

На правах рукописи

КУЛЬБЕЙ АНДРЕЙ ГЕННАДЬЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ ПОДВОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ
ТРУБОПРОВОДОВ БЕЛАРУСИ**

Специальность: 25.00.19 – «Строительство и эксплуатация
нефтегазопроводов, баз и хранилищ» (технические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 2009

Работа выполнена в Российском государственном университете нефти и газа им. И.М. Губкина

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Васильев Геннадий Германович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Поляков Вадим Алексеевич

кандидат технических наук

Шаповалов Евгений Владимирович

Ведущая организация:

Защита состоится «___» _____ 2009 г. в ___ часов в ауд. ___ на заседании совета по защите диссертаций Д 212.200.06 при Российском государственном университете нефти и газа им. И.М.Губкина по адресу: Ленинский проспект 65, В-296, ГСП-1, г. Москва, 119991.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного университета нефти и газа им. И.М.Губкина.

Автореферат разослан _____ 2009 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор

Резазов А.М.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации

Территория Беларуси является наиболее коротким путем для транспортирования российских углеводородных энергоносителей в страны Европы, поэтому она насыщена трубопроводными коридорами. Ввиду высокой обводненности территории Республики Беларусь, трубопроводы пересекают все важнейшие водные артерии страны. При разгерметизации подводного перехода (ПП) трубопровода перекачиваемый продукт попадает непосредственно в водный объект и оказывает сильное негативное воздействие на окружающую среду. Более половины ПП Беларуси сооружено в начале 70-х годов и на сегодняшний день выработали свой амортизационный срок эксплуатации, в связи с чем возникает необходимость решения задачи обеспечения безопасности их дальнейшей эксплуатации, что определяет **актуальность** данного исследования.

Связь работы с крупными научными программами, темами

Тема диссертационной работы была включена в научные планы УО «Полоцкий государственный университет» в период 2005-2010 гг.

Тема диссертации соответствует п. 7.2. «Обеспечение безопасности и эффективности транспорта углеводородных энергоносителей и продуктов их переработки» приоритетных направлений фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2006-2010 годы (постановление Совета министров РБ № 512 от 17.05.2005 г.).

Цель и задачи исследования. *Цель исследования:* создание методики оценки технического состояния ПП магистральных трубопроводов, основанной на комплексной системе мониторинга, моделировании условий эксплуатации и характеристик ПП.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе должны быть решены следующие задачи:

- 1). Проведение анализа современного состояния ПП, выявление и формирование совокупности факторов, влияющих на их надёжность.

2). Разработка модели ПП магистральных трубопроводов, отображающей влияние конструктивных особенностей перехода, условий и режимов их эксплуатации на техническое состояние ПП.

3). Создание, на основе разработанной модели ПП, критерия оценки технического состояния ПП и проведение, на его основе, оценки технического состояния ПП Беларуси, находящихся в эксплуатации.

4). Разработка алгоритма определения приоритетов технического обслуживания и ремонта подводных переходов для обеспечения безопасности их эксплуатации.

Объектом исследования является подводный переход магистрального трубопровода.

Научная новизна. Разработана методика оценки технического состояния ПП магистральных трубопроводов, основанная на математическом анализе экспертных оценок, полученных с помощью комплексной системы мониторинга и моделирования условий эксплуатации и характеристик ПП.

Разработан алгоритм выбора решений, направленных на повышение безопасности эксплуатации ПП, основанный на расчете индекса технического состояния каждого ПП, ранжировании ПП по индексу технического состояния, выборе ПП с наиболее высокими значениями индекса и направлении превентивных мероприятий для обеспечения безопасности эксплуатации выбранных ПП.

Практическая ценность. Результаты диссертационной работы использовались при выполнении хоздоговорной темы: Переработка Деклараций безопасности «Гомельтранснефть «Дружба» (договор ХД 21-218 по заказу Гомельского республиканского унитарного предприятия по транспорту нефти «Гомельтранснефть «Дружба», время выполнения 1.03.2009-31.12.2009).

Разработанная методика позволяет предприятиям, эксплуатирующим ПП, производить планирование финансирования технического обслуживания и ремонта ПП на следующий расчетный период.

Положения, выносимые на защиту

1. *Научное обоснование* сформированной и упорядоченной совокупности факторов воздействия, имеющих различную природу, на техническое состояние ПП магистрального трубопровода.

2. *Модель* для оценки технического состояния ПП, позволяющая производить учет влияния факторов, влияющих на надежность ПП и её *научно-методологическое обоснование*.

3. *Методика* оценки технического состояния ПП магистральных трубопроводов, основанная на математическом анализе экспертных оценок, полученных с помощью комплексной системы мониторинга и моделирования условий эксплуатации и характеристик ПП.

