитная цена) отдельных элементов сложных технических систем. Применение данной программы дает возможность заранее определить экономический эффект от использования нового образца техники по сравнению с ее аналогом, который морально и технически устарел. Автоматизация процесса сокращает время на расчет стоимости жизненного цикла системы с учетом изменяющегося во времени коэффициента дисконтирования.
5. Дата внедрения: 05.12.2016 г.
6. Предложение о дальнейшем использовании: предлагается применять указанный программный продукт при расчете стоимости жизненного цикла вновь разрабатываемых устройств.

Директор



Н.В. Крапивин



**ФИЛИАЛ ОАО «РЖД»
ТРАНСЭНЕРГО
СВЕРДЛОВСКАЯ ДИРЕКЦИЯ
ПО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЮ**

ул. Челюскинцев, 116,
г. Екатеринбург, 620013,
Тел.: (343) 358-48-23, факс: (343) 358-57-27,
E-mail: Nees@svrw.ru

« » 2019 г. №ИСХ- /СВЕРДНТЭ

На № от

Акт

о внедрении результатов научно-исследовательской работы

1. Разработчики: Ковалев Алексей Анатольевич, Окунев Александр Владимирович.
2. Предмет внедрения: алгоритм проведения комплексной диагностики опор контактной сети.
3. Место внедрения: Свердловская железная дорога, филиал ОАО «Российские железные дороги», Свердловская дирекция по энергообеспечению.
4. Техничко-экономический эффект: предложенный алгоритм позволяет решить задачи по наиболее достоверному определению технического состояния железобетонных опор контактной сети и принятию мер по обеспечению безопасности перевозочного процесса, учитывая экономическую целесообразность.
5. Дата внедрения: 30.04.2019 г.
6. Предложение о дальнейшем использовании: предлагается применять указанный алгоритм при текущей эксплуатации опорного парка.

Начальник дирекции

Начальник электротехнической
лаборатории



О.В. Халуев

И.А. Пятецкий