

На правах рукописи

Фаткуллин Николай Юрьевич

**ИНСТРУМЕНТАРИЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПЛАНИРОВАНИЯ
КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА МАГИСТРАЛЬНЫХ
НЕФТЕПРОВОДОВ**

**Специальность 08.00.13 – Математические и инструментальные методы
экономики**

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук**

Уфа-2002

Работа выполнена в Уфимском государственном нефтяном техническом университете


Научный руководитель	доктор экономических наук, профессор Карпов Вячеслав Григорьевич
Официальные оппоненты	доктор экономических наук, профессор Зайнашев Надим Карамович, кандидат физико-математических наук, Кантор Ольга Геннадиевна
Ведущая организация	Институт проблем транспорта энергоресурсов Министерства энергетики Российской Федерации и Академии наук Республики Башкортостан

Защита состоится 20 сентября 2002 г. в 16³⁰ часов на заседании регионального диссертационного совета Д 002.198.01 в Уфимском научном центре Российской академии наук по адресу: 450054, г. Уфа, пр. Октября, 71.

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке Уфимского научного центра РАН.

Автореферат разослан «12» августа 2002 г.

Ученый секретарь регионального
диссертационного совета, д.э.н.



Климова Н.И.

Общая характеристика работы

Актуальность темы диссертационного исследования. Система магистральных нефтепроводов ОАО “АК ”Транснефть”, имеющая общую протяженность 48,5 тыс. км. и обеспечивающая транспортировку 99,5% добываемой в России нефти, на современном этапе функционирования характеризуется очень высокой степенью износа (до 70%). Данная ситуация, обусловленная недостаточным финансированием работ по капитальному ремонту нефтепроводов, ведет к росту числа серьезных отказов и аварий.

Для обеспечения на должном уровне надежности функционирования систем трубопроводного транспорта нефти необходимо решение комплекса задач, среди которых одной из основных является задача оптимизации планирования капитального ремонта нефтепроводов в условиях дефицита средств на его проведение. Совершенствование методов диагностики состояния магистральных нефтепроводов и технологий проведения ремонтных работ, требует в настоящее время и совершенствования существующих, а также разработки новых экономико-математических моделей в данной области. Значимость решения данных задач и определяет актуальность предлагаемого исследования.

Цель и задачи исследования. Целью данной диссертационной работы является разработка новых и совершенствование существующих экономико-математических моделей оптимизации планирования капитального ремонта линейной части магистральных нефтепроводов. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- анализ причин аварийности и существующей практики планирования капитального ремонта линейной части магистральных нефтепроводов;
- исследование существующих методов и экономико-математических моделей в задачах оптимального планирования и распределения ресурсов;
- совершенствование экономико-математических моделей оптимального планирования капитального ремонта линейной части магистральных нефтепроводов современными методами ремонта в условиях дефицитности средств по финансированию ремонтных работ;
- разработка методики решения задачи размещения временных баз при капитальном ремонте магистральных нефтепроводов;
- создание имитационной модели расчета объема финансирования работ по капитальному ремонту и реконструкции трубопроводного транспорта на основе собственных средств организаций трубопроводного транспорта нефти.

Объектом исследования является система магистральных нефтепроводов ОАО “АК ”Транснефть”.

Предмет исследования – организационные и экономические аспекты создания и совершенствование существующих научных разработок по совершенствованию планирования капитального ремонта линейной части магистральных нефтепроводов.

Методология исследования. Поставленные в работе задачи решены с использованием результатов научных трудов отечественных и зарубежных ученых-экономистов по общим вопросам математического моделирования в области экономики. В качестве методической базы исследования использованы методы научного анализа, целочисленного программирования, теории нечетких множеств, имитационного моделирования, методы теории вероятностей и математической статистики.

Результаты исследований получены в рамках работ по выполнению научно-исследовательской темы “Учет риска и неопределенности при планировании капитального ремонта и реконструкции линейной части магистральных трубопроводов АК “Транснефть” на основе данных внутритрубной дефектоскопии” (договор №11-116-95) и научно-исследовательской госбюджетной темы УГНТУ Б-20-97 “Анализ риска и неопределенности при реализации инвестиционных проектов транспорта нефти”.