Апробация результатов диссертации. Материалы диссертационной работы докладывались и обсуждались на конференциях:

1. III Научно-техническая конференция «Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта» (г. Минск, 18-21 сентября 2000 г.);

2. VII Республиканской научной конференции студентов и аспирантов Беларуси НИРС-2002 (г. Витебск, 10-11 ноября 2002г);

3. II Международной научно-практической конференции «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» (г. Минск, 23-25 июля 2003 г.);

4. IV Научно-техническая конференция «Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта» (г. Новополоцк, 4-7 ноября 2003 г.);

5. III Международной научно-практической конференции «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» (г. Минск, 5-8 июня 2005 г.);

6. II Международном экологическом симпозиуме в городе Полоцке «Региональные проблемы экологии: пути решения» (г. Полоцк, 1 сентября 2005г.);

7. Учебно-научно-практической конференции (г. Уфа, 5-8 мая 2007 г.);

8. V Научно-техническая конференция «Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта» (г. Новополоцк, 7-9 июня 2006 г.);

9. III Международном экологическом симпозиуме в городе Полоцке «Региональные проблемы экологии: пути решения» (г. Полоцк, 3 сентября 2006г.);

10. IV Международной научно-практической конференции «Чрезвы-

чайные ситуации: предупреждение и ликвидация» (г. Минск, 5-7 мая 2007 г.);

11. IV Международном экологическом симпозиуме в городе Полоцке «Региональные проблемы экологии: пути решения» (г. Полоцк, 21-23 ноября 2007г.);

12. Международной научно-практической конференции «Техника и технологии: инновации и качество» (г. Барановичи, 23-24 ноября 2007г);

13. VI Научно-техническая конференция «Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта» (г. Новополоцк, 11-14 декабря 2007 г.);

14. Международной научно-технической конференции «Прочность и надежность магистральных трубопроводов» МТ-2008 (г. Киев, Украина, 5-7 июня 2008г).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 11 печатных работ, в том числе 5 статей в журналах, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий в соответствии с требованиями ВАК Минобразования и науки РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация содержит введение, общую характеристику работы, 4 главы, заключение, список литературы. Работа изложена на 132 страницах, включает 26 иллюстрации на 10 страницах, 27 таблиц на 19 страницах. Библиография включает 61 литературный источник.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы и сформулированы основные направления и задачи исследования.

Основу исследований в диссертационной работе составили теоретические и практические труды в области В.Л. Березина, П.П. Бородавкина, В.Д. Черняева, К.В. Черняева, К.А. Забелы, О.Б. Шадрина, Г.Г. Васильева, В.В. Харионовского, А.Г. Гумерова и других, на чьи результаты автор опирался в своих исследованиях.

В первой главе проводится анализ технического состояния ПП. Анализ показал, что в Беларуси эксплуатируется 163 нитки ПП, из них 68,7% –

магистральные газопроводы (МГ), 21,7% – магистральные нефтепроводы (МН), 9,6% – магистральные нефтепродуктопроводы (МНП).

При прохождении по территории Республики, магистральные трубопроводы пересекают 15 крупных рек, среди которых Припять, Сож, Днепр, Западная Двина. На рисунке 1 приведено местонахождение ПП в Беларуси.



Рисунок 1 – Местонахождение ПП в Беларуси

Пик сооружения ПП приходится на начало семидесятых годов. Наибольшее количество переходов имеет возраст 25-35 лет (рисунок 2).

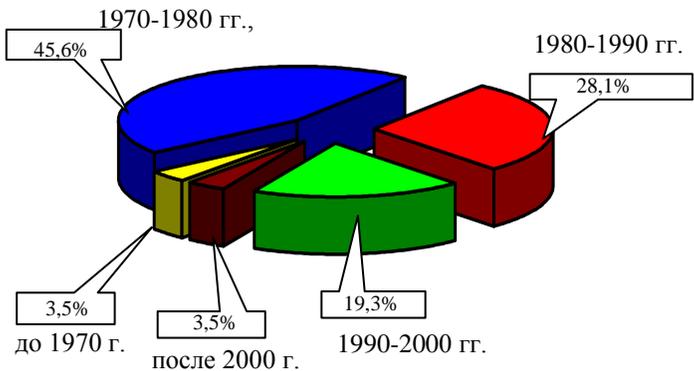


Рисунок 2 - Возрастная структура ПП

Проведенный анализ технического состояния ПП показал, что их основное количество выработало амортизационный срок своей эксплуатации, в связи с чем возникает необходимость решения задачи обеспечения безопасности их дальнейшей эксплуатации.

На основании анализа отказов на подводных переходах России, Северной Америки, Западной и Восточной Европы выделена общность доминирующих факторов. У подводных переходов преобладающими причинами являются: некачественное выполнение строительно-монтажных работ и оголение трубопроводов потоком воды в процессе эксплуатации. Первым шагом по повышению надежности рассматриваемых объектов можно считать направленность превентивных мероприятий на основные причины возникновения аварий.

Во второй главе предложена концепция, позволяющая на основании анализа модели оценки технического состояния ПП выработать подходы направленные на обеспечение эксплуатационной надежности подводных трубопроводов.

При формировании концепции, произведена оценка существующих способов определения надежности подводных переходов и выявлены их преимущества и недостатки. В частности, рассмотрены:

- организация мониторинга состояния подводных переходов;
- формирование информационной базы для выбора эффективных решений по техническому обслуживанию и ремонту трубопроводных систем;
- оценка контролеспособности и ремонтпригодности подводных переходов.

Установлено, что постоянных типовых выражений для определения стандартных показателей надежности - вероятности безотказной работы (ВБР) $P_c(t)$, вероятности отказа (ВО) $Q_c(t)$, математического ожидания (МО) наработки до отказа T_{0c} систем с последовательно-параллельным соединением

элементов не существует, и в каждом конкретном случае выражения составляются индивидуально.

Особое внимание уделено расчету показателей надежности резервируемых систем. Каждую нитку подводного перехода можно рассматривать как систему из последовательно соединенных элементов (труб), отказ любого из которых приводит к отказу всей нитки в целом. В то же время, многониточный подводный переход может рассматриваться как система с резервированием (где элементами резерва являются резервные нитки - лупинги). Таким образом, для расчета показателя надёжности ПП необходимо производить расчет как системы без резервирования, так и системы с резервированием.

В общей теории надежности интенсивность отказов ненагруженных резервных элементов $\lambda_{\text{р}} = 0$. Необходимо отметить, что белорусские магистральные трубопроводы эксплуатируются с одновременной перекачкой по всем ниткам (и основной, и резервной). Поэтому, при использовании резервирования для многониточной системы подводных переходов, резервные элементы расходуют свой ресурс так же, как и основные нитки, т.е. имеют одинаковое распределение наработок до отказа и интенсивность отказов основных $\lambda_{\text{о}}$ и резервных $\lambda_{\text{р}}$ элементов ($\lambda_{\text{о}} = \lambda_{\text{р}}$). Это происходит вследствие того, что в резервных нитках, как и в основных находится перекачиваемый продукт под рабочим давлением, т.е. на тело трубы оказывается воздействие внутренней нагрузкой, коррозионное воздействие на внутреннюю и внешнюю поверхности трубы и т.д.

Для проведения оценок технического состояния ПП с использованием методов количественной оценки необходима четко функционирующая система мониторинга, функционирование которой начинается с момента начала проектирования трубопровода. В действительная ситуация такова, что на предприятиях магистрального трубопроводного транспорта отсутствует значительное количество проектной и строительной документации, относящейся к эксплуатируемым ПП. Проблема оценки технического состояния ПП в Беларуси усугубляется тем, что подавляющая часть резервных ниток ПП не оборудована камерами приема-пуска диагностических

снарядов, в связи с чем возникает необходимость создания методик оценки технического состояния без использования инструментальных технологий.

В третьей главе производится выбор способов формирования и отображения модели, выявление критериев, определяющих техническое состояние ПП и компоновка структурно-функциональные элементы модели управления надежностью ПП.

Структурно-функциональные элементы модели предложено рассматривать системой, с четким влиянием на принятие конкретных решений по увеличению надежности ППМТ. Для отображения процессов использована методология семейства языков IDEF, в частности языка IDEF0, основанного на подходе SADT (Structured Analysis & Design Technique / Development Technology) и используемого для создания функциональной модели системы или процесса, отображающей его структуру, функции, а также информационные и материальные потоки, преобразуемые данными функциями.

Реализованная оценка технического состояния позволяет реализовать управление надежностью ПП, модель которого приведена на рисунке 3.

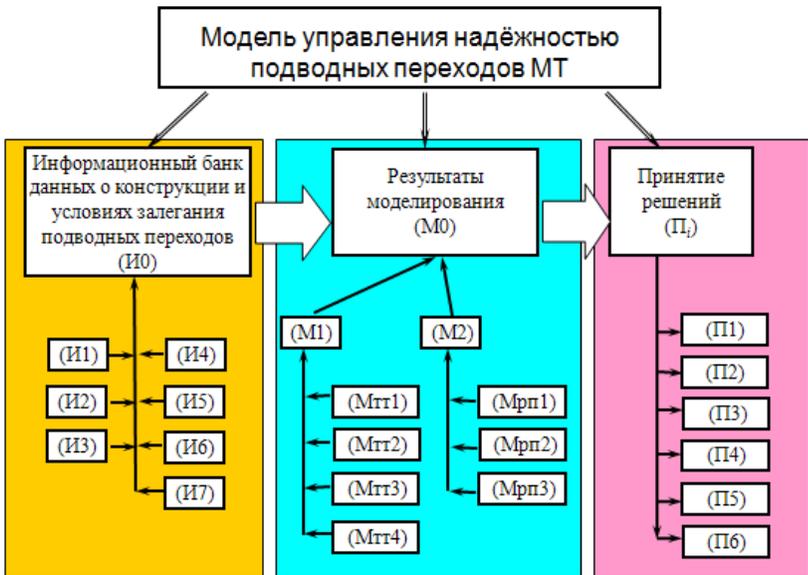


Рисунок 3- Общий структурный вид модели

Структурно-функциональные элементы управления надёжностью ПП удобно отобразить при помощи подмодели языка IDEF с уровнями структурной декомпозиции, представленной в виде дерева узлов (см. рис. 4 и рис. 5).

