

*Мисюкова Д.К.*

*Студент магистратуры*

*2 курс, Институт Нефтегазового бизнеса*

*УГНТУ*

*Россия, г. Уфа*

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ  
ПРИ УПРАВЛЕНИИ МАГИСТРАЛЬНЫМИ  
НЕФТЕПРОВОДАМИ**

***Аннотация:** в данной статье рассматривается проблема повышения эффективности использования трубопроводного транспорта. Решить её можно путем совершенствования управления техническим состоянием трубопроводов, за счет совершенствования системы диагностирования.*

*Автор в статье отражает основные направления и новые подходы при выборе метода проведения диагностики трубопровода и оценки экономической целесообразности проведения данного мероприятия.*

*В статье приведены статистические данные, проанализирован и разработан выбор наиболее эффективного метода диагностирования системы управления магистральными нефтепроводами. Данные результатов исследований при диагностировании объекта подтверждают выбор процесса принятия экономически целесообразных управленческих решений.*

***Ключевые слова:** трубопровод, магистральный нефтепровод, система диагностики, анализ и разработка, экономическая оценка, целесообразность проекта.*

***Abstract:** in the present article the problem of increasing the efficiency of pipeline transport is considered. It can be solved by improving the management of the technical condition of pipelines, by improving the diagnostic system.*

*The author in the article reflects the main directions and new approaches to choosing a method of pipeline diagnostics and evaluation of economic feasibility of the event*

*The article provides statistical data, analyzes and develops a choice of the most effective method of diagnostics of control system of main oil pipelines. Data of results of the researches at diagnosing of the object confirm the choice of the process of making economically expedient managerial decisions.*

**Keywords:** *pipeline, trunk oil pipeline, diagnostic system, analysis and development, economic assessment, project expediency.*

Трубопроводный транспорт в настоящее время является наиболее экономичным видом транспорта нефти, газа и нефтепродуктов. Надежность функционирования нефтегазотранспортной системы имеет первостепенное значения для всех жизненно важных отраслей экономики России.

Стоит выделить основные проблемы в отрасли трубопроводного транспорта: аварийность на магистральных трубопроводах; диаметр трубопровода; увеличение пропускной способности; высокие затраты на модернизацию трубопровода.

Ведущие эксперты в области нефтедобычи выделяют следующие проблемы:

– одной из основных технических проблем является проблема повышения провозной способности трубопроводов.

– повышение провозной способности в трубах достигается путем увеличения давления в трубах, но для этого требуются многослойные трубы, что удорожает их стоимость;

– увеличение проходной способности может достигаться также прокладкой вторых линий;

– многие трубопроводы сегодня устаревают и начинают находится в аварийном состоянии;

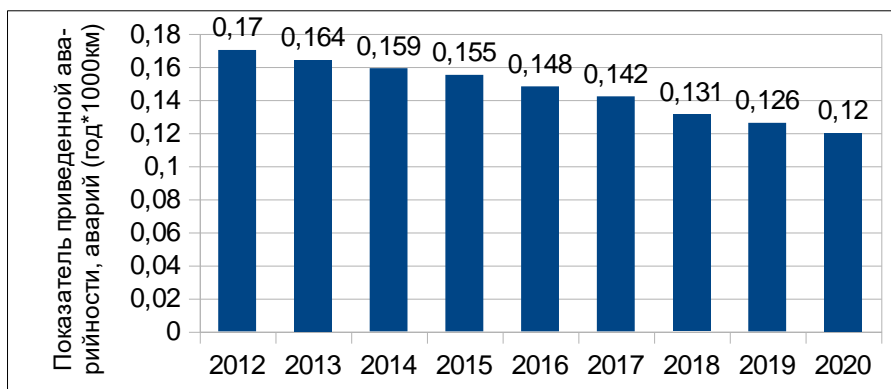
– своевременное диагностирование и усовершенствование данной системы, поможет вовремя обнаружить неисправности, для их устранения, что увеличит срок службы трубопроводов.

**Специфика необходимости совершенствования системы управления магистральным нефтепроводом.** Из-за несвоевременного контроля отказов, преждевременной профилактики и низкого уровня организации производства, а также недостаточной информации о состоянии трубопроводов, происходят значительные потери материальных и природных ресурсов. Так, объем текущего ремонта, заключающийся в устранении отказов из-за ненадлежащего обнаружения неисправностей или устаревшего оборудования, составляет гораздо большую долю от общего объема трудовых затрат на техническое обслуживание трубопроводного транспорта. Естественно, что уровень надежности находится в прямой зависимости от технического состояния трубопроводной системы, а техническое состояние от объема затрачиваемых на диагностику и ремонт денежных средств. В этой связи проблема оптимизации объема диагностических работ весьма актуальна для предприятий трубопроводного транспорта.

Статистика причин, приводящих к авариям, показала, что в результате строительного брака происходит 31 % аварий, из-за заводских дефектов труб - 22 %; из-за коррозии - 22%. Эти дефекты с большой степенью точности обнаруживаются диагностическими внутри трубными приборами, поэтому в основе технической политики компании - стопроцентная внутри трубная диагностика магистральных нефтепроводов и формирование планов капитального ремонта на основе ее результатов.

Такая политика дает значительную экономию средств и увеличение протяженности отремонтированных трубопроводов. За последние годы в результате проведенной инспекции нефтепроводов и устранения выявленных дефектов практически полностью исключены аварии, вызванные

нарушениями геометрии труб при строительстве (вмятинами, гофрами и т.п.), количество аварий по причине коррозии.



**Рисунок 1. График динамики снижения аварийности на магистральных нефте- и нефтепродуктопроводах**

При решении технической диагностики необходимо не только определить техническое состояние объекта, но и прогнозировать его состояние на некоторое время вперед, что очень важно для определения структуры ремонтных циклов и интервалов между проверками оборудования, машин и механизмов. Для этого обычно применяют интегральный подход, с помощью которого строятся математические модели, с помощью которых можно будет получить информацию об изменении параметров.

Кроме того, с помощью математических моделей, построенных с учетом эксплуатационных данных и соответствующих алгоритмов, находят рациональные способы воздействия на технологические процессы технического или экономического характера. При этом должно предусматриваться максимальное использование существующих организационных структур системы трубопроводного транспорта.

Техническое обслуживание и ремонт трубопроводного транспорта в современных условиях нерациональны без контрольно-диагностических работ. Необходим учет с наименьшими затратами по его диагностированию и проведению ремонта. Необходимо уменьшить трудоемкость

диагностирования. Для этого необходимо проанализировать работы, проведенные по данной проблеме, и найти решения в виде усовершенствованных методов диагностирования, технического обслуживания и ремонта.

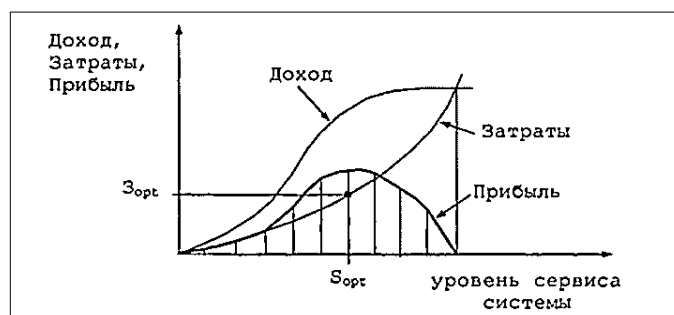
#### **Подход к оптимизации объема диагностических и ремонтных работ.**

Диагностические обследования являются обязательными для всех объектов предприятий транспорта нефти, так как поддерживают рабочее состояние объектов, а также необходимый уровень их промышленной безопасности. Технологии совершенствуются с каждым годом, а стоимость диагностики растет.

Согласно современным концепциям управления предприятием, любое решение должно основываться на точном анализе затрат и выгод. Конечной целью любого коммерческого предприятия в рыночной экономике является максимизация прибыли или, что эквивалентно, минимизация затрат при выполнении заданного объема работ на соответствующем уровне обслуживания.