Наиболее существенные научные результаты, полученные лично соискателем.

1. Усовершенствована экономико-математическая модель формирования оптимального плана капитального ремонта линейной части магистральных нефтепроводов по критерию минимума затрат на проведение ремонтных работ и потерь от снижения давления в нефтепроводе, которая позволяет производить оперативную корректировку плана при изменении объема его финансирования.
2. Предложена методика решения задачи размещения временных баз при выборочном капитальном ремонте нефтепроводов по нескольким критериям (число баз, средняя протяженность пути от базы до ремонтируемых участков и др.).
3. Разработана имитационная модель расчета объема финансирования мероприятий по капитальному ремонту, реконструкции и аварийно-восстановительных работ в нефтепроводном транспорте, учитывающая фактор экономического риска (ущерб от аварии).

Достоверность полученных результатов. В процессе работы над диссертацией изучена и использована специальная экономическая, математическая и техническая литература, современные методики и нормативные документы по планированию и организации ремонтных работ на магистральных нефтепроводах, материалы научных конференций. В качестве

информационной базы использовались данные о производственно-хозяйственной деятельности ОАО “АК “Транснефть”.

Научная новизна результатов диссертационной работы заключается в следующем:

- предложена модифицированная экономико-математическая модель формирования плана капитального ремонта линейной части магистральных нефтепроводов, отличающаяся от существующих моделей учетом весовых коэффициентов надежности применяемых методов ремонта и возможностью сценарного подхода к формированию плана ремонта при изменении объема его финансирования;

- предложена методика решения многокритериальной задачи размещения временных баз при выборочном капитальном ремонте нефтепроводов. В отличие от существующих данная методика на основе алгоритмов теории нечетких множеств позволяет осуществить выбор варианта размещения баз, руководствуясь критериями, носящими как стоимостной, так и нестоимостной (качественный) характер;

- разработана имитационная модель расчета объема финансирования капитального ремонта, реконструкции и аварийно-восстановительных работ трубопроводного транспорта нефти, учитывающая фактор экономического риска (ущерб от аварии). В данной модели предусматривается использование специального накопительного фонда, позволяющего на основе собственных средств организации трубопроводного транспорта осуществлять дополнительное финансирование капитального ремонта и реконструкции магистральных нефтепроводов. Использование предложенной модели позволяет производить оценку разрабатываемых вариантов плана финансирования данных работ.

Практическая значимость работы. Предложенные в работе экономико-математические модели и методические рекомендации могут быть использованы организациями трубопроводного транспорта нефти при планировании ремонтных работ линейной части нефтепроводов, а также в учебном процессе при изучении курсов “Инженерно-экономическое проектирование и моделирование в отраслях ТЭК” студентами специальности 06.08.00.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались на двух международных конференциях, международном симпозиуме, российской конференции с международным участием:

- Четвертой всероссийской школе – коллоквиуме по стохастическим методам (г.Уфа, 1998 г.);

- Международной научно-технической конференции “Проблемы нефтегазового комплекса России” (г.Уфа, 1998 г.);
- Пятой международной научной конференции “Методы кибернетики химико-технологических процессов” (г.Уфа, 1999 г.);
- Второй международный симпозиум “Наука и технология углеводородных дисперсных систем” (г.Уфа, 2000 г.);
- Российской научно-методической конференции с международным участием “Управление экономикой: методы, модели, технологии”, (г.Уфа, 2001 г.).

Публикация результатов работы. По материалам диссертации опубликовано 6 работ общим объемом 9,4 п.л., в том числе автора – 5 п.л.

Объем и структура работы. Работа состоит из введения, трех глав на 152 страницах, заключения, содержит 24 рисунка, 20 таблиц. Список использованных источников содержит 110 наименований.

Содержание работы

Во **введении** обосновывается актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, раскрывается научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

Первая глава “Современное состояние и существующая практика планирования капитального ремонта линейной части магистральных нефтепроводов” посвящена анализу основных факторов аварийности, методов диагностики и капитального ремонта систем трубопроводного транспорта нефти.