(И0) Информационный банк данных

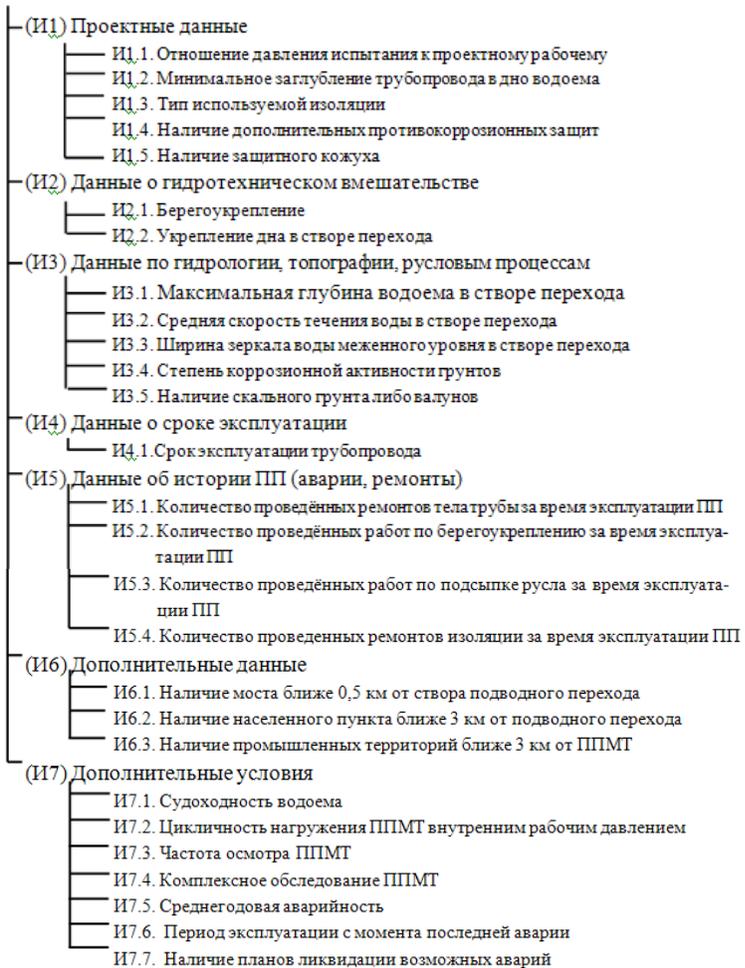


Рисунок 4 - Декомпозиция подмодели И0

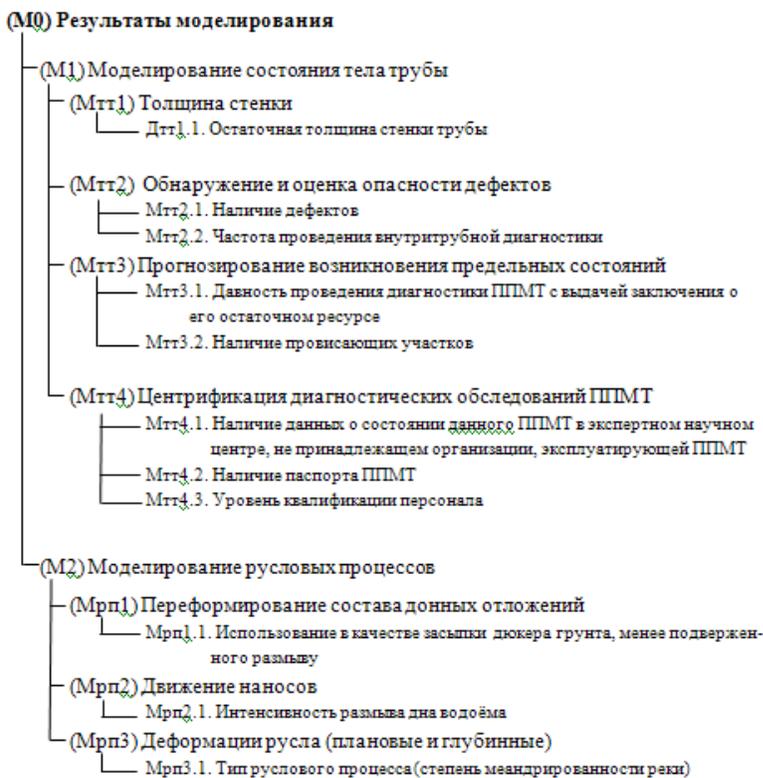


Рисунок 5 - Декомпозиция подмодели M0

Для учета степени влияния факторов на техническое состояние ПП был использован метод бальной оценки. Результатом является получение критерия, оценивающего уровень технического состояния ПП - индекса технического состояния.

ИТС высчитывается путем суммирования произведений баллов факторов B_i на весовые баллы факторов G_i :

$$R = \sum_{i=1}^n G_i \cdot B_i \quad (4.1)$$

где R – индекс технического состояния; n – общее количество факторов; G - весовой коэффициент каждого фактора; B_i – балльная оценка фактора.

Значения весовых коэффициентов факторов и значения балльной оценки признаков факторов определялись методом экспертной оценки.

Значения весовых коэффициентов каждого фактора определялись по методу априорного ранжирования. С этой целью составлены опросные листы и проведен опрос 23 специалистов, компетентных в исследуемой области. В опросных листах экспертам было предложено проставить ранги каждому фактору влияния по принципу: чем важнее воздействие фактора – тем выше присваиваемый ранг. В результате обработки опросных листов составлена матрица опроса (таблица 3).

Таблица 3 - Матрица опроса (пример).

Факторы F	Эксперты								Сумма рангов $\sum r_i$	Весовые коэффициенты G_i
	1	2	3	4	...	21	22	23		
	Ранги оценок экспертов r_i									
1	2	3	4	5	...	22	23	24	25	26
И1.2. Минимальное заглубление трубопровода в дно водоема, м	12	5	14	3	...	11	6	9	67	0,0113
И1.3. Тип используемой изоляции	7	3	10	5	...	6	5	10	57	0,0096
И4.1.Срок эксплуатации трубопровода	2	6	1	8	...	7	8	4	58	0,0098
Дтт1.1. Остаточная толщина стенки трубы	11	1	2	7	...	12	1	15	289	0,0488

Для всех n факторов определены суммы рангов $\sum_{j=1}^m r_{ij}$, назначенные m экспертами. По матрице опроса определены общая сумма рангов $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m r_{ij} = 17043$ и средняя сумма рангов $\bar{r} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m r_{ij} = 448,5$ представляющая собой оценку математического ожидания.

Значения весовых коэффициентов G_i определены по формуле:

$$G_i = \frac{\sum_{j=1}^m r_j}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m r_{ij}} \quad (4.2)$$

Степень согласованности мнений экспертов оценена с помощью дисперсионного коэффициента конкордации:

$$W_D = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \quad S = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m r_{ij} - \bar{r} \right)^2 = 1927290.$$

С учетом $m=23$ и $n=38$, $W_D=0,7973$.

Степень согласованности также проверена по энтропийному коэффициенту конкордации $W_{\mathcal{E}} = 1 - \frac{H}{H_{\max}}$, где H – энтропия, вычисляемая по формуле $H = -\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij} \log_2 p_{ij}$, причем p_{ij} – оценки вероятностей j -го ранга, присваиваемого i -му фактору; H_{\max} – максимальное значение энтропии

$$H_{\max} = -\frac{1}{n} \log \frac{1}{n} \sum_{i,j=1}^n = n \log_2 n. \text{ Определено, что } W_{\mathcal{E}}=0,8257.$$

Т.к. в обоих случаях $W > 0,5$, то проведена проверка гипотезы о случайности согласия экспертов и определен критерий Пирсона: $\chi_p^2 = Wm(k-1)$, где $(k-1)$ соответствует числу степеней свободы. Расчетное значение сравниваем с табличным χ_{α}^2 для $(k-1)$ степеней свободы.

для W_D : $\chi_p^2 = 678,5 > \chi_{\alpha}^2 = 70,09$ при уровне значимости 0,001;

для $W_{\mathcal{E}}$: $\chi_p^2 = 702,6 > \chi_{\alpha}^2 = 70,09$ при уровне значимости 0,001.

Таким образом, результаты экспертизы признаны удовлетворительными и адекватными.

С целью определения значений баллов факторов B_i , в рамках каждого фактора выделены градации воздействий каждого фактора – признаки факторов Q_i . Назначение пороговых значений факторов для оценки признака каждого фактора, т.е. создание диапазона квантификационной шкалы, осуществлялось на основании действующей нормативной документации и, до-

полнительно - учёта особенностей работы речной техники, анализа накопленной статистической информации об авариях на ПП, закладываемого уровня требуемой надёжности ПП и т.д. (таблица 4).

Таблица 4 – Выделение признаков факторов (пример).

Факторы F_i	Признаки факторов Q_i
1	2
И1.2. Минимальное заглубление трубопровода в дно водоема, м	> 3 м; (1; 3], м; ≤ 1 м; трубопровод оголен
И1.3. Тип используемой изоляции	Наличие нарушений изоляции; применена изоляции усиленного типа; применена изоляция весьма усиленного типа
И4.1.Срок эксплуатации трубопровода	< 10 лет; [10 до 33), лет; > 33 лет
Дтт1.1. Остаточная толщина стенки трубы	толщина стенки равна проектной; толщина стенки 80-100% от проектной; наличие участков с толщиной стенки меньше 80% от проектной; нет данных

Для назначения баллов каждому признаку факторов Q_i использован метод нормирования, в котором каждый эксперт каждому признаку фактора ставит в соответствие оценку по 10-ти балльной шкале, отражающее интенсивность его влияния. Для обобщения мнений экспертов использован метод Дельфы, по которому восемью экспертами проведено 4 тура итераций оцениваемых значений до снижения дисперсии назначаемых оценок до 5%. В каждом туре оценивалось медианное значение \bar{x} , верхний $\bar{x} + \sigma$ и нижний $\bar{x} - \sigma$ квантили. В качестве результирующей оценки принималась медиана завершающего тура $\bar{x}_{зав}$.

Таким образом, проведен ряд последовательных процедур, формирующих групповое мнение экспертов в условиях анонимности индивидуальных мнений экспертов и регулируемой обратной связи, в результате которого назначены баллы оценок для каждого признака Q_i . Пример результатов оценок приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Результирующая таблица (пример).

Группы факторов E_i	Подгруппы факторов W_i	Факторы F_i	Весовой к-т фактора G_i	Балльная оценка признака фактора Q_i
1	2	3	4	5
И0. Информационный банк данных	И1. Проектные данные	И1.2. Минимальное заглубление трубопровода в дно водоема, м	0,0452	$Q_{ИЗ.2}=0$ (при заглублении > 3 м) $Q_{ИЗ.2}=3$ (при заглублении (1; 3], м) $Q_{ИЗ.2}=5$ (при заглублении ≤ 1 м) $Q_{ИЗ.2}=10$ (трубопровод оголен)
		И1.3. Тип используемой изоляции	0,0461	$Q_{ИЗ.4}=10$ (при наличии нарушений изоляции) $Q_{ИЗ.4}=3$ (применена изоляции усиленного типа) $Q_{ИЗ.4}=0$ (применена изоляция весьма усиленного типа)
	И4. Данные о сроке эксплуатации	И4.1.Срок эксплуатации трубопровода	0,0297	$Q_{И4.1}=3$ (при эксплуатации <10 лет) $Q_{И4.1}=0$ (при эксплуатации от10 до 33 лет) $Q_{И4.1}=10$ (при эксплуатации >33 лет)
М1. Моделирование состояния тела трубы	Мтг1. Толщина стенки	Дтт1.1. Осадочная толщина стенки трубы	0,0508	$Q_{Дтт1.1}=0$ (толщина стенки равна проектной) $Q_{Дтт1.1}=3$ (толщина стенки 80-100% от проектной) $Q_{Дтт1.1}=7$ (наличие участков с толщиной стенки меньше 80% от проектной) $Q_{Дтт1.1}=10$ (нет данных)

При расчете ИТС для конкретного ПП значения балльных оценок B_i для каждого фактора принимается в зависимости от соответствия параметров рассматриваемого ПП значениям признаков фактора Q_i . Например, если минимальное заглубление трубопровода в дно водоема, составляет менее 1м, то признак фактора И1.2. соответствует 5, т.е. $B_{И1.2}=7$.

Таким образом, создана методика, позволяющая оценить техническое состояние ПП.

С целью автоматизации процесса расчетов по данной методике создана компьютерная программа РИТС (Расчет Индекса Технического Состояния), создающая базу данных параметров рассчитываемых ПП, рассчитывающая

ИТС для каждого ПП и позволяющая анализировать техническое состояние ПП по наиболее значимым факторам влияния (рисунок 9).

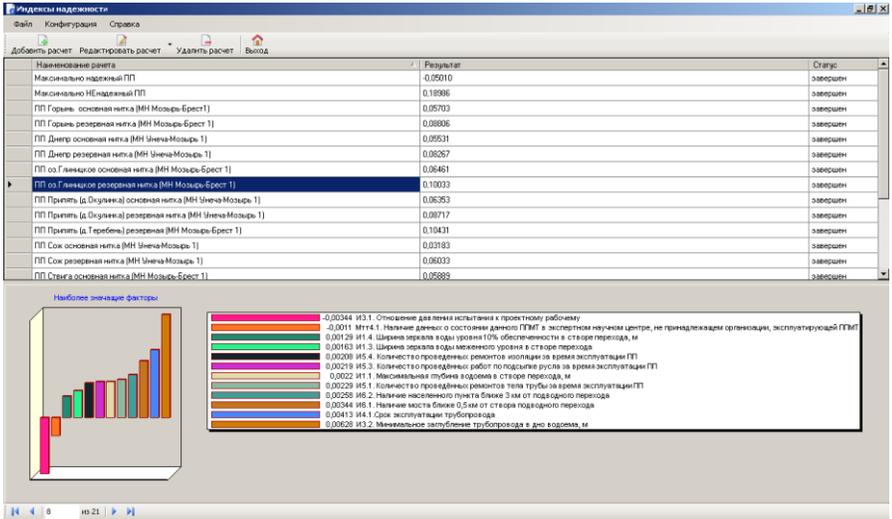


Рисунок 9- Анализ технического состояния ПП в программе РИТС

Для определения границ работы методики, были смоделированы «максимально безопасный» и «максимально опасный» подводные переходы, для которых был рассчитан ИТС. Результаты приведены в табл. 5.

Таблица 4 - Значения ИТС для граничных условий

Характеристика	ИТС
1	2
максимально безопасный ПП	0
максимально опасный ПП	0,18986

Пользуясь разработанной методикой, произведен расчет для всех ПП газо-, нефте- и нефтепродуктопроводов Беларуси (таблица 6):

Таблица 6 – Вычисленные значения ИТС для различных ПП (пример)

ПП	ИТС
1	2
р. Зап. Двина (НП «Сургут-Полоцк» основная нитка)	0,0229
р. Улла (НП «Унеча-Полоцк II» основная нитка)	0,0304
р. Березина (ГП «Торжок-Минск-Ивацевичи I» резервная нитка)	0,0776
р. Днепр (НП «Унеча-Полоцк II» основная нитка)	0,0330
р. Сож (НП «Унеча- Мозырь I» основная нитка)	0,048
р. Неман (ГП «Торжок-Минск-Ивацевичи II» резервная нитка)	0,0776
р. Припять (НП «Мозырь-Брест II» резервная нитка)	0,0855
р. Уборть (НП «Мозырь-Брест II» основная нитка)	0,0336
р. Припять (НП «Унеча- Мозырь I» основная нитка)	0,0283

Таким образом, создана методика оценки технического состояния ПП на основе создания комплексной системы мониторинга и прогнозирования их технического состояния. По предложенной методике получены оценки технического состояния ПП.

В четвертой главе рассмотрены мероприятия, направленные на повышение надежности эксплуатации ПП.

Алгоритм определения наиболее эффективных решений предполагает определение функционала цели, содержательное описание принимаемых решений и определение суммарных затрат на внедрение принятого решения.

$$W: \left[\max \Delta N \cup \min \sum \omega \right] \Rightarrow \dot{I}_i \quad (4.1)$$

где: W – функционал поставленной цели; ΔN – повышение надежности эксплуатации ПП, $\Sigma \omega$ – суммарные затраты для достижения цели, P_i – принимаемое решение.

Могут быть приняты различные решения $\Pi_i = [\Pi_1, \Pi_2 \dots \Pi_i]$, однако все они должны следовать приведённому условию. В модели выделены следующие решения: Π_1 - изменение периодичности диагностического обследования; Π_2 - изменение технологического режима перекачки (снижение рабочего давления); Π_3 - плановый ремонт подводного перехода; Π_4 - аварийный ремонт подводного перехода; Π_5 - консервация; Π_6 - ликвидация.

В выражении (4.1) значение суммарных затрат на реализацию каждого решения может быть оценено по зависимостям (4.2 – 4.7):

$$\Pi_1 = \begin{cases} \text{при снижении периодичности, } \omega_1 \downarrow, & \text{однако } R \uparrow \\ \text{при увеличении периодичности, } \omega_1 \uparrow, & \text{однако } R \downarrow \end{cases} \Rightarrow \Delta N, \sum \omega \text{ и } \Pi_1 \rightarrow W_1 \quad (4.2)$$

где ω_1 – затраты на изменение периодичности диагностического обследования; R – вероятность аварии на ППМТ;

$$\Pi_2 = \begin{cases} \omega_2 \\ \Phi^I_2 \langle \Pi_2 \rangle \end{cases} \Rightarrow \Delta N, \sum \omega \text{ и } \Pi_2 \rightarrow W_2 \quad (4.3)$$

где ω_2 – затраты на снижение рабочего давления; Φ^I_2 – потери от недопоставки перекачиваемого продукта;

$$\Pi_3 = \begin{cases} \omega_3 \\ \Phi^I_3 \langle \Pi_3 \rangle + \Phi^{II}_3 \langle \Pi_3 \rangle + \Phi^{III}_3 \langle \Pi_3 \rangle \end{cases} \Rightarrow \Delta N, \sum \omega \text{ и } \Pi_3 \rightarrow W_3 \quad (4.4)$$

где ω_3 – затраты на плановый ремонт подводного перехода; Φ^I_3 – потери от недопоставки перекачиваемого продукта; Φ^{II}_3 – ущерб от потери продукта (стоимость продукта); Φ^{III}_3 – экологический ущерб (штрафные санкции);

$$\Pi_4 = \begin{cases} \omega_4 \\ \Phi^I_4 \langle \Pi_4 \rangle + \Phi^{II}_4 \langle \Pi_4 \rangle + \Phi^{III}_4 \langle \Pi_4 \rangle + \Phi^{IV}_4 \langle \Pi_4 \rangle \end{cases} \Rightarrow \Delta N, \sum \omega \text{ и } \Pi_4 \rightarrow W_4 \quad (4.5)$$

где ω_4 – затраты на аварийный ремонт подводного перехода; Φ^I_4 – потери от недопоставки перекачиваемого продукта; Φ^{II}_4 – ущерб от потери продукта (стоимость продукта); Φ^{III}_4 – экологический ущерб (штрафные санкции); Φ^{IV}_4 – социальный ущерб (при причинении вреда физическим или юридическим лицам);

$$\Pi_5 = \left\{ \Phi'_5 \left(\omega_5 \right) \right\} \Rightarrow \Delta N, \text{ и } \Pi_5 \rightarrow W_5 \quad (4.6)$$

где ω_5 – затраты на консервацию подводного перехода; Φ'_5 – потери от недопоставки перекачиваемого продукта;

$$\Pi_6 = \left\{ \Phi'_6 \left(\omega_6 \right) \right\} \Rightarrow \Delta N, \text{ и } \Pi_6 \rightarrow W_6 \quad (4.7)$$

где ω_6 – затраты на ликвидацию подводного перехода; Φ'_6 – потери от недопоставки перекачиваемого продукта.

Для выбора решений, направленных на улучшение технического состояния, использована вербально-числовая шкала Харрингтона, согласно которой в диапазоне работы методики выделено пять зон, определяющих принимаемые решения (рис. 10) и произведено распределение ПП согласно значениям ИТС.

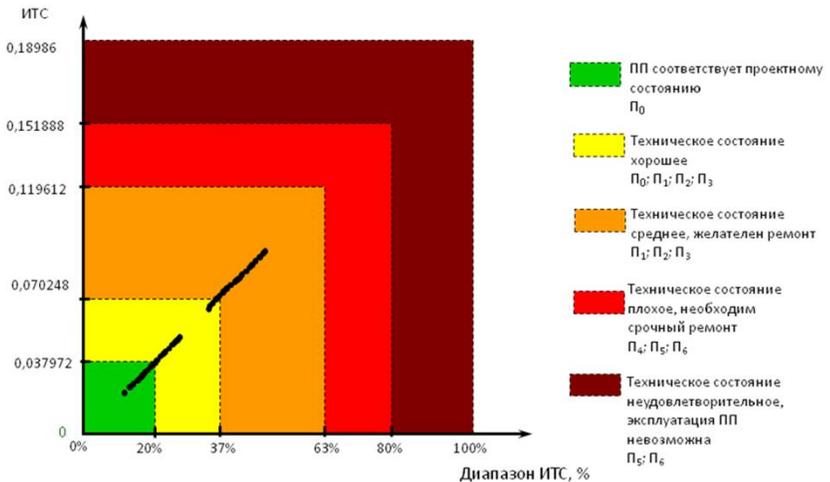


Рисунок 10- Оценка общего состояния ПП в Беларуси

Из рисунка 10 видно, что большинство ПП в Беларуси на сегодняшний день имеют достаточно высокую надежность эксплуатации, т.к. находятся в областях с низкими показателями ИТС, но вместе с тем, ряд ПП требуют при-

стального внимания, т.к. попадают в область с повышенными показателями ИТС. Отмечено, что на сегодняшний день не наблюдается ПП, требующих проведения срочного ремонта.

Решение задачи обеспечения безопасности их дальнейшей эксплуатации реализуется созданием комплексной системы мониторинга и прогнозирования технического состояния ПП (рисунок 11).



Рисунок 11- Комплексная система мониторинга и прогнозирования технического состояния ПП

Предложенная система позволит повысить надежность эксплуатации рассматриваемых объектов.

Таким образом, рассчитанные значения индексов технического состояния ПП позволяют проводить сравнительный анализ различных ПП для определения приоритетности их технического обслуживания и ремонта.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. На основе изучения и анализа современного состояния ПП выявлена упорядоченная совокупность факторов, влияющих на надежность эксплуатации ПП.

2. Разработана модель ПП, отображающая влияние конструктивных особенностей ПП, условий и режимов эксплуатации на их техническое состояние.

3. На основе разработанной модели ПП создан критерий оценки технического состояния, предназначенный для сравнительной оценки технического состояния ПП.

4. Разработан алгоритм выбора решений, направленных на повышение безопасности эксплуатации ПП, основанный на расчете индекса технического состояния каждого ПП, ранжировании ПП по индексу технического состояния, выборе ПП с наиболее высокими значениями индекса и направлении превентивных мероприятий для обеспечения безопасности эксплуатации выбранных ПП.

5. Разработана компьютерная программа РИТС, позволяющая ранжировать подводные переходы по приоритету обеспечения их безопасности.

6. По результатам сравнительной оценки состояния ПП, проведенной на основании разработанной методики, для ПП, эксплуатируемых на территории Беларуси установлены приоритеты в проведении мероприятий по повышению надежности их эксплуатации.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Васильев Г.Г., Липский В.К., Кульбей А.Г. Повышение надежности подводных переходов магистральных трубопроводов Беларуси // НТЖ «Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов», №1 (75) / ГУП «ИПТЭР» – Уфа, 2009. – С. 49-55

2. Вегера А.И., Липский В.К., Кульбей А.Г., Васильев Г.Г. Об оценке технического состояния подводных переходов магистральных трубопроводов // Вестник ПГУ. Серия В. Прикладные науки – 2006. - №3. – С. 137-142.

3. Кульбей А.Г. Надёжность подводных переходов магистральных трубопроводов / Безопасность и надёжность трубопроводного транспорта // Сб. науч. тр. – Новополоцк: ПГУ, 2003. – С. 138-145

4. Кульбей А.Г. Проблемы повышения надёжности подводных переходов магистральных трубопроводов. // Сборник статей VII Республиканской научной конференции студентов и аспирантов Беларуси (НИРС-2002) / УО «ВГТУ». – Витебск, 2002. - С. 290 - 292.

5. Липский В.К., Вегера А.И., Кульбей А.Г., Криволапов А.В. Бальная оценка возможных последствий аварий на нефтепроводах // Безопасность и надёжность трубопроводного транспорта: Сб. науч. тр. Вып. 3 – Новополоцк: ПГУ, 2003. - С. 146 - 157

6. Липский В.К., Кульбей А.Г., Васильев Г.Г. Обеспечение на инвестиционной стадии надёжности подводных переходов трубопроводов. // Вестник ПГУ. Серия Б. Прикладные науки – 2005. - №9. – С. 166 - 172.

7. Кульбей А.Г. Методика определения технического состояния подводных переходов магистральных трубопроводов. Надёжность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта // Материалы V международной научно-технической конференции. – Новополоцк: УО «ПГУ», 2006. – 300с.

8. Кульбей А.Г. Обеспечение надёжной и безопасной работы подводных переходов магистральных трубопроводов. Надёжность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта // Материалы VI международной научно-технической конференции. – Новополоцк: УО «ПГУ», 2007. – С101-103.

9. Кульбей А.Г. Обеспечение экологической безопасности водных объектов за счет повышения надёжности подводных переходов магистральных трубопроводов. // Материалы Международной научно-практической конференции «Техника и технологии: инновации и качество». РИО БарГУ, 2007. – С. 400 - 403с.

10. Кульбей А.Г., Коваль И.С. Оценка уровня надежности подводных переходов магистральных трубопроводов. Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта: Материалы VI международной научно-технической конференции. – Новополоцк: УО «ПГУ», 2007. – С99-100.

11. Кульбей А.Г. Критерии, определяющие техническое состояние подводных переходов. // Магистральные и промысловые трубопроводы: проектирование, строительство, эксплуатация, ремонт. Научно-технический сборник №2. – М: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2006. – С. 15 - 18

12. Кульбей А.Г. Модель оценки технического состояния подводных переходов. // Магистральные и промысловые трубопроводы: проектирование, строительство, эксплуатация, ремонт. Научно-технический сборник №1. – М: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2007. – С. 49 - 51

Кульбей Андрей Геннадьевич

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ ПОДВОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ
ТРУБОПРОВОДОВ БЕЛАРУСИ**

Автореферат диссертации

на соискание учёной степени кандидата технических наук

Подписано в печать 20.01.0902 Формат 60×84 /16 Бумага офсетная

Усл.печ.л. 1,39 Уч.изд.л. 1,05 Тираж 120 экз. Заказ 1822

Отпечатано на ризографе ПГУ

211440, г. Новополоцк, ул. Блохина, 29