ОАО «РОСГАЗИФИКАЦИЯ»

МЕТОДИКА ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОВЕРКИ И АНАЛИЗА СИСТЕМЫ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ ГАЗОПРОВОДОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

МОСКВА
2005 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Разработана творческим коллективом специалистов АКХ им. Памфилова под руководством Е Г. Кузнецовой при координации ОАО «Росгазификация»

Утверждена Заместителем генерального директора ОАО «Росгазификация» В И Локотуниным 28 апреля 2005 г

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения.....1
1.1. Область применения.....1
1.2. Термины и определения.....1
1.3. Принятые сокращения.....3
1.4. Методические основы.....3
1.5. Исходные данные.....3
2. Экспресс-методика технического аудита системы катодной защиты подземных газопроводов (для получения предварительных выводов об эффективности действующей системы противокоррозионной защиты).....4
2.1. Общее описание.....4
2.2. Критерии оценки.....4
2.3. Определение средней плотности защитного тока.....5
2.4. Определение длины защитной зоны.....5
2.5. Анализ причин неэффективной работы системы электрохимической защиты 6
3. Мероприятия по повышению эффективности электрохимической защиты.....10
3.1. Общее описание.....10
3.2. Выявление и устранение неконтролируемых контактов газопровода с другими плохо изолированными от земли сооружениями.....10
3.3. Выявление повреждений изоляционного покрытия и ремонт покрытия в этих местах.....12
3.4. Отработка режима совместной защиты газопроводов с другими коммуникациями.....14
3.5. Анализ режима работы установок катодной защиты и меры по устранению выявленных недостатков.....14
4. Методика технико-экономического анализа проекта реконструкции системы катодной защиты.....16
5. Отчетность по результатам анализа и выполненных работ.....19
Приложение 1. Рекомендуемые формы отчетности.....20
Приложение 2. Расчет оптимального числа анодов.....21
Приложение 3. Описание компьютерной программы и пример расчета.....23
Приложение 4. Компьютерная программа на дискете.

МЕТОДИКА ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОВЕРКИ И АНАЛИЗА СИСТЕМЫ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ ГАЗОПРОВОДОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Область применения

1.1.1. Методика распространяется на систему катодной защиты подземных стальных газопроводов распределительных сетей диаметром до 500 мм и давлением до 1,2 МПа, имеющих либо коррозионные повреждения, либо множественные повреждения изоляционного покрытия, а также при существенном отклонении параметров ЭХЗ по сравнению с оптимальными.

1.1.2. Методика распространяется на системы катодной защиты, работающие в режиме:

- ручного регулирования;
- автоматического поддержания заданных параметров;
- при наличии или отсутствии телеконтроля и телеуправления режимами работы катодных станций.

1.1.3. Методика представляет собой комплекс измерительных работ и методов расчета, имеющих целью определить степень эффективности действующей электрохимической защиты, разработать меры по повышению ее надежности с целью снижения рисков возникновения коррозионных повреждений и сокращения эксплуатационных затрат и оценить экономическую эффективность предложенных мер.

1.1.4. Методика предназначена для персонала предприятий "Подземметаллзащита", функционирующих в составе ГРО, для проектно-изыскательских и пуско-наладочных организаций, занимающихся вопросами электрохимической защиты распределительных газопроводов.

1.1.5. Методика предлагает углубленный способ аудита эффективности системы электрохимической защиты и, в частности, проверку технико-экономической целесообразности реконструкции как всей системы, так и отдельных ее элементов (преобразователей, анодных заземлителей, электроизолирующих соединений и др.).

1.2. Термины и определения

1.2.1. Суммарная протяженность газопроводов, защищаемых катодной станцией, (длина защитной зоны, создаваемой одной катодной станцией) L, (км).

1.2.2. Средняя плотность тока, приходящаяся на единицу длины защищаемых газопроводов

$$i_L = \frac{I}{L}, \text{ (А/км)},$$

где I - ток катодной станции.

1.2.3. Средняя плотность тока, приходящаяся на единицу поверхности защищаемых трубопроводов

$$i_S = \frac{I}{\Sigma S}, \text{ (А/м}^2\text{)},$$

где I - ток катодной станции;

ΣS - суммарная площадь поверхности защищаемого газопровода.

1.2.4. Показатели по п.п. 1.2.1 - 1.2.3 являются основными при аудите системы катодной защиты.

1.2.5. Мощность, расходуемая на электрохимическую защиту

$$N = \frac{I \cdot U}{\eta},$$

где U - выходное напряжение установки защиты;

η - коэффициент полезного действия преобразователя.

1.2.6. Потеря мощности на анодном заземлителе

$$N_{аз} = I^2 \cdot R_{аз}, \text{ (Вт)},$$

где $R_{аз}$ - сопротивление анодного заземлителя.

1.2.7. Расход мощности на единицу поверхности защищаемого газопровода

$$N_S = \frac{N}{S}, \text{ (Вт/м}^2\text{)},$$

где N - суммарная мощность, расходуемая преобразователем для катодной защиты, Вт;

S - суммарная площадь поверхности защищаемых газопроводов, м².

1.2.8. Расход мощности на единицу длины защищаемого газопровода

$$N_L = \frac{N}{L}, \text{ (Вт/км)},$$

где L - суммарная длина защищаемых газопроводов, км.

1.2.9. Дополнительные показатели по п.п. 1.2.5-1.2.8. используются для сравнения конкретных технических решений по ЭХЗ.

1.3. Принятые сокращения

АЗ - анодный заземлитель (анодное заземление);

КЗ - катодная защита;

СКЗ - станция катодной защиты;

ЭИС - электроизолирующее соединение;

ЭХЗ - электрохимическая защита

1.4. Методические основы

Разработка дополнительных мер по повышению эффективности противокоррозионной защиты (раздел 3) необходима при существенном снижении средней длины защитной зоны или превышении среднестатистических значений плотности защитного тока.

Повышение эффективности ЭХЗ может быть достигнуто путем:

- выявления и устранения неконтролируемых электрических контактов;
- увеличения проводимости анодного заземлителя;
- ремонтом изоляционного покрытия подземного газопровода;
- правильной настройки параметров катодной защиты.

Определение степени эффективности действующей электрохимической защиты и перечня мер по повышению надежности защиты и снижению рисков возникновения коррозионных повреждений может быть осуществлено при помощи Экспресс-методики технического аудита системы катодной защиты подземных газопроводов (раздел 2), которая представляет собой комплекс измерительных работ и рекомендаций по анализу их результатов.

Степень экономической эффективности предложенных мероприятий может быть оценено при помощи Методики технико-экономического анализа проекта реконструкции системы катодной защиты (раздел 4) и прилагаемого к ней программного модуля, которые позволяют провести сравнение альтернативных вариантов реконструкции.

1.5. Исходные данные

Сбор и анализ исходных данных об обследуемом участке распределительного газопровода включает следующие виды работ:

- изучение технической документации - технические характеристики участка газопровода, проектные и эксплуатационные характеристики ЭХЗ, результаты диагностического и приборного обследования, данные о коррозионных повреждениях газопровода;
- анализ результатов ранее проведенных диагностических обследований и оценок технического состояния участка распределительных газопроводов;

- сбор исходных данных по стоимостным показателям составляющих системы катодной защиты

2. ЭКСПРЕСС-МЕТОДИКА ТЕХНИЧЕСКОГО АУДИТА СИСТЕМЫ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ ПОДЗЕМНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

2.1. Общее описание

Методика технического аудита представляет собой комплекс измерительных работ и рекомендаций по анализу их результатов, имеющих целью определить степень эффективности действующей электрохимической защиты и направления мероприятий по повышению надежности защиты, снижению рисков возникновения коррозионных повреждений, снижению эксплуатационных затрат.

Технический аудит системы - первый шаг при проведении технико-экономической оценки мероприятий по реконструкции системы катодной защиты. Глубина технического аудита может быть обусловлена общим объемом инвестиций, которые планируются выделить на модернизацию и реконструкцию систем катодной защиты. Предметом анализа может быть как система КЗ отдельного газопровода, так и система КЗ газораспределительной системы отдельного городского района.

2.2. Критерии оценки

Основными и наиболее надежными показателями состояния эффективности (экономичности) противокоррозионной защиты являются средняя плотность защитного тока на единицу длины защищаемого газопровода (i_L) или на единицу площади защищаемой поверхности газопровода (i_s).

Как показывает анализ данных, полученных при эксплуатации систем катодной защиты в ряде городов Российской Федерации, следует ориентироваться на следующие критерии эффективности системы КЗ:

- при $i_s \leq 0{,}6$ мА/м² (что соответствует $i_L \leq 0{,}2$ А/км при среднем диаметре газопроводов 100 мм), - это хороший технический уровень: состояние изоляционного покрытия газопроводов может считаться вполне удовлетворительным, электроизолирующие соединения исправны;

- при $2 \geq i_s > 0{,}6$ мА/м² ($0{,}67 \geq i_L > 0.2$ А/км), - удовлетворительное состояние: состояние изоляционного покрытия газопроводов может считаться удовлетворительным, электроизолирующие соединения в основном исправны, дополнительные мероприятия по улучшению системы катодной защиты в

щие соединения, дополнительные мероприятия могут быть экономически оправданы;

- при $i_s > 6{,}0$ мА/м² ($i_L > 2$ А/км) изоляционное покрытие газопровода может иметь множественные повреждения, электроизолирующие соединения отсутствуют. Газопровод может иметь неконтролируемые контакты с водо-, теплопроводами и другими неизолированными от земли сооружениями, модернизация или реконструкция системы КЗ экономически оправдана.

Примечание. Значение i_s, равное 30 мА/м², соответствует предельному току диффузии кислорода на стали без изоляционного покрытия.

2.3. Определение средней плотности защитного тока

В общем случае средняя плотность защитного тока на единицу длины защищаемого газопровода (i_L) или на единицу площади защищаемой поверхности газопровода (i_s) рассчитывается по следующим формулам.

$$i_L = \frac{I}{L} \cdot 10^3, (\text{mA/км}), \qquad (2.1)$$

где I - ток катодной станции, А;

L - суммарная длина газопроводов, расположенных в зоне защиты и находящихся под защитным потенциалом, км.

$$i_s = \frac{I \cdot 10^3}{\pi \sum_{n=1}^{k} l_n d_n}, (\text{mA/м}^2), \qquad (2.2)$$

где l_n и d_n - соответственно длина и диаметр отдельных участков газопровода;

k - число участков газопровода, находящихся в пределах защитной зоны.

2.4. Определение длины защитной зоны

2.4.1. Длина защитной зоны представляет собой суммарную протяженность газопроводов, на которых под действием катодной станции происходит смещение потенциала до значений, находящихся в интервале от минимального до максимального (по абсолютной величине) защитного потенциала.

2.4.2. При наличии по всей трассе газопровода специальных контрольно-измерительных пунктов (КИП) границы защитной зоны устанавливают по значению поляризационного потенциала, при их отсутствии - по значению суммарного потенциала газопровода.

2.4.3. Учитывая необходимость получения объективных данных о значе-

ниях суммарных и поляризационных потенциалов, измеряемых по трассе газопровода с использованием КИП, перед началом измерений необходимо осуществить проверку исправности КИП.

Проверка заключается в измерении сопротивлений между клеммами КИП, электрически соединенными с трубой (Т), электродом сравнения (Э) и датчиком потенциала (Д). Измерения производятся с помощью мегомметра или иного измерителя сопротивления с испытательным напряжением не более 100 В.

Сопротивление между электродами Т и Э должно быть не более 15 кОм и сопротивление между электродами Т и Д при площади датчика 6,25 см^2 не более величины 17,8 ρ Ом, где ρ - удельное сопротивление грунта в Ом·м.

2.4.4. Измерение потенциалов газопровода, осуществляемое для определения длины защитной зоны одной катодной станции, необходимо выполнять при выключенных катодных станциях, соседних с проверяемой.

2.4.5. В случае, когда отключение соседних станций не представляется возможным, границы защитной зоны проверяемой катодной станции устанавливают по смещению потенциала газопровода (суммарного или поляризационного) от стационарного потенциала.

Смещение потенциала газопровода ($U_{см}$) определяют как разность между потенциалом газопровода при включенной станции и потенциалом при выключенной станции (после 10-минутной выдержки)

$$U_{см} = U_{вкл} - U_{выкл}.$$

2.4.6. Границей защитной зоны могут считаться точки измерений, где поляризационный потенциал равен - 0,85 В (по медно-сульфатному электроду сравнения) или суммарный потенциал равен - 0,9 В.

2.5. Анализ причин неэффективной работы системы электрохимической защиты

2.5.1. При значении i_s > 6,0 мА/м^2 (или i_L > 2,0 А/км) следует обратить особое внимание на весьма вероятное наличие электрических контактов между защищаемым газопроводом и иными плохо изолированными от земли сооружениями.

Такие контакты, как правило, имеют место в жилых домах и производственных зданиях, где электроизолирующие соединения (изолирующие муфты, изолирующие сгоны или изолирующие фланцы) отсутствуют или неисправны, в результате чего возникают неконтролируемые электрические связи между газопроводом, водопроводом, теплосетью, контурами заземлений и другими

заземленными устройствами.

Менее вероятны, но вполне возможны контакты между газопроводами и иными сооружениями на подземной части газопровода.

При массовом отсутствии электроизолирующих соединений на газопроводах в местах возможных контактов с другими подземными коммуникациями большое технико-экономическое значение приобретает очередность установки таких соединений, дающая максимально ускоренный эффект при минимальных капиталовложениях.

Для этой цели необходимо выявить участки газораспределительной сети (в основном, вводы в жилые дома и производственные здания), где утечка тока имеет максимальное значение.

Учитывая разрешающую способность методов измерения утечки тока через вводы, целесообразно установить следующую градацию:

- первоочередного оборудования электроизолирующими соединениями (ЭИС) требуют вводы, утечка тока на которых составляет 1 и более ампер;
- в последующем должны быть оборудованы ЭИС вводы, на которых ток утечки ($I_{ут}$)

$$1\ А > I_{ут} \geq 0{,}1\ А.$$

Следует иметь в виду, что установка одного или нескольких электроизолирующих соединений может вызвать существенное перераспределение токов утечки между остальными объектами. Поэтому после установки электроизолирующих соединений на вводах с наибольшей утечкой тока следует осуществить повторную проверку вводов, оставшихся без ЭИС, руководствуясь степенью их влияния на суммарную утечку тока с газопровода, оборудованного электрохимической защитой.

2.5.2. По величине средней плотности защитного тока можно судить об интегральном значении сопротивления изоляционного покрытия газопровода по всей длине защитной зоны.

При значении $i_s > 0{,}6$ мА/м² (или $i_L > 0{,}2$ А/км) необходимо провести внеочередное приборное обследование изоляционного покрытия с целью определения локальных участков его повреждения.

Для проверки состояния изоляционного покрытия и поиска мест его локальных повреждений, в первую очередь, используются приборы обнаружения повреждений изоляции типа АНПИ, АНТПИ.

Обнаружить участки повреждения изоляционного покрытия можно также путем измерения потенциала подземного газопровода в зоне действия установки защиты с шагом измерений 5 - 10 м методом выносного электрода.

Суть метода заключается в следующем. На контрольно-измерительном

пункте либо в точке возможного подключения к газопроводу (домовый ввод, сифон, задвижка, фланец, либо другой доступный для подключения элемент) подключается клемма вольтметра (например, ПКИ-02). Вторая клемма прибора подключается к переносному электроду сравнения, который последовательно устанавливается через 5, 10, 15 и т.д. метров от точки подключения к газопроводу вдоль его оси.

Измеренные таким образом потенциалы отличаются, как правило, на одну и ту же величину. При этом наблюдается монотонное изменение измеренных величин (убывание по мере удаления от катодной станции или возрастание по мере приближения переносного электрода к ней). Как только переносной электрод оказывается в зоне повреждения изоляции, наблюдается "скачок" потенциала.

Для получения более достоверной информации указанные измерения целесообразно сопровождать измерениями градиента потенциала в земле в направлении, перпендикулярном оси трубопровода. В зоне повреждения изоляции градиент потенциала будет существенно отличаться от значений его, полученных в соседних "благополучных" точках.

Дополнительным критерием контроля качества изоляционного покрытия может служить "поведение" суммарного потенциала газопровода в момент подключения к нему датчика потенциала либо любой неизолированной и находящейся в контакте с землей стальной пластины площадью 6,25 см^2.

В случае, когда изоляционное покрытие вблизи точки подключения датчика находится в удовлетворительном состоянии, суммарный потенциал газопровода в момент подключения датчика заметно (на 10 - 15 %) снижается. Если же изоляция в указанном месте имеет существенные нарушения (оголения площадью, близкой к 6,25 см^2 или более), снижения потенциала не наблюдается.

2.5.3. Одним из важных факторов, определяющих эффективность электрохимической защиты, является стабильность ее параметров во времени. Для повышения стабильности работы катодных станций большая часть преобразователей для катодной защиты, выпускаемых в настоящее время, снабжается блоком автоматического поддержания защитного потенциала или стабилизации защитного тока.

Наиболее целесообразным в условиях городов при наличии блуждающих токов является использование указанных преобразователей в режиме стабилизации защитного потенциала. Учитывая, что на вход блока стабилизации

подается суммарный потенциал, представляется целесообразным изучение динамики изменений суммарного и поляризационного потенциалов в точке подключения входного сигнала, подаваемого на катодную станцию. Эта динамика может быть определена на основании параллельного измерения указанных величин с помощью вольтметра ПКИ-02.

2.5.4. В соответствии с требованиями РД 153-39.4-091-01 при работе электрохимической защиты в зоне высокой коррозионной агрессивности грунта при одновременном опасном влиянии постоянных блуждающих токов не допускается наличие мгновенных значений потенциалов более положительных, чем стационарный.

В связи с этим при проверке эффективности катодной защиты от установок, работающих в неавтоматическом режиме, возникает необходимость определения стационарного потенциала газопровода.

Для определения стационарного потенциала газопровода следует в соответствии с РД 153-39.4-091-01 определить практически не изменяющееся (в пределах 0,04 В) во времени значение потенциала газопровода при выключенных установках защиты в период перерыва в работе электрифицированного транспорта.

Допускается в соответствии с НТД принять значение стационарного потенциала равным - 0,7 В.

Наконец, определение стационарного потенциала газопровода в поле блуждающих токов в зоне влияния одной или нескольких катодных станций без их выключения можно осуществить путем синхронного измерения суммарного потенциала газопровода и градиента потенциала в земле в направлении, перпендикулярном трассе газопровода.

Такие измерения можно осуществить с помощью двухкоординатного самопишущего прибора или любого другого прибора, позволяющего с точностью не хуже ± 5 мВ измерять одновременно два параметра: $U_{сум}$ и ΔV. После проведения измерений строится график функции

$$U_{сум} = f(\Delta V),$$

где $U_{сум}$ - суммарный потенциал газопровода, В;

ΔV - градиент потенциала в земле, В.

За стационарный потенциал принимается значение $U_{сум}$ при $\Delta V = 0$.

3. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

3.1. Общее описание

Разработка дополнительных мер по повышению эффективности противокоррозионной защиты целесообразна при существенном снижении средней длины защитной зоны или превышении среднестатистических значений плотности защитного тока.

Одним из основных методов повышения эффективности электрохимической защиты (ЭХЗ) является снижение электропроводимости между защищаемым газопроводом и землей, которое может быть достигнуто путем:

- выявления и устранения неконтролируемых электрических контактов газопровода с другими, плохо изолированными от земли сооружениями, включая выявления и устранения повреждений электроизолирующих соединений (ЭИС), установленных на газопроводе;
- выявления повреждений изоляционного покрытия газопровода и ремонт покрытия в этих местах;
- отработки режима совместной защиты газопроводов с другими коммуникациями, имеющими более низкое, чем у газопроводов переходное сопротивление.

Причиной неэффективной работы ЭХЗ может служить неправильный выбор параметров катодной защиты при проектировании.

3.2. Выявление и устранение неконтролируемых контактов газопровода с другими плохо изолированными от земли сооружениями

3.2.1. Выявление неконтролируемых контактов газопровода с другими сооружениями.

3.2.1.1. В связи с тем, что основные потери защитного тока происходят из-за наличия контактов газопровода с другими низкоомными сооружениями (водо-, теплопроводы и др.), первоочередной задачей является обнаружение и устранение этих контактов.

3.2.1.2. Следует проверить наличие на газопроводе электроизолирующих соединений всюду, где их установка предусмотрена НТД (РД 153-39.4-091-01; РД "Методические указания по использованию изолирующих соединений при электрохимической защите подземных газопроводов", ОАО "Росгазификация", 2003 г.), а именно:

- на входе и выходе из земли;
- на входе и выходе подземного газопровода из ГРП (ШРП);
- на вводах в здания, где возможен электрический контакт газопровода с

землей через заземленные металлические конструкции, инженерные коммуникации и нулевой провод электропроводки здания;

- на вводе газопровода на объект, являющийся источником блуждающего тока.

В результате такой проверки определяют объем необходимой работы по установке ЭИС на газопроводе с составлением перечня мест, где надлежит установить ЭИС.

3.2.1.3. Следует проверить эффективность действия установленных к моменту выполнения работы ЭИС и выявить неисправные.

Следует составить перечень неисправных ЭИС, которые подлежат замене или ремонту.

3.2.1.4. После выполнения работ по п.п. 3.2.1.2 и 3.2.1.3 определяют общий объем работ по установке ЭИС и перечень ЭИС с указанием адреса, диаметра газопровода, типа ЭИС.

Рекомендуемая форма перечня приведена в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Адрес установки (или ремонта) ЭИС	Диаметр газопровода	Тип ЭИС и его производитель	Примечание

3.2.1.5. При переходе подземного газопровода в надземный допускается вместо установки ЭИС применять электрическую изоляцию газопроводов от опор и конструкций с помощью изолирующих прокладок, сохраняющих электроизоляционные свойства в процессе эксплуатации (при попадании влаги, загрязнениях и т.п.). В связи с этим при отсутствии ЭИС на входе и выходе газопровода из земли следует проверить возможность утечки защитного тока через металлические опоры. Эффективность действия изолирующей прокладки на металлической опоре проверяется таким же методом, как и эффективность действия ЭИС.

Места обнаружения утечки тока отмечаются для составления последующего плана их устранения (см. далее п. 3.2.2.4).

3.2.1.6. Наличие неконтролируемого контакта с другим плохо изолированным сооружением на линейной подземной части газопровода или на каком-то сооружении газопровода (сифон, гидрозатвор и т.п.) возможен, если имеются дефекты в изоляционном покрытии газопровода.

Такие контакты проявляют себя как дефекты в изоляционном покрытии в ходе приборного обследования с помощью приборов типа АНПИ (в этом случае сигнал будет сильнее, чем просто от дефекта изоляции). При обследовании с помощью приборов, позволяющих определять ток, протекающий по газопроводу, например, типа ПСМ английского производства (PCM), в месте таких контактов утечка тока будет существенно превышать ток утечки через дефекты изоляционного покрытия в грунт. В этом случае возможно отличить металлический контакт газопровода с сооружением в земле от дефекта изоляционного покрытия.

Примечание. При выявлении прямого контакта с другим сооружением с помощью ПСМ необходимо учитывать наличие ответвлений на линейной части газопровода, по которым может распределяться защитный ток.

3.2.2. Устранение неконтролируемых контактов газопровода

3.2.2.1. Провести монтаж ЭИС всюду, где их установка предусмотрена НТД (см. п. 3.2.1.2), в соответствии с перечнем по п. 3.2.1.4.

3.2.2.2. При невозможности одновременно обеспечить монтаж всех необходимых ЭИС следует разработать план по очередности их установки в соответствии с градацией, предложенной в п. 2.5.1. "Экспресс-методики". Согласно этой градации первоочередному оборудованию ЭИС подлежат такие вводы газопроводов, на которых утечка тока составляет один и более ампер.

3.2.2.3. Неисправные ЭИС, выявленные на газопроводе, должны быть либо заменены на исправные, либо отремонтированы, если они ремонтопригодны.

3.2.2.4. При надземной прокладке газопровода в местах выявленной утечки тока через металлические опоры возможно одно из двух решений.

I - обеспечить надежную изоляцию газопровода от металлической опоры, в том числе в весенний и осенний периоды, когда возможно скопление влаги в месте контакта газопровода с опорой (при неудачной конструкции опоры и изоляционной прокладки).

II - установить ЭИС на выходе и входе газопровода в землю.

3.3. Выявление повреждений изоляционного покрытия и его ремонт

3.3.1. Выявление мест повреждения изоляционного покрытия.

3.3.1.1. Участки газопроводов с поврежденной изоляцией обнаруживают с помощью приборов типа АНПИ, АНТПИ, АНТПИ-У или аналогичных приборов в основном при комплексном приборном обследовании газопровода в соответствии с "Инструкцией по защите городских подземных трубопроводов от коррозии" РД 153-39.4-091-01 и "Правилами безопасности систем газораспределения и газопотребления" ПБ 12-529-03.

В случае существенного изменения параметров ЭХЗ (п. 1.4.) необходимо

выполнение внеочередного приборного обследования с применением указанных выше приборов. Существенным изменением параметров можно считать уменьшение защитной зоны или увеличение защитного тока катодной станции более, чем на 30 %, за время после планового приборного обследования.

3.3.1.2. Учитывая, что приборы, указанные в п. 3.3.1.1, не обеспечивают 100 % надежности обнаружения дефектов изоляционного покрытия, в местах коррозионных повреждений газопроводов и на участках индустриальных помех рекомендуется дополнительно проводить электрические измерения, методика которых приведена в п. 2.5.2, а именно: измерением потенциала трубопровода между соседними точками возможного подключения к газопроводу (КИПы, домовые вводы, сифоны и др.) с помощью переносного электрода с шагом 5 - 10 м и измерением поперечного градиента потенциала (последнее наиболее эффективно при отсутствии влияния блуждающих токов).

3.3.2. Ремонт изоляционного покрытия.

3.3.2.1. Технология ремонта изоляционного покрытия газопровода должна соответствовать РД 153-39.4-091-01 (п. 3.10).

Места повреждений защитного покрытия следует изолировать в трассовых условиях, по возможности, теми же материалами, что и газопроводы, или другими, по защитным свойствам не уступающими покрытию линейной части трубы и сочетающимися с покрытием газопровода.

Рекомендуемые материалы для ремонта разных изоляционных покрытий приведены в таблице 2.

Таблица 2

Изоляционное покрытие труб	**Материал для ремонта повреждений изоляционного покрытия**
Мастичное битумное	**Битумные мастики + бризол; полимерно-битумные ленты[1]**
Полимерное из полиэтиленовых липких лент	**Полиэтиленовые липкие ленты[2]; полимерно-битумные ленты**
Полимерное из экструдированного полиэтилена	**Термоусаживающиеся ленты[3]; полиэтиленовые липкие ленты; полимерно-битумные ленты**

[1] - типа ЛИТКОР, ПИРМА или другие, не уступающие по свойствам.

[2] - типа Полилен 40-ЛИ-45.

[3] - отечественного производства (Донрад СТ-2, ДРЛ-СТ 2, ТЕРМА-СТ, ЛТА-С), а также фирмы "Райхем" класса не ниже С 50.

3.3.2.2. В первую очередь следует отремонтировать дефекты в изоляции, которые по площади превышают площадь датчика потенциала 6,25 см^2.

Для ориентировочной оценки площади дефекта изоляции можно воспользоваться дополнительным критерием по п. 2.5.2. При нарушениях изоляции площадью, близкой к 6,25 см^2 или больше, в момент подключения датчика потенциала (площадью 6,25 см^2) к газопроводу снижения суммарного потенциала газопровода не наблюдается.

3.3.2.3. После ликвидации таких дефектов можно снова оценить среднюю длину защитной зоны (L) и плотность защитного тока (i_L или i_s). Если длина защитной зоны меньше 1,2 км (в городских поселениях), $i_s > 2.0$ мА/м^2 (или $i_L > 0,67$ А/км), ремонт изоляции следует продолжить. Вышеуказанную повторную оценку длины защитной зоны и плотности защитного тока следует проводить только после ликвидации всех контактов газопровода с низкоомными заземлениями.

3.4. Отработка режима совместной защиты газопроводов с другими коммуникациями

3.4.1. Существенное влияние на эффективность ЭХЗ газопровода может оказывать режим работы перемычки, включаемой между газопроводом и трубопроводами иного назначения (водо-, теплопроводами) при их совместной защите.

Указанная перемычка во всех случаях должна быть регулируемой, т.е. должна иметь регулировочное сопротивление и амперметр или измерительный шунт, позволяющий контролировать ток в перемычке.

3.4.2. Если совместная защита предназначена для устранения вредного влияния ЭХЗ газопровода на смежные сооружения, то ток в перемычке, как правило, составляет 5 - 10 % от значения суммарного тока катодной станции.

3.4.3. Если совместная защита предназначена для поддержания защитного потенциала на смежном сооружении, то ток в перемычке не должен превышать 25 % от номинального тока катодной станции. В противном случае необходимо предусмотреть либо замену преобразователя катодной установки на более мощный, либо индивидуальную защиту для газопровода и смежного с ним сооружения.

3.5. Анализ режима работы установок катодной защиты и меры по устранению выявленных недостатков

3.5.1. Анализ режима работы установок катодной защиты (УКЗ).

3.5.1.1. На основе технической документации и при необходимости дополнительных измерений проверить соответствие рабочих параметров УКЗ проектным значениям по защитному току, выходному напряжению и защитному потенциалу на КУ (суммарному или поляризационному).

3.5.1.2. Провести проверку эффективности защиты с целью установить, обеспечен ли вдоль всего газопровода защитный потенциал. Выделить те участки, на которых защитный потенциал не достигается для последующего контроля за этими участками.

3.5.1.3. Выделить те участки газопровода, на которых имеются анодные и знакопеременные зоны.

3.5.1.4. Оценить продолжительность перерывов в работе установок защиты за последние 5 лет и сопоставить с допустимой (не более 14 суток в год).

3.5.1.5. По итогам анализа работы установок защиты на обследуемом газопроводе следует подготовить обобщающую таблицу по форме представленной в Приложении 1.

3.5.2. Меры по устранению недостатков в работе установок катодной защиты.

3.5.2.1. Одной из причин неэффективной работы ЭХЗ является снижение проводимости (увеличение сопротивления растеканию тока) анодного заземлителя.

Критическим следует считать такое увеличение сопротивления растеканию тока анодного заземлителя, когда при проектном значении защитного тока выходное напряжение составляет 80 % от максимального выходного напряжения станции. Это является основанием для ремонта или реконструкции контура анодного заземления.

3.5.2.2. Следует иметь в виду, что значительное сокращение расхода электроэнергии может быть получено путем увеличения проводимости анодного заземлителя (снижением его переходного сопротивления $R_{аз}$). Однако увеличение проводимости анодного заземлителя связано с увеличением его стоимости (увеличением стоимости материала и строительных затрат на его сооружение). Поэтому выбор анодного заземлителя должен выполняться таким образом, чтобы сумма эксплуатационных расходов и приведенных строительных затрат была минимальной, т.е.:

$$\frac{C}{T} + Э = P_{min} ,$$

где С - строительные затраты на сооружение анодного заземлителя (включая стоимость материала анодного заземлителя);

Т - срок эксплуатации анодного заземлителя, обычно принимаемый равным 10 годам;

Э - стоимость электроэнергии, расходуемой на анодные заземлители, при эксплуатации установок защиты.

В Приложении 2 приведен один из возможных способов расчета для оценки оптимального числа анодных заземлителей.

3.5.2.3. Существенно влияет на эффективность ЭХЗ режим работы источников электроэнергии, питающих преобразователи. В случае частых и длительных перерывов в работе электросети (более 14 суток в год) необходимо предусмотреть возможность создания защитного потенциала в зоне отключаемой катодной станции за счет изменения режимов соседних с ней катодных установок и обеспечение перекрытия зон защиты.

Если поддержание "защитного" потенциала в зоне отключаемой катодной установки за счет соседних не представляется возможным, то необходимо обеспечить защиту по "смягченному" критерию: смещению поляризационного потенциала на 100 мВ отрицательнее стационарного потенциала (в соответствии с п. 2.2.10 РД 153-39.4-091-01).

3.5.2.4. Для сокращения длительности перерывов в работе ЭХЗ, связанных с заменой преобразователей, необходимо иметь их резервный фонд из расчета: при общем количестве эксплуатируемых преобразователей до 100 установок - 10 штук; до 1000 установок - 40 штук; до 2000 установок - 60 штук; до 3000 установок - 100 штук.

3.5.2.5. Существенное влияние на эффективность ЭХЗ оказывает надежность контакта между дренажным кабелем и защищаемым сооружением. При недостаточно качественной изоляции контактного устройства на трубопроводе происходит его коррозионное разрушение, что приводит к увеличению сопротивления электрической линии соединения минусового вывода преобразователя и газопровода.

Выявление этого дефекта возможно при измерении продольного сопротивления дренажного кабеля и контактного устройства путем измерения падения напряжения между минусовым выводом установки защиты и контрольным выводом от газопровода на КУ.

Величина указанного падения напряжения ΔU должна соответствовать расчетному:

$$\Delta U = \frac{\rho \cdot l \cdot I}{S},$$

где: ρ, l, S, I - соответственно удельное сопротивление проводящей жилы дренажного кабеля, его длина, сечение и ток нагрузки.

Если измеренное значение отличается от расчетного более чем на 20 %, то следует провести ревизию и, при необходимости, выполнить реконструкцию соединения.

4. МЕТОДИКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРОЕКТА РЕКОНСТРУКЦИИ СИСТЕМЫ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ

Оценка эффективности мероприятий по реконструкции системы КЗ проводится на основе сравнения ежегодных затрат для системы КЗ после реконструкции и без реконструкции.

Составляющие ежегодных затрат для системы КЗ следующие:

1. Амортизационные отчисления. В общем случае амортизационные отчисления следует определять с учетом процентов на капитал, но в первом приближении их можно определить простым делением капитальных затрат на срок эксплуатации.

2. Ремонт, капитальный ремонт. Может быть определена средняя величина исходя из годовых затрат на ремонт в течение последних двух-трех лет.

3. Обслуживание и обследование СКЗ.

4. Обследование ЭИС.

5. Затраты на электроэнергию.

В общем случае реконструкция системы ЭХЗ может включать следующие (практически независимые друг от друга) статьи затрат:

1. Техническая проверка (аудит) системы ЭХЗ.
2. Установка (замена) станций катодной защиты.
3. Реконструкция анодных заземлителей.
4. Установка электроизолирующих соединений.
5. Создание телеметрии системы ЭХЗ.

Например, полная реконструкция системы КЗ городских газораспределительных газопроводов длиной 25 км, включая замену на новые 10 СКЗ, АЗ, установку ЭИС и внедрение телеметрии, может доходить до 2 млн рублей (80 тыс руб/км). При модернизации системы КЗ или ее частичной реконструкции стоимость мероприятий может быть в пределах 25 тыс руб./км. Как правило, процесс обоснования точного объема инвестиций носит итерационный характер.

При расчете амортизационных отчислений срок службы для систем катодной защиты может быть принят в 20 лет. В то же время при проведении анализа, срок эксплуатации намеренно можно ограничить до 10 лет, чтобы можно было пренебречь затратами на ремонт и возможную последующую дополнительную реконструкцию, которые, как правило, становятся необходимы к этому сроку службы и трудно прогнозируемы.

В Таблице 3 приведен пример оценки затрат по вышеуказанным статьям (за исключением пункта 5) с более детальным рассмотрением составляющих и ориентировочными значениями. Оценка проведена на примере реконструкции системы ЭХЗ газопроводов длиной около 25 км отдельного городского района. Из 10 действующих заменены на новые 3 катодные станции. Заменены 2 контура анодных заземлений. После реконструкции 3 станции из 10 могли быть выведены из эксплуатации.

Таблица 3

Составляющие затрат	Руб.	Кол-во	Цена за единицу
1. Затраты на техническую проверку			
1 1 Проведение технической проверки (аудита) системы ЭХЗ	100000		
1 2 Разработка мероприятий по модернизации системы ЭХЗ	60000		
Итого	160000		
2. Затраты на сооружение станций катодной защиты			
2.1 Станция катодной защиты	45000		
2.2 Подсоединение к трубопроводу	5000		
2.3 Подсоединение к низковольтной сети 220 В	6000		
2.4. Прочие расходы	10000		
Итого	66000		
Прогнозируемое количество вводимых СКЗ		3	
Итого на систему СКЗ	198000		
3. Реконструкция анодных заземлителей			
Условно-переменные затраты на 1 контур-АЗ			
3.1. Анод, 1 шт	800		
3 2. Установка 1-го анода	1000		
Итого на 1 анод:	1800		
Прогнозируемое количество вводимых анодов в контуре		3	
Итого условно-переменные затраты на 1 контур АЗ.	5400		
Условно-постоянные затраты на 1 контур АЗ.			
3.3. Траншея для кабеля длиной до 100 м	10000		
3.4. Прочие расходы на контур АЗ	10000		
Итого условно-постоянные затраты на 1 контур АЗ:	20000		
Итого на 1 контур АЗ:	25400		
Прогнозируемое количество вводимых контуров АЗ		2	
Итого на реконструкцию АЗ:	50800		
4. Установка электроизолирующих соединений		кол-во	цена 1 шт
Электроизолирующие соединения	90000	300	300
Установка электроизолирующих соединений	150000	300	500*
Электроизолирующие краны	100000	10	10000
Установка электроизолирующих кранов	20000	10	2000
Проектные и согласующие мероприятия	100000		
Прочие расходы на ЭИС	50000		
Итого по ЭИС	510000		
5. Пуско-наладочные работы	6000*		
Всего затраты на проект	924800		

* В больших городах эти затраты могут быть в 3 - 5 раз выше.

Метод расчета оптимального числа анодов для СКЗ приведен в Приложении 2.

Для оценки эффективности проекта можно воспользоваться компьютерной программой оценки ТЭО мероприятий по реконструкции системы КЗ (краткое описание программы в Приложении 3).

Рассчитав ежегодные затраты на эксплуатацию и амортизацию системы КЗ после реконструкции и без реконструкции , можно оценить эффективность проекта. Эксплуатационные расходы состоят из расхода на ремонт (капитальный ремонт), обслуживание и обследование СКЗ, обследование ЭИС и затраты на электроэнергию. Если ежегодные суммарные затраты после реконструкции ниже, то планируемые мероприятия по модернизации систем ЭХЗ экономически обоснованы. Срок окупаемости затрат на реконструкцию может быть оценен по формуле:

$$Т_{ок} = \frac{С_{рек}}{ЭЗ - ЭЗ_{рек}},$$

где $Т_{ок}$ - срок окупаемости :
$С_{рек}$ - стоимость реконструкции;
$ЭЗ_{рек}$ - эксплуатационные затраты после реконструкции;
$ЭЗ$ - эксплуатационные затраты без реконструкции.

В качестве примера в таблице сопоставлены ежегодные затраты по эксплуатации системы ЭХЗ до ее реконструкции и после реконструкции и оценен срок окупаемости проекта.

Оценка экономической эффективности	До реконструкции	После реконструкции
Прогнозируемые ежегодные затраты, руб		
В т.ч. ежегодные эксплуатационные затраты		
Ремонт, кап. ремонт	60000	5000
Обслуживание, обследование СКЗ	6000	4000
Обследование ЭИС	0	10000
Затраты на электроэнергию, руб	176000	13580
Итого ежегодные эксплуатационные затраты	*242000*	*32580*
Плюс Амортизационные отчисления	0	46240
Итого (общие ежегодные затраты), руб	242000	78820
Срок окупаемости проекта реконструкции	4,4	

5. ОТЧЕТНОСТЬ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АНАЛИЗА И ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

По результатам технической проверки (аудита) системы катодной защиты составляется отчет и план мероприятий по устранению выявленных причин неэффективной работы ЭХЗ.

Рекомендуется включать в отчет следующие разделы:

1. Введение - краткая постановка задачи.

2. Основные сведения об обследуемом участке газопровода - технические характеристики участка газопровода, проектные и эксплуатационные характеристики ЭХЗ, результаты диагностического и приборного обследования, данные о коррозионных повреждениях газопровода.

3. Результаты (и протоколы) измерений по трассе газопровода, выполненные в процессе аудита.

4. Результаты расчета основных показателей, определяющих степень эффективности ЭХЗ, и представление их в форме, приведенной в Приложении 1 (Таблица 1).

5. Выводы.

План мероприятий может включать в себя:

1. Перечень выявленных неконтролируемых контактов газопровода с другими сооружениями с указанием адресов.

2. Перечень обнаруженных неисправных ЭИС с указанием их типов и адресов.

3. Адреса и характеристики участков повреждений изоляции газопровода.

4. Перечень, адреса и технические характеристики перемычек, обеспечивающих совместную защиту газопровода с другими сооружениями и подлежащих перерегулированию.

5. Адреса участков газопровода, не обеспеченные защитным потенциалом, и меры по регулированию параметров ЭХЗ.

6. Предложения и объем работ по реконструкции анодных заземлителей.

7. Перечень установок защиты, подлежащих замене, и рекомендуемые к применению преобразователи для катодной защиты.

По результатам выполнения мероприятий для каждой установки ЭХЗ составляется итоговая таблица, которая прилагается к паспорту ЭХЗ.

Рекомендуемая форма таблицы представлена в Приложении 1 (Таблица 2).

Приложение 1

Рекомендуемые формы отчетности

Таблица 1

Анализ работы установок защиты

№ п/п	Адрес установки катодной защиты	Защитный ток, I, А	Выходное напряжение, U, В	Защитный потенциал на КУ (в точке дренажа), $U_{сит}$, В	Переходное сопротивление газопровода $R_1 = \frac{U_{сит} - U_{пипл}}{I}$, Ом	Переходное сопротивление анодного заземления $R_2 = \frac{U + U_{сит} - U_{пипл}}{I}$, Ом	Плотность защитного тока, i_1, А/км, или i_2, мА/м²	Длина защитной зоны, $L_{зк}$, км	Наличие участков где не обеспечен защитный потенциал	Наличие анодных и знакопеременных зон	Продолжительность перерывов в работе УКЗ и причина, т, сут.	Примечание

$U_{сит}$ определяется как потенциал трубопровода при выключенной УКЗ.

Таблица 2

Результаты выполнения мероприятий по повышению эффективности электрохимической защиты

Адрес установки катодной защиты	Количество и общая протяженность участков трубопроводов, где отремонтирован изоляция, шт./м	Количество установленных ЗИС, шт.	Количество проверенных и отремонтированных КИП, шт./шт.	Количество обследованных перемычек, шт.	Средняя плотность защитного тока после реконструкции, А/км или мА/м²	протяженность защитной зоны после реконструкции, км

Приложение 2

РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОГО ЧИСЛА АНОДОВ

Если установлено недостаточное число анодов расходы на монтаж будут низкими, а годовая стоимость электроэнергии будет высокой. И наоборот, если смонтировано очень большое число анодов, то годовая стоимость электроэнергии будет низкой. Расчет оптимального числа анодов при заданном защитном токе и известном сопротивлении грунта проводится из условия минимизации суммарных годовых расходов по следующей формуле, согласно справочнику В. Бэкман, В. Швенк Катодная защита от коррозии. М.: Металлургия. 1984. С. 236.

$$n = Is^{*} [F R_0 \rho C_э t / (C_a c_0 w)]^{1/2}. \qquad (1)$$

Здесь

Is – защитный ток (прогнозируемый или полученный по результатам опытного включения), А;

F - коэффициент влияния для группы анодов;

Ro - ссопротивление растеканию анода, Ом;

ρ – среднее удельное сопротивление грунта в районе расположения АЗ, Ом*м;

$C_э$ – стоимость электроэнергии в руб/(Вт*ч);

t – количество часов в году, 8750;

C_a – ежегодные амортизационные отчисления для одного анода, руб рассчитываются с учетом $C_{АЗ}$ и T ;

T – предполагаемый срок службы АЗ, год;

$C_{АЗ}$ - стоимость сооружения одного АЗ, руб);

c_0 - «базовое» удельное сопротивление грунта, равное 10 Ом*м;

w – к.п.д. СКЗ.

Пример расчета оптимального числа анодных заземлителей

1.Оценка величины защитного тока (Is)	2	А
2. *Коэффициент влияния для группы анодов (F)	1,25	
3. *Сопротивление растеканию АЗ (Ro)	3,1	Ом
4. Среднее удельное сопротивление грунта (ρ)	30	Ом*м
5.Стоимость электроэнергии ($C_э$)	0,0015	руб./Вт ч
6. **Амортизационные отчисления на АЗ (C_a)	180	руб/год

Предполагаемый срок службы АЗ, (Т)	10	лет
7. Стоимость сооружения одного АЗ, ($C_{АЗ}$), из них	1800	руб.
7.1. стоимость АЗ	800	руб
7.2. Рытье канавы	1000	руб
7.3. Установка заземлителя	500	руб.
8. Базовое удельное сопротивление грунта, (ρ_0)	10	Ом м
9. КПД станции ЭХЗ (w)	0,5	

Примечания к таблице.

* Сопротивление растеканию анодов для случаев горизонтально расположенных анодов, длиной около 1 метра, с точностью достаточной для практических целей может быть принято 3,1 Ом. Для более точной оценки можно воспользоваться графиками п.10.1.1. [В.Бэкмен, В.Швенк. Катодная защита от коррозии. Справочник. М.: Металлургия.1984.].

Коэффициент влияния F показывает, во сколько раз увеличивается сопротивление растеканию группы анодов, находящихся на расстояние нескольких метров друг от друга, по сравнению с анодами, находящимися на бесконечном расстоянии друг от друга. В общем случае он зависит как расстояния между анодами и их числа. Однако для практических расчетов он может быть принят постоянным – 1,25.

Получаемое по формуле рациональное число округляется в большую сторону до целого, которое будет оценкой оптимального числа анодов исходя из условий минимизации общих затрат на строительство и эксплуатацию.

** При расчете величины ежегодных амортизационных отчислений, необходимо оценить капитальные затраты на сооружение одного анода. Сюда входит стоимость самого анода, рытье канавы, установка анода. Если не учитывать дисконтирование, то ежегодные амортизационные отчисления получаются делением капитальных затрат на предполагаемый срок службы анода (например 10 лет). При учете дисконтирования ежегодные амортизационные отчисления будут несколько выше.

После подстановки данных из таблицы в формулу (1), получаем:

$$n = 2 \cdot [1{,}25 \cdot 3{,}1 \cdot 30 \cdot 0{,}0015 \cdot 8750 / (230 \cdot 10 \cdot 0{,}5)]^{1/2} = 2{,}3.$$

Таким образом, для приведенных исходных данных рациональное число анодов будет равно 3.Если стоимость электроэнергии взять 2,8 руб/кВт·ч, то рациональное число анодов будет равно четырем.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ОПИСАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ И ПРИМЕР РАСЧЕТА

Компьютерная программа представляет собой программную реализацию методики технико-экономического обоснования реконструкции системы КЗ и предназначена для количественной оценки экономического эффекта альтернативных вариантов. Программа расчета выполнена с использованием электронной таблицы Excel, на четырех «страницах», включая:

1. Расчет экономической эффективности проекта реконструкции системы катодной защиты – «ТЭО_ЭХЗ»
2. Расчет годовых затрат электроэнергии «Затр_энергия».
3. Исходные данные – «Исх данные».
4. Расчет рационального числа анодов – «Рассч_анодов».

Все параметры, которые может изменять пользователь, выделены зеленым цветом (на черно-белых рисунках – темный фон ячеек), параметры, рассчитываемые по формулам, которые нельзя изменять вручную, - желтым (на рисунках – светлый фон).

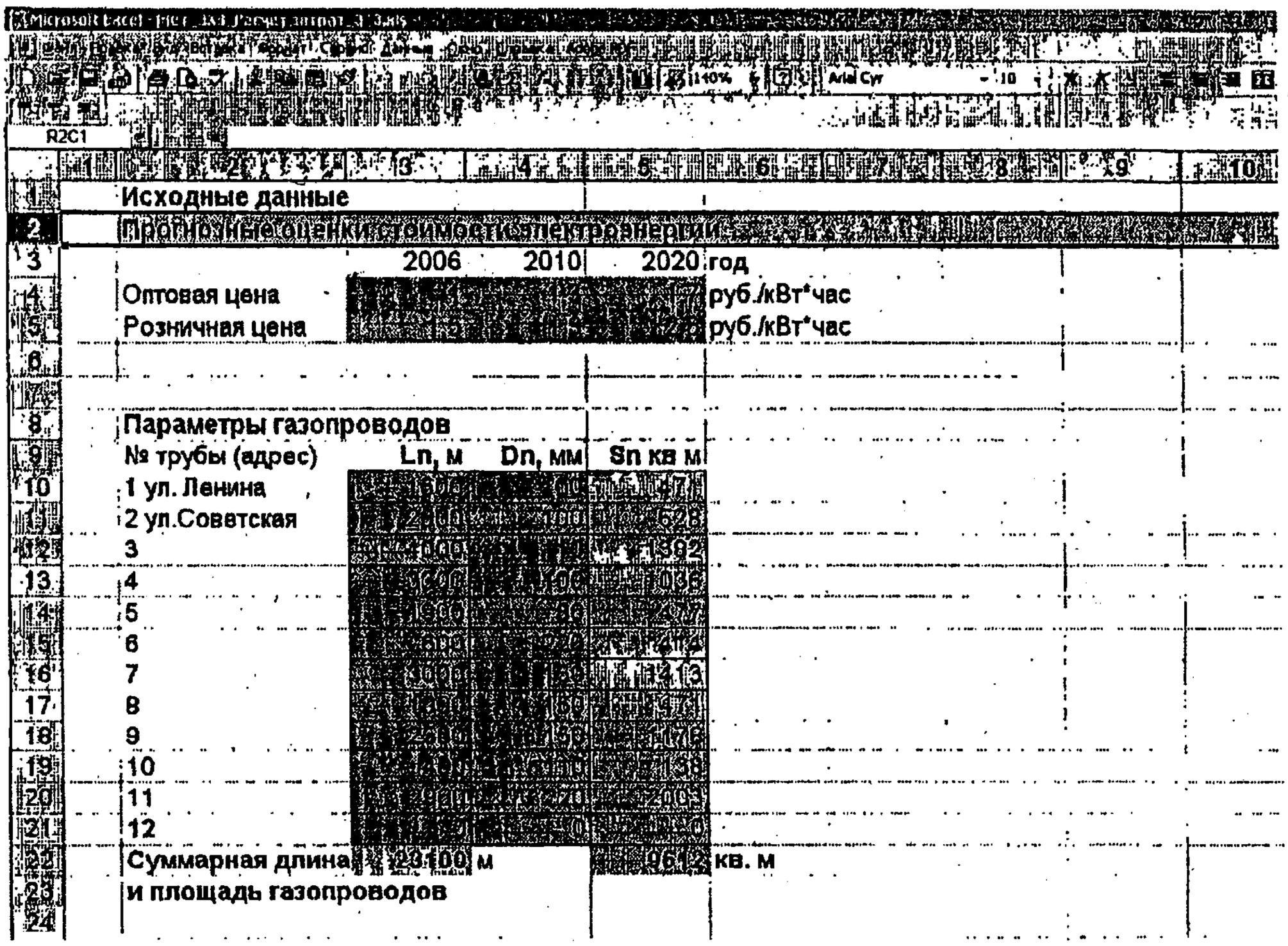
Краткое описание программы дано вместе с рассмотрением примера реконструкции системы КЗ.

Цель - оптимизация работы системы КЗ газораспределительных сетей района города N.

Район города N представляет собой территориально обособленную окраину города с 10 многоквартирными зданиями, около трехсот частных газифицированных домов, несколько котельных и небольших предприятий. Подачу газа потребителям обеспечивают 50 ГРП и ШГРП.

Протяженность стальных подземных газопроводов составляет около 23 км. Они защищены изоляционным покрытием весьма усиленного типа на битумной основе с переходным сопротивлением 300 -1000 Ом м^2.

Перечень газопроводов, реконструкция ЭХЗ которых предполагается, представлен на рис. 1 (страница электронной таблицы «Исх.данные»). На этой странице помимо параметров трубопроводной системы приведены прогнозные данные по стоимости электроэнергии в России (оптовая стоимость - в соответствии с данными, представленными в Энергетической стратегии РФ).



1	Исходные данные				
2	Прогнозные оценки стоимости электроэнергии				
3		2006	2010	2020	год
4	Оптовая цена	[redacted]			руб./кВт*час
5	Розничная цена	[redacted]			руб./кВт*час
6					
7					
8	Параметры газопроводов				
9	№ трубы (адрес)	Ln, м	Dn, мм	Sn кв м	
10	1 ул. Ленина	[redacted]			
11	2 ул.Советская	[redacted]			
12	3	[redacted]			
13	4	[redacted]			
14	5	[redacted]			
15	6	[redacted]			
16	7	[redacted]			
17	8	[redacted]			
18	9	[redacted]			
19	10	[redacted]			
20	11	[redacted]			
21	12	[redacted]			
22	Суммарная длина	23100 м		9612	кв. м
23	и площадь газопроводов				
24					

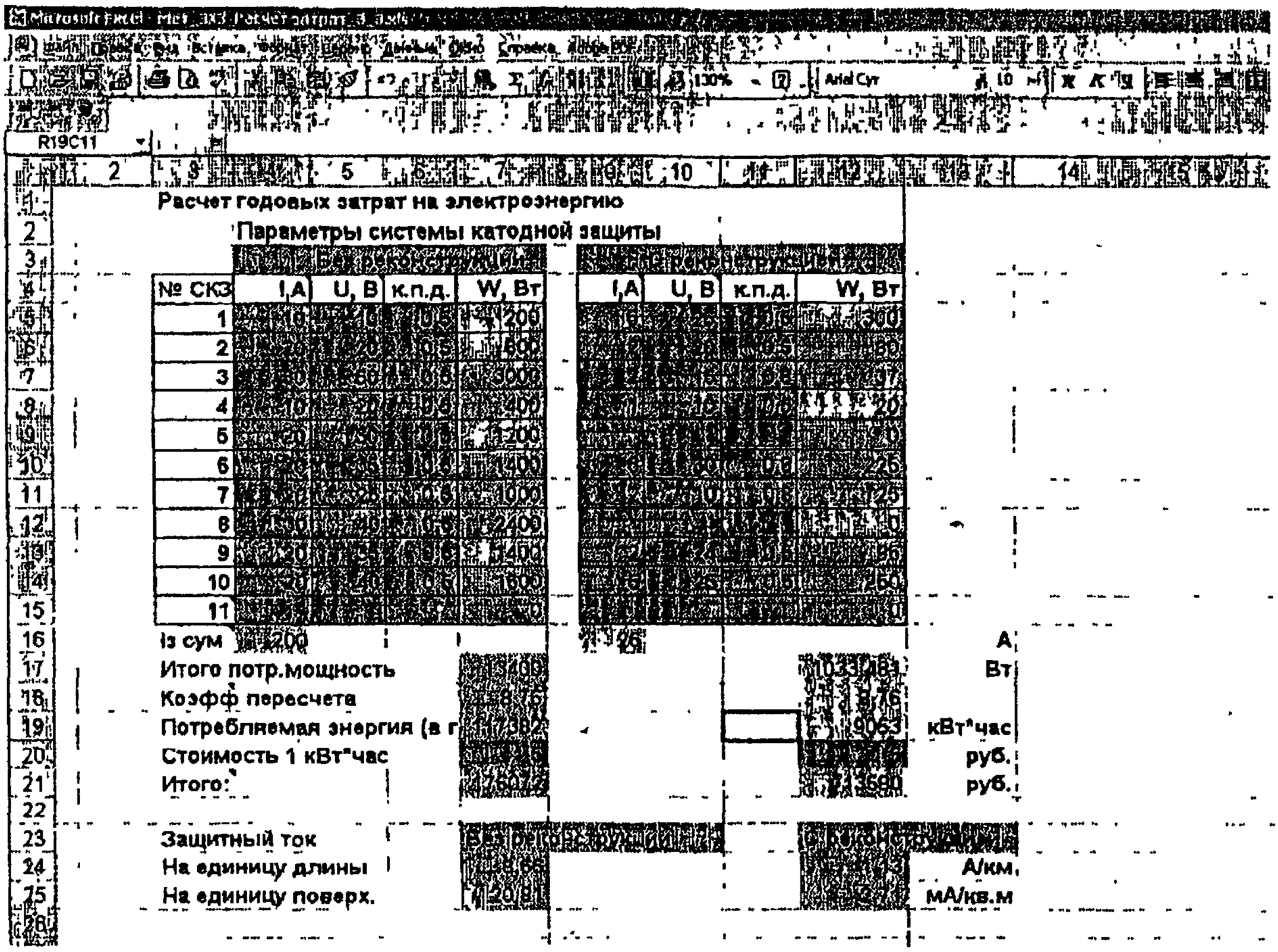
Рис. 1

Основные параметры системы КЗ до реконструкции представлены на рис.2 в колонках без реконструкции - страница «Затр_энергия». На этой странице на основе параметров СКЗ рассчитываются основные показатели системы КЗ до и после реконструкции – суммарный защитный ток, потребляемая мощность и энергия, средняя плотность защитного тока по всем газопроводам (при расчете этого параметра используются данные по системе газопроводов со страницы «Исх_данные».

Для системы КЗ до реконструкции суммарный защитный ток 10 СКЗ составлял 200 А, потребляемая энергия – почти 59 тыс кВт·час, средняя плотность защитного тока по всем газопроводам – свыше 20 мА/м^2.

Проведенный технический аудит показал следующее.

По крайней мере 3 СКЗ по причине частых отказов требовали замены. У двух СКЗ были выработаны контуры анодного заземления, поэтому они не могли обеспечить приемлемых параметров, и были включены в проект реконструкции.



Расчет годовых затрат на электроэнергию

Параметры системы катодной защиты

№ СКЗ	Без реконструкции I,A	U, B	к.п.д.	W, Вт	С реконструкцией I,A	U, B	к.п.д.	W, Вт
1	10	10	0,5	1200	[illegible]	[illegible]	[illegible]	300
2	20	20	0,5	800	[illegible]	[illegible]	[illegible]	80
3	50	50	0,5	3000	[illegible]	[illegible]	[illegible]	37
4	10	20	0,5	400	[illegible]	10	[illegible]	20
5	20	30	0,5	1200	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0
6	20	35	0,5	1400	[illegible]	30	0,5	225
7	20	25	0,5	1000	[illegible]	10	0,5	125
8	30	40	0,5	2400	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0
9	20	35	0,5	1400	[illegible]	[illegible]	[illegible]	96
10	20	40	0,5	1600	[illegible]	25	0,5	250
11	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0

Із сум	200	26		А
Итого потр.мощность	13400		1033,481	Вт
Коэфф пересчета	8,76		8,76	
Потребляемая энергия (в г	117382		9063	кВт*час
Стоимость 1 кВт*час	[illegible]		[illegible]	руб.
Итого:	176072		13590	руб.
Защитный ток	Без реконструкции		С реконструкцией	
На единицу длины	8,66		[illegible]	А/км.
На единицу поверх.	20,81		[illegible]	мА/кв.м

Рис. 2

В местах выхода газопроводов из земли на вводах в здание имелось около 20 изолирующих фланцевых соединений, из которых почти половина была в неработоспособном состоянии. Учитывая большой защитный ток, который не обеспечивал защитный потенциал на всем протяжении газопроводов, важной была признана проблема устранения несанкционированных электрических связей между подземными газопроводами и смежными инженерными коммуникациями, т.е. необходимо было электрически отделить участки подземного газопроводов от надземного в местах его вводов в здания. Поэтому было принято решение о повсеместной установке электроизолирующих соединений неразъемных по диэлектрику: приварные вставки, сгоны и краны.

Таким образом, реконструкция предусматривает следующие мероприятия:

1. Замена трех станций катодной защиты, включая переналадку комплекса после завершения работ.

2. Замена отработавших свой ресурс анодных заземлителей.

3. Установка электроизолирующих соединений на надземных участках

Microsoft Excel - Мет ЭХЗ Расчет затрат 3.xls

R73C2

Расчет экономической эффективности проекта реконструкции системы катодной защиты

1. Затраты на техническую проверку			
1.1. Проведение технической проверки (аудита) системы ЭХЗ	[redacted]		
1.2. Разработка мероприятий по модернизации системы ЭХЗ	[redacted]		
Итого	[redacted]		
2. Затраты на сооружение станций катодной защиты			
2.1 Станция катодной защиты	[redacted]		
2.2 Подсоединение к трубопроводу	[redacted]		
2.3 Подсоединение к высоковольтной сети 220 В	[redacted]		
2.4. Прочие расходы	[redacted]		
Итого:	[redacted]		
Прогнозируемое количество вводимых СКЗ		[redacted]	
Итого на СКЗ	[redacted]		
3. Реконструкция анодных заземлителей			
Условно-переменные затраты на контур АЗ			
3.1. Анод, 1 шт	[redacted]		
3.2. Установка 1-го анода	[redacted]		
Итого на 1 анод:	[redacted]		
Прогнозируемое количество анодов в контуре		[redacted]	
Итого условно-переменные затраты на контур АЗ:	[redacted]		
Условно-постоянные затраты на контур АЗ:			
3.3. Траншея для кабеля длиной до 100 м	[redacted]		
3.4. Прочие расходы на контур АЗ	[redacted]		
Итого условно-постоянные затраты на контур АЗ:	[redacted]		
Итого на контур АЗ:	[redacted]		
Прогнозируемое количество вводимых контуров АЗ		[redacted]	
Итого на реконструкцию АЗ:	[redacted]		
4. Установка электроизолирующих соединений		кол-во	цена 1 шт
Электроизолирующие соединения	[redacted]	[redacted]	[redacted]
Установка электроизолирующих соединений	[redacted]	[redacted]	[redacted]
Электроизолирующие краны	[redacted]	[redacted]	[redacted]
Установка электроизолирующих кранов	[redacted]	[redacted]	[redacted]
Проектные и согласующие мероприятия	[redacted]		
Прочие расходы на ЭИС	[redacted]		
Итого по ЭИС	[redacted]		
5. Пусконаладочные работы	[redacted]		
Всего затраты на проект	[redacted]		
Прогнозируемые ежегодные амортизационные отчисления			
Прогнозируемый срок эксплуатации СКЗ и ЭИС, лет		[redacted]	
Примерные ежегодные аморт. Отчисления	[redacted]		
[redacted]			
	[redacted]		[redacted]
Прогнозируемые ежегодные затраты, руб			
В т.ч. ежегодные эксплуатационные затраты			
Ремонт, капремонт	[redacted]		[redacted]
Обслуживание, обследование СКЗ	[redacted]		[redacted]
Обследование ЭИС	[redacted]		[redacted]
Затраты на электроэнергию, руб	[redacted]	176072	[redacted]
Итого ежегодные эксплуатационные затраты	[redacted]		[redacted]
Плюс Амортизационные отчисления	[redacted]		[redacted]
Итого (общие ежегодные затраты), руб	[redacted]		[redacted]
[redacted]			

Рис. 3

газопроводов в местах входа и выхода из земли и на вводах газопровода в жилые строения, ГРП и ШГРП, котельные и промышленные и коммунально-бытовые предприятия (всего 300 ЭИС и 10 изолирующих кранов).

Выявление и устранение мест повреждений изоляции предполагается проводить в рамках планового технического обследования, поэтому оно не включено в затратную часть реконструкции.

Параметры реконструкции представлены на рис.3 (страница «ТЭО ЭХЗ»).

В результате реконструкции системы ЭХЗ все газораспределительные сети были переведены в зону защиты, количество СКЗ уменьшилось с 10 до 8, при этом суммарный ток СКЗ снизился с 200 А до 26 А (рис.2).

В нижней части страницы «ТЭО ЭХЗ» дана оценка экономической эффективности реализованной реконструкции после проведения пусконаладочных работ с использованием фактических показателей работы СКЗ.

На стадии проектирования наибольшая неопределенность возникает при оценке параметров работы СКЗ и, соответственно, затрат на электроэнергию. При этом могут использоваться оптимистические и пессимистические оценки. Первая, при условии устранения практически всех внешних контактов, - прогнозируемый защитный ток 2 мА/м^2. Вторая – экономия энергии до 50 % затрат до реконструкции.

При расчете экономической эффективности затраты на энергию задаются пользователем, при этом могут использоваться данные расчета по системе КЗ со страницы «Расч_энергия», которые приведены в соседней ячейке (если введены исходные данные и выполнены расчеты по системе КЗ).

На странице «Расчет_анодов» наиболее трудно прогнозируемый параметр – защитный ток СКЗ. В качестве ориентировочного значения может быть принята величина 2 А. Или другая величина, исходя из конкретного опыта эксплуатации систем КЗ и предыдущего опыта строительства и реконструкции.