Во **второй** главе “Оптимизация планов выборочного капитального ремонта линейной части магистральных нефтепроводов” проведен анализ основных методических подходов по оптимизации планов капитального ремонта систем трубопроводного транспорта нефти.

Совершенствование технологий проведения выборочного капитального ремонта нефтепроводов с одной стороны и существующий хронический недостаток финансовых средств организаций трубопроводного транспорта нефти с другой приводят к необходимости совершенствования и инструментария формирования планов ремонтных работ. Результаты исследований проведенных в первой и второй главе позволили предложить усовершенствованную модель формирования планов ремонтных работ нефтепроводов с возможностью реализации сценарного подхода, исходя из возможной корректировки объема финансирования работ по капитальному ремонту.

В условиях ограниченности сроков и сезонности проведения ремонтных работ важной составляющей планирования капитального ремонта является

решение задачи по размещению временных баз (полевых городков). В работе предложена методика выбора варианта размещения баз по нескольким критериям (число баз, средняя протяженность пути от базы до ремонтируемых участков и др.), позволяющая более адекватно подойти к решению данной задачи.

Третья глава “Применение экономико-математических моделей в решении задач финансового обеспечения мероприятий по повышению надежности систем трубопроводного транспорта нефти” посвящена анализу внутренних источников организаций трубопроводного транспорта нефти по финансированию капитального ремонта, реконструкции и аварийно-восстановительных работ на магистральных нефтепроводах. На основе проведенного анализа предложена методика формирования специального накопительного фонда, позволяющего на основе собственных средств организации производить дополнительное финансирование капитального ремонта и реконструкции магистральных нефтепроводов и разработана имитационная модель расчета объема финансирования данных работ, учитывающая фактор экономического риска – ущерб от аварии.

В **заключении** сформулированы основные результаты проведенного в работе исследования.

Основные результаты диссертационной работы, выносимые на защиту

1. Модифицированная модель формирования плана капитального ремонта линейной части магистральных нефтепроводов

Проблеме капитального ремонта магистральных нефтепроводов посвящено значительное число исследований представителей различных научных школ, в частности, УГНТУ, ИПТЭР, РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина и др. Ими подробно исследованы вопросы планирования и организации капитального ремонта по результатам обследований нефтепроводов классическими методами диагностики (акустические, оптические, радиационные и др.), а в качестве метода ремонта рассматривалась в основном замена протяженных участков нефтепроводов. В конце 90-х годов ряд исследований, посвященных проблемам проведения капитального ремонта, таких авторов как Черняев К.В., Васин Е.С., Лисин Ю.В. и др., проводился и с учетом данных внутритрубной дефектоскопии.

Многoletний опыт эксплуатации системы магистральных нефтепроводов ОАО “АК “Транснефть” позволяет с уверенностью утверждать, что в настоящее время современными средствами внутритрубной дефектоскопии обнаруживается большая часть дефектов линейной части магистральных

нефтепроводов (ЛЧМН): дефекты проката, риски, потеря металла, включения в металл, вмятины и т.д. Основными же причинами отказов и аварий являются, по данным ОАО “АК “Транснефть”, коррозия (36,7%) и расслоения металла (34%).

Для устранения дефектов такого типа необходимо проведение в необходимых объемах капитального ремонта нефтепроводов. Однако, увеличение объемов капитального ремонта линейной части системы трубопроводов на основе стратегии по наработке невозможно в силу дефицитности финансовых ресурсов. Поэтому в ОАО “АК “Транснефть” принято решение о замене практики сплошной замены труб выборочным ремонтом нефтепроводов на основе данных внутритрубной диагностики и других современных технологий и технических средств неразрушающего контроля, т.е. ремонта по состоянию. В то же время из-за отсутствия финансовых средств ежегодно наблюдается отставание объема устраняемых дефектов по сравнению с обнаруженными. На рис.1. дается соотношение объемов обнаруженных и устраненных дефектов на МН ОАО “АК “Транснефть”.