Следует отметить, что внутритрубная диагностика проводится на трубопроводах, находящихся в эксплуатации и выполняющих в данный момент свои производственные функции. Обнаружение дефектов на участке трубопровода с высокой степенью опасности означает, прежде всего, предельное снижение безопасности этого участка в трубопроводной системе предприятия и, следовательно, уровня сервиса.

Таким образом, возникает внутренний конфликт затрат: с одной стороны, упреждающий ремонт требует больших затрат; с другой стороны, он повышает уровень сервиса и, следовательно, общий доход. На рисунке 2 показано отыскание оптимального объема затрат ( $Z_{opt}$ ) и уровня сервиса ( $S_{opt}$ ) транспортной системы из условия максимума прибыли.



**Рисунок 2. Выбор оптимального уровня сервиса системы трубопроводного транспорта**

Логистический подход включает в себя комплексный подход к принятию решений с целью максимизации экономического эффекта для нефтетранспортного предприятия в целом.

Решение о капитальном ремонте участка трубопровода, являющегося частью транспортной цепи, может быть скорректировано в любом направлении на следующем уровне управления. Если это "узкое место" системы, то его надежность должна быть значительно выше среднего уровня надежности системы.

Достижение оптимального уровня безопасности на участке может не привести к оптимальному уровню безопасности трубопроводной системы в целом. Точно так же, как минимизация ожидаемых затрат на ремонт для каждого отдельного участка не приведет к минимизации ожидаемых затрат на обеспечение заданного уровня обслуживания для всей трубопроводной системы. Чем сложнее подход, тем ниже стоимость ремонта и тем рациональнее их распределение во времени.

**Оценка технического состояния нефтепровода.** Общий алгоритм оценки технического состояния предполагает последовательное выполнение ряда шагов: 1) Сбор и анализ основной технической информации об объекте; 2) проведение экспресс диагностики; 3) экспертное обследование технического состояния объекта; 4) анализ повреждений, определение их механизма и определение технического состояния объекта; 5) установление

закономерностей изменения определяющих параметров технического состояния, предельных состояний и их критериев; 6) анализ отказов и предельных состояний, оценка последствий и критичности отказов; 7) обработка данных и прогнозирование рисков; 8) обоснование вариантов решений о продолжении эксплуатации участка трубопровода.

Техническое состояние оценивается по следующей системе показателей технического состояния:

- Текущее (на момент обследования) и прогнозируемое (на данный момент времени в будущем) распределение максимально допустимого рабочего давления и максимального разрушающего давления по длине рассматриваемого участка ЛЧМН;

- срок безопасной эксплуатации каждого элементарного участка;

- вероятность перехода к пределу для каждого элемента определенного на момент обследования и состояние участка на данный момент времени;

- количество труб, подлежащих ремонту или замене для обеспечения установившегося значения рабочего давления на участке трубопровода, а также сроки их замены или ремонта;

- протяженность и расположение локальных дефектных участков трубопровода и отдельных дефектных труб, подлежащих ремонту, а также сроки их ремонта.

**Совершенствование системы планирования.** Совершенствование системы планирования с учетом рисков позволяет рассмотреть и сравнить между собой различные стратегии проведения ремонтных работ. На основе предложенного подхода необходимо обоснование следующих составляющих плана проведения ремонтных работ:

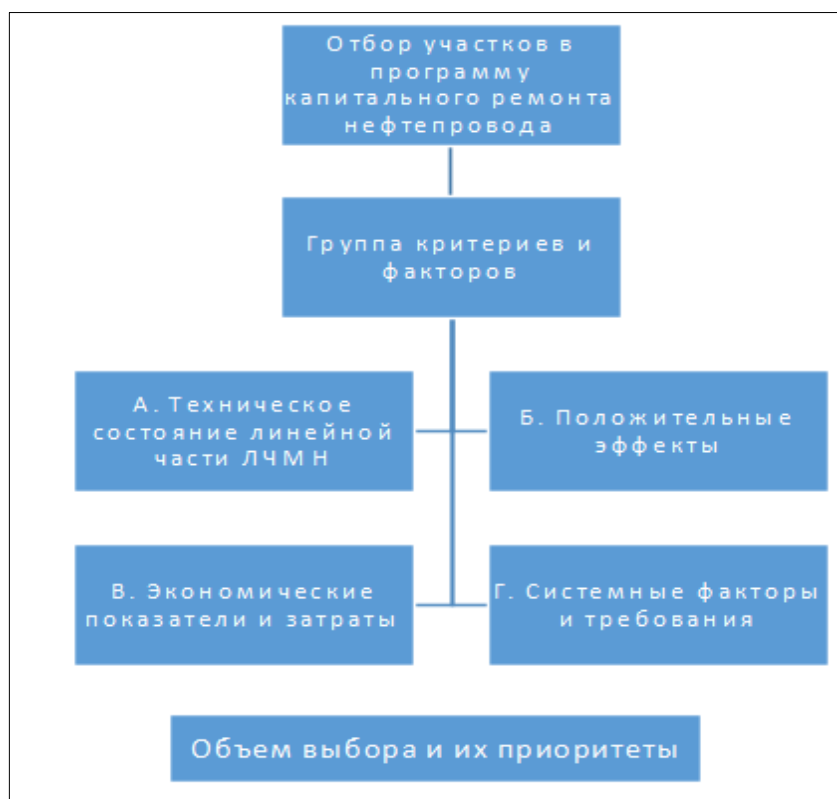
- выбора объектов ремонта с определением сроков и очередности выполнения работ;

- состава работ, выполняемых на участке нефтепровода;

- оптимального объема материально-технических и финансовых ресурсов, необходимых для выполнения работ.

Планированием и выполнением ремонтных работ можно и нужно оказывать целенаправленное воздействие на техническое состояние участка МН таким образом, чтобы обеспечить требуемые значения показателей технического состояния при минимально возможных эксплуатационных затратах.

Для решения необходимых задач могут быть использованы различные методы оценки приоритетов объектов, основанные на анализе разнородной информации, имеющейся к началу планирования. Общая схема многокритериального анализа и структура определения участков магистральных нефтепроводов при их отборе для планирования капитального ремонта магистральных нефтепроводов видна на рисунке 3.



**Рисунок 3. Общая схема анализа участков магистральных нефтепроводов при их отборе для включения в планы капитального ремонта**

Критерии и факторы, учитываемые в оценках приоритетов участков нефтепроводов при включении в планы капитального ремонта, объединены в четыре группы:

А - техническое состояние линейной части;

Б - положительные последствия реализации капитального ремонта на каждом участке МН;

В - экономические показатели затрат, связанных с осуществлением ремонтных работ;

Г - системные факторы и требования.

На основе данного подхода ПАО «Транснефть» разработало многоцелевой программный комплекс, предназначенный для подготовки и принятия технологических и управленческих решений при проведении капитального ремонта магистральных нефтепроводов.

В результате реализации представленных в комплексе принципов подготовки и принятия технологических и управленческих решений, касающихся планирования и проведения капитального ремонта участков МН, формируют обоснование очередности вывода в капитальный ремонт участков магистральных нефтепроводов на основе оценки риска эксплуатации каждого участка.

Таким образом, в рамках поставленной задачи совершенствования системы управления техническим состоянием ЛЧМН необходимо ускорить внедрение в практику определения приоритетов капитального ремонта и реконструкции ЛЧМН на основе количественной оценки допустимого риска. При этом надо установить базовые уровни риска, а также обеспечить выбор методов ремонта участков нефтепроводов для достижения базового уровня риска с учетом конкретных условий производства работ и экономических показателей.

## **Моделирование влияния надежности нефтетранспортных систем на экономические показатели их функционирования**

Сегодня существует два способа прогнозирования надежности сети транспортировки нефти. Первый - статистическая или вероятностная оценка надежности, второй - оценка надежности на основе анализа технического и физического состояния.

При статистической оценке надежности сеть транспорта нефти рассматривается как система, состоящая из элементов, взаимодействующих по логическим схемам. Исходная информация о надежности работы отдельных элементов получается путем статистической обработки данных об авариях, накопленных в процессе их эксплуатации. Задачи статистической оценки надежности решаются методами теории вероятностей без учета физических причин аварий.

Разница в техническом направлении оценки надежности заключается в том, что возникновение аварии на объекте рассматривается как совокупный результат воздействия окружающей среды объекта, эксплуатационных нагрузок и различных физических процессов, происходящих внутри объекта в течение его срока службы. При этом используют модели и методы усталостной прочности, механики разрушения, материаловедения и другие.

Следует отметить, что для систем транспорта нефти, являющихся сложными техническими объектами, знания одних только статистических показателей надежности недостаточно для прогнозирования их ресурса с высокой степенью достоверности. Однако знание статистических показателей надежности систем транспорта нефти позволяет эффективно организовать производственный процесс эксплуатации нефтетранспортной сети, планировать эксплуатационные затраты, а также оценивать рентабельность проектов развития нефтетранспортной сети.

Например, знание средней частоты отказов и среднего времени восстановления позволяет оптимально планировать диагностические,

ремонтные и профилактические работы. Коэффициент технического использования оборудования дает возможность оценить экономический эффект от его использования.

Данные об интенсивности отказов компонентов оборудования НТС позволяют составить сбалансированный план закупки запасных частей. Зная вероятность отказа той или иной части трубопроводной сети, можно оценить минимальную стоимость договора страхования на полную компенсацию в случае аварии.

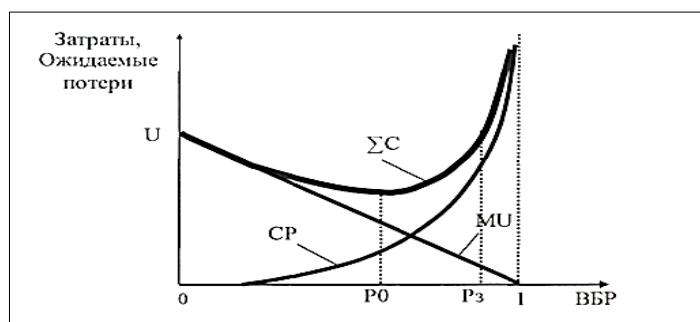
Если отказ оборудования НТС не приводит к катастрофическим или критическим последствиям, экономические соображения играют главную роль при выборе требований к надежности. Надежность оборудования НТС поддерживается путем регулярных диагностических тестов и упреждающего ремонта. Из практики эксплуатации НТС известно, что затраты на эту деятельность  $CP$  растут ускоренными темпами с увеличением уровня поддержания надежности (ВБР). В то же время, если уровень надежности повышается, то ожидаемый ущерб аварийный ущерб  $MU$  снижается. В этом случае наилучшим экономическим вариантом будет уровень надежности  $PO$ , при котором затраты на поддержание надежности и ожидаемый ущерб будут минимальными:

$$\sum C = CP + MU \rightarrow \min,$$

Если отказ оборудования НТС приводит к катастрофическим или критическим последствиям, то при выборе требований к надежности основную роль играет обеспечение заданного уровня надежности  $P_3$ . Графическая интерпретация описанного подхода представлена на рисунке 4.

Таким образом, эффективность мер по поддержанию надежности системы транспортировки нефти должна оцениваться на основе двух различных подходов.

Первый подход применяется к частям трубопроводных систем, отказ которых приводит к катастрофическим и критическим последствиям.



**Рисунок 4. Зависимость ожидаемых затрат от уровня надежности технических систем**

В этом случае эффективность мер определяется исходя из минимума затрат на их реализацию при условии обеспечения заданного уровня надежности.

Второй подход применяется к трубопроводам, выход из строя которых не приводит к катастрофическим последствиям. В этом случае эффективность мероприятий определяется условием получения максимальной ожидаемой прибыли от их реализации.

Рассмотрим реализацию этих подходов при эксплуатации трубопроводных систем. Спектр диагностических мероприятий будет ограничен двумя принципиально различными видами диагностических обследований - внутритрубной инспекцией и аэрокосмическим зондированием трубопроводной системы. Поточное обследование осуществляется путем пропускания через трубу дефектоскопических снарядов, позволяющих диагностировать дефекты целостности металла труб (наружная и внутренняя коррозия, расслоения, инородные включения), вмятины и дефекты сварных швов. Аэрокосмическое зондирование позволяет определить смещение трубопровода относительно первоначального положения (дуговые выбросы, всплывания, эрозия), а также частично контролировать изоляцию.

Вопросы оптимизации работ по поддержанию технического состояния актуальны для всех нефтетранспортных компаний.

Анализ материалов по данной проблеме показывает, что имеется значительный резерв в части использования показателей риска при анализе технического состояния магистральных нефтепроводов и планирования на этой основе ремонтных работ.

Под оптимизацией планирования работ понимается совокупность мер, направленных на снижение затрат, необходимых для обеспечения заданного уровня технического состояния нефтепровода с учетом имеющихся технических, финансово-экономических и организационных ограничений, связанных с выбором объектов для капитального ремонта, времени проведения и методов выполнения ремонтных работ.

Поэтому в рамках задачи совершенствования системы управления диагностикой нефтепроводов необходимо ускорить внедрение практики определения приоритетов капитального ремонта и реконструкции ЛЧМН на основе количественной оценки приемлемого риска. При этом необходимо установить базовые уровни риска, а также обеспечить выбор методов ремонта участков трубопроводов для достижения базового уровня риска с учетом конкретных условий производственно-экономической деятельности.

Эффективность мер по поддержанию надежности системы транспортировки нефти должна оцениваться на основе двух различных подходов.

Первый подход применяется к частям трубопроводных систем, отказ которых приводит к катастрофическим и критическим последствиям. В этом случае эффективность мероприятий определяется из условия минимальной стоимости их реализации при заданном уровне надежности, которая основана на по дереву решений. В этом случае эффективность мероприятий определяется из условия минимальной стоимости их реализации при заданном уровне надежности, которая основана на древовидном поиске решений.

Второй подход применяется к участкам трубопроводных систем, отказ которых приводит к некритическим последствиям. В этом случае

эффективность мероприятий определяется из условия минимума ожидаемых затрат в случае некритических отказов, что основано на последовательной максимизации разницы между предотвращенным ущербом и стоимостью мер безопасности.

#### **Использованные источники:**

- 1 Варфоломеев В.И., Воробьев С.Н. Принятие управленческих решений. М.: Кудиц-образ, 2011 288 с.
- 2 Совершенствование системы обеспечения качества нефтепродуктов при транспортировке трубопроводным транспортом / С. Б. Хотничук [и др.] // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2017. – Том 7. № 5. – С. 88-96.
- 3 Будзуляк Б.В., Разгонюк В.В., Рудник А.А., Усошин В.А. Система управления целостностью магистральных трубопроводов // Газовая промышленность. 2014.- № 4
- 4 Зубарева В.Д., Саркисов А.С., Андреев А.Ф. Проектные риски в нефтегазовой промышленности: Учебное пособие.- М. : «Нефть и газ», 2015.- 236 е., ил.
- 5 Экономико-управленческие аспекты противоаварийных мероприятий и технической диагностики магистральных нефте- и газопроводов /Р.А. Воробьева, В.Ф.Дунаев, М.В. Кротова, О.Н. Соколова - М.:Изд-во «Нефть и газ», 2016.- 36 с.
- 6 Захаров М.Н. Основы теории надежности оборудования.- М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2015
- 7 Захаров М.Н., Лукьянов В.А. Прочность сосудов и трубопроводов с дефектами стенок в нефтегазовых производствах.- М.: Нефть и газ, 2010
- 8 Захаров М.Н., Саркисов А.С, Шварц Т.Г. Методы оценки коммерческой эффективности диагностики технического состояния систем магистральных трубопроводов //Газовая промышленность. - 2016. - № 2.
- 9 Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика.- М. : Дело, 2011.- 8 32 с , ил.