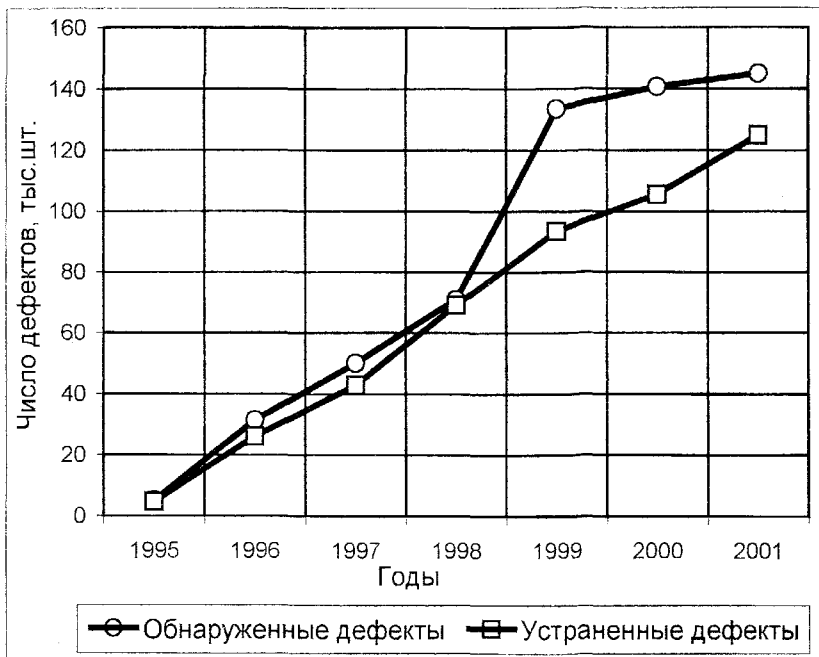


Рис. 1. Соотношение объемов обнаруженных и устраненных дефектов линейной части магистральных нефтепроводов ОАО “АК “Транснефть”

Технология проведения капитального ремонта нефтепроводов подвергается непрерывному совершенствованию. В последние годы появился ряд новых разработок в этой области, прежде всего – композитно-муфтовая технология, муфты “Clock Spring” и др., имеющими отличия как по показателям надежности (долговечности), так и по стоимости. В тоже время в силу различных причин финансирование планового капитального ремонта ЛЧМН в силу различных причин (повышение цен на материалы, выявление дополнительных дефектов, изменения цен на нефть и нефтепродукты, увеличение налоговых отчислений, аварийные ситуации и т.п.) в полном объеме не всегда возможно, вследствие чего возникает необходимость в изыскании дополнительных финансовых средств или же корректировки ранее сформированных планов проведения капитального ремонта ЛЧМН, исходя из реальной ситуации по их финансированию. Актуальность подобной корректировки объясняется невозможностью сдвига сроков проведения капитального ремонта ЛЧМН на участках с выявленными “опасными” дефектами, т.к. с течением времени увеличивается вероятность возникновения аварийных ситуаций.

В данных условиях задача оптимального планирования устранения всех выявленных “опасных” дефектов на данном участке ЛЧМН с учетом показателей надежности по применяемым методам проведения ремонтных работ, потерь тарифной выручки от снижения давления перекачки при ремонте и возможности корректировки плана его финансирования может быть представлена следующей экономико-математической моделью:

Найти минимум взвешенной суммы затрат на проведение ремонтных работ и потерь от снижения давления в нефтепроводе при устранении дефектов нефтепровода:

$$F(\delta_{ij}) = \sum_{l=1}^M \sum_{i=1}^{N_l} \sum_{j=1}^K \beta_{ijl} \cdot (c_{ijl} \delta_{ij} + \Pi_l) \rightarrow \min \quad (1)$$

при ограничениях на объем финансирования ремонтных работ

$$\sum_{l=1}^M \sum_{i=1}^{N_l} \sum_{j=1}^K c_{ijl} \delta_{ij} \leq F_{\text{пл}} \cdot I_{\phi}, \quad (2)$$

единственности выбора метода ремонта для каждого дефекта

$$\sum_{j=1}^K \delta_{ij} = 1, \quad (3)$$

необходимость устранения всех дефектов

$$\sum_{l=1}^M \sum_{i=1}^{N_i} \sum_{j=1}^K \delta_{lij} = N, \quad (4)$$

ограничении в ремонтных материалах и конструкциях

$$\sum_{l=1}^M \sum_{i=1}^{N_i} \sum_{j=1}^K m_{ikljl} \delta_{lij} \leq M_{klj}, \quad (5)$$

сроках проведения ремонтных работ

$$\sum_{l=1}^M \sum_{i=1}^{N_i} \sum_{j=1}^K t_{ijl} \delta_{lij} \leq T, \quad (6)$$

где c_{ijl} – стоимость проведения ремонтных работ по j -му методу для i -го дефекта на l -ом участке нефтепровода, руб.;

β_{ijl} – весовой коэффициент, учитывающий применение j -го метода ремонта для i -го дефекта на l -ом участке нефтепровода;

δ_{lij} – булева переменная:

$\delta_{lij} = 1$, если устранение i -го дефекта возможно j -м методом ремонта;

$\delta_{lij} = 0$, если устранение i -го дефекта невозможно j -м методом ремонта;

Π_l – потеря тарифной выручки на l -ом участке нефтепровода;

$$\Pi_l = \Pi_l(d), \quad (7)$$

$$d = \max_{i,j} (d_{ijl}), \quad (8)$$

d_{ijl} – сниженное давление при проведении ремонтных работ по j -му методу для i -го дефекта на l -ом участке нефтепровода, атм;

M_{klj} – запасы материалов и конструкций k_l -го вида, используемых при j -м методе ремонта, ед.изм.;

m_{ikljl} – потребность материалов и конструкций k_l -го вида при устранении i -го дефекта j -м методом ремонта на l -ом участке нефтепровода, ед.изм.;

t_{ijl} – время, необходимое для устранения i -го дефекта j -м методом ремонта на l -ом участке нефтепровода, ч;

N_l – число опасных дефектов, подлежащих первоочередному устранению на l -ом участке нефтепровода;

N – общее число опасных дефектов, подлежащих первоочередному устранению;

K – число методов ремонта, позволяющих устранить выявленные опасные дефекты;

K_{lj} – число видов материалов и конструкций, используемых при j -ом методе ремонта;

T – плановый срок проведения ремонтных работ по устранению всех выявленных опасных дефектов, ч;

I_{ϕ} – процент финансирования работ по капитальному ремонту нефтепровода;

$l = 1, \dots, L$;

$i = 1, \dots, N$;

$j = 1, \dots, K$;

$k_{ij} = 1, \dots, K_{ij}$.

Данная задача относится к классу задач целочисленного программирования и может быть решена одним из известных методов.

Очевидно, что с точки зрения благоприятности ситуации по финансированию ремонтных работ, объем финансирования может условно оцениваться как пессимистический или оптимистический, поэтому с помощью данной модели возможна разработка реально реализуемых планов проведения капитального ремонта ЛЧМН в соответствии с условиями их финансирования.

Апробирование модели на реальных данных позволило сформировать при различном объеме финансирования ряд вариантов (сценариев) устранения выявленных “опасных” дефектов для одного из участков МН, входящего в состав системы нефтепроводов ОАО “АК “Транснефть”.

2. Методика решения многокритериальной задачи размещения временных баз для проведения выборочного капитального ремонта нефтепроводов

При выборочном капитальном ремонте нефтепроводов нередко возникают ситуации, когда ремонтируемые участки находятся на значительном удалении друг от друга или же ближайшие участки оказываются разделенными водными преградами, труднопроходимыми болотами и т.п., что весьма осложняет проведение ремонтных работ.

Характер дефектов и повреждений определяет потребность в тех или иных ремонтных материалах и оборудовании, которые подлежат доставке к местам проведения ремонта. Однако, размещение материалов непосредственно на ремонтных участках, как правило, нецелесообразно по следующим причинам: невозможность одновременного проведения ремонта на всех участках; необходимость обеспечения сохранности материалов и оборудования; некоторые виды материалов и оборудования требуют определенных условий хранения и т.п. Кроме того, сложные климатические условия, особенно присущие северным районам России, приводят к необходимости создания жилых городков (домов обогрева и т.п.), а иногда и вертолетных площадок. Отсюда следует необходимость организации временных баз (ВБ), включающих в себя функции складирования материалов и

их охраны, жилых городков и т.п. Очевидно, что решение задачи определения количества ВБ и мест их расположения является одной из важных составляющих всего процесса планирования ремонтных работ нефтепроводов.

При решении подобной задачи организация, проводящая ремонт, руководствуется несколькими критериями. С одной стороны у организации существует стремление уменьшить количество ВБ, снизив тем самым затраты на их создание, однако, с другой стороны, при снижении числа баз увеличиваются транспортные затраты. Кроме того, необходимо выделить критерии, не относящиеся к категории стоимостных: качество и количество подъездных путей, наличие коммуникаций, близость к населенным пунктам и промышленным объектам различного типа и т.п. Дополнительный критерий, характеризующий близость баз к населенным пунктам, может быть обоснован следующими соображениями: на временных базах, как на любом хозяйственном объекте не исключена возможность наступления особых событий – пожара, хищения, несчастного случая и т.п., поэтому в условиях удаленности и некоторой изолированности от населенных пунктов возможность своевременной ликвидации экстренной ситуации играет особую роль. Данное условие достаточно сложно выразить в виде стоимостной зависимости как в силу наличия фактора случайности, так и в силу того, что в отличие от материальных потерь, людские потери не поддаются какой-либо стоимостной оценке.

Таким образом, можно сделать вывод, что последствия принятия решения не могут быть объективно и адекватно описаны только одним стоимостным критерием, поэтому при решении данной задачи должны быть применены процедуры решения при многих критериях. В рассматриваемой задаче в качестве критериев выбраны: число баз, протяженность пути от базы до ремонтируемого участка, близость населенных пунктов.

При решении поставленной задачи для руководства организации интуитивно ясно, что необходимо осуществить такой выбор варианта размещения, при котором бы максимально реализовывались выбранные цели: “малое число баз”, “малая средняя протяженность пути от временной базы до ремонтируемого участка нефтепровода”, “малая средняя протяженность пути от временной базы до ближайшего населенного пункта”. Решение задачи осложняется тем, что представляется неясным, что следует относить к данным понятиям, определяющим, по сути нечеткие множества. Поэтому при решении данной задачи в работе были использованы алгоритмы теории нечетких (расплывчатых) множеств.

В дальнейшем на основе мнений экспертов были построены функции принадлежности μ_i ($i=1,2,3$) данным нечетким множествам (табл. I).

Таблица нечетких множеств

Нечеткое множество	Функция принадлежности
<p>А – “малое число временных баз”</p> <p>$A = \{s; \mu_1(s)\}$</p>	$\mu_1(\bar{\rho}_1(s)) = \begin{cases} \frac{s_{\max} - s}{s_{\max} - s_{\min}}, & s \in [s_{\min}; s_{\max}] \\ 0, & s \notin [s_{\min}; s_{\max}] \end{cases}$ <p>где</p> $s_{\max} = \max(s),$ $s_{\min} = \min(s).$
<p>В – “малая средняя протяженность пути $\bar{\rho}_1(s)$ от временной базы до ремонтируемого участка нефтепровода”</p> <p>$B = \{\bar{\rho}_1(s); \mu_2(\bar{\rho}_1(s))\}$</p>	$\mu_2(\bar{\rho}_1(s)) = \begin{cases} \frac{\bar{\rho}_{1\max} - \bar{\rho}_1(s)}{\bar{\rho}_{1\max} - \bar{\rho}_{1\min}}, & \rho_1(s) \in [\bar{\rho}_{1\min}; \bar{\rho}_{1\max}] \\ 0, & \rho_1(s) \notin [\bar{\rho}_{1\min}; \bar{\rho}_{1\max}] \end{cases}$ <p>где</p> $\bar{\rho}_{1\max} = \max_s \bar{\rho}_1(s),$ $\bar{\rho}_{1\min} = \min_s \bar{\rho}_1(s).$
<p>С – “малая средняя протяженность пути $\bar{\rho}_2(s)$ от временной базы до ближайшего населенного пункта”</p> <p>$C = \{\bar{\rho}_2(s); \mu_3(\bar{\rho}_2(s))\}$</p>	$\mu_3(\bar{\rho}_2(s)) = \begin{cases} \frac{\bar{\rho}_{2\max} - \bar{\rho}_2(s)}{\bar{\rho}_{2\max} - \bar{\rho}_{2\min}}, & \rho_2(s) \in [\bar{\rho}_{2\min}; \bar{\rho}_{2\max}] \\ 0, & \rho_2(s) \notin [\bar{\rho}_{2\min}; \bar{\rho}_{2\max}] \end{cases}$ <p>где</p> $\bar{\rho}_{2\max} = \max_s \bar{\rho}_2(s),$ $\bar{\rho}_{2\min} = \min_s \bar{\rho}_2(s).$

где s – число временных баз, шт.;

$\bar{\rho}_1(s)$ – средняя протяженность пути от временной базы до ремонтируемого участка нефтепровода, км.;

$\bar{\rho}_2(s)$ – средняя протяженность пути от временной базы до ближайшего населенного пункта, км.

Свертка частных критериев в один общий осуществлялась по формуле

$$\mu = \sqrt[3]{\mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \mu_3}.$$

Согласно теории нечетких множеств, максимальному значению μ соответствует наилучший при выделенных критериях вариант размещения баз.

Отметим, что данная формула свертки предъявляет достаточно жесткие требования к значениям частичных критериев по отдельным вариантам, т.к.

вариант, не удовлетворяющий хотя бы одному из критериев, должен быть исключен из рассмотрения. В ситуации же, когда решение принимается на основании достаточно большого числа критериев, может представляться рациональным использование обобщенного критерия иного вида, например, аддитивного.

Таким образом, предлагаемая методика решения задачи о размещении временных баз для проведения капитального ремонта нефтепроводов позволяет осуществить выбор варианта размещения, являющегося наилучшим в смысле выбранных критериев, что позволит, на наш взгляд, более адекватно подойти к решению подобных задач в практической деятельности организаций нефтепроводного транспорта.

Предлагаемая методика апробирована на реальных данных (табл.2), при этом число баз изменялось в диапазоне от 1 до 15, а средняя протяженность пути от базы до ремонтируемого участка, соответственно – от 10 до 250 км.

Таблица 2

Таблица результатов расчета числа временных ремонтных баз

Число баз, шт.	Средняя протяженность пути от базы до ремонтируемого участка, км	Средняя протяженность пути от базы до населенного пункта, км	Функция принадлежности μ_1	Функция принадлежности μ_2	Функция принадлежности μ_3	Обобщенный критерий μ
1	250	5	1,000	0,000	1,000	0,000
2	210	7	0,929	0,167	0,980	0,533
3	190	10	0,857	0,250	0,950	0,588
4	176	19	0,786	0,308	0,860	0,593
5	145	17	0,714	0,438	0,880	0,650
6	132	34	0,643	0,492	0,710	0,608
7	112	45	0,571	0,575	0,600	0,582
8	98	42	0,500	0,633	0,630	0,584
9	74	55	0,429	0,733	0,500	0,540
10	68	63	0,357	0,758	0,420	0,485
11	56	78	0,286	0,808	0,270	0,397
12	45	89	0,214	0,854	0,160	0,308
13	34	92	0,143	0,900	0,130	0,256
14	18	101	0,071	0,967	0,040	0,140
15	10	105	0,000	1,000	0,000	0,000

Согласно алгоритмам теории нечетких множеств наилучшим вариантом решения поставленной задачи с учетом всех выбранных критериев в данном случае можно считать развертывание 5 баз.

Другим не менее важным вопросом в совершенствовании планирования капитального ремонта магистральных нефтепроводов является задача по изысканию дополнительных резервов по его финансированию.

3. Разработка имитационной модели расчета объема финансирования капитального ремонта, реконструкции и аварийно-восстановительных работ в трубопроводном транспорте нефти

Собственные средства предприятий, направляемые на капитальный ремонт, реконструкцию и аварийно-восстановительные работы в условиях рыночной экономики, с одной стороны, должны быть надежно защищены от таких неблагоприятных факторов, как инфляционные процессы, а с другой стороны, должны быть достаточными для решения вопросов по обеспечению надежного функционирования трубопроводного транспорта нефти.

В связи с этим предложен метод формирования совокупного "погасительного" (накопительного) фонда для проведения плановых и аварийных ремонтно-восстановительных работ на нефтепроводах на основе последовательных взносов на депозитные банковские вклады, при условии начисления по ним сложных процентов. Таким образом, предлагается формировать специальный фонд (ПФ), состоящий из трех основных частей – ремонтного фонда (ПФ_{кр}), фонда реконструкции и технического перевооружения (ПФ_{рек}) и страхового фонда на случаи аварийных ситуаций (ПФ_{ав}):

$$\text{ПФ} = \text{ПФ}_{\text{кр}} + \text{ПФ}_{\text{рек}} + \text{ПФ}_{\text{ав}}, \quad (9)$$

где

$$\text{ПФ}_{\text{кр}} = \sum_{j=1}^n R_{\text{кр}j} \cdot (1+i)^j, \quad (10)$$

$$\text{ПФ}_{\text{рек}} = \sum_{j=1}^n \left(R_{\text{рек}j}^{(\text{ам})} + R_{\text{рек}j}^{(\text{чп})} \right) \cdot (1+i)^j, \quad (11)$$

$$\text{ПФ}_{\text{ав}} = \left(\sum_{h=1}^5 P_h \cdot Y_h - \sum_{h=1}^5 S_h \right) \cdot \sum_{j=1}^n \xi_j \cdot (1+i)^j, \quad (12)$$

$R_{\text{кр}j}$ – ежемесячные отчисления на капитальный ремонт, руб.;

$R_{\text{рек}j}^{(\text{ам})}$ – ежемесячные отчисления на реконструкцию из амортизационных средств, руб.;

$R_{\text{рек}j}^{(\text{чп})}$ – ежемесячные отчисления на реконструкцию из чистой прибыли, руб.;

i – процентная ставка, %;

P_n - вероятность возникновения факторов, определяющих параметры ожидаемого ущерба при эксплуатации нефтепровода;

Y_n - виды ущербов в результате аварии;

Y_1 - ущерб от повреждения оборудования, коммуникаций и др., руб.;

Y_2 - ущерб от потерь транспортируемых нефтепродуктов, руб.;

Y_3 - ущерб от нарушения договорных отношений с потребителями и поставщиками, руб.;

Y_4 - экологический ущерб, руб.;

Y_5 - уплата штрафов в связи с нарушениями законодательных и нормативных требований, руб.;

S_n - страховые компенсации, руб.;

ξ_j - весовой коэффициент выплат в j -м месяце;

j - номер месяца в период накопления.

Отметим, что в соответствии с Федеральным законом "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" предприятия, эксплуатирующие опасные производственные объекты, обязаны страховать ответственность за причинение вреда жизни, здоровью и имуществу других лиц и окружающей среде в случае аварии на опасном производственном объекте, в частности на магистральных нефтепроводах.

В условиях недостаточности объема финансирования работ по плановому капитальному ремонту и по ликвидации последствий аварийных ситуаций возможно использование целевых кредитов банков. Для выплаты кредита, обеспечивающего своевременное финансирование ремонтных и аварийных работ, в части, не покрываемой амортизацией и процентами по нему, предлагается рассчитывать "погасительный" фонд с учетом начисления процентов по взносам и процентов за долг по полученному кредиту.

В дальнейшем, с учетом случайного характера возникновения аварийной ситуации на магистральных нефтепроводах в течение года, представляется рациональным при анализе деятельности организации нефтепроводного транспорта использовать метод имитационного моделирования - метод статистических испытаний, который позволяет построить экономико-математическую модель проекта финансирования мероприятий по капитальному ремонту, реконструкции и аварийно-восстановительных работ с учетом фактора аварийности. Метод статистических испытаний заключается, в данном случае, в численной реализации разворачивающегося во времени (плановый период) процесса функционирования предприятия и накопления статистической информации для последующего анализа. Блок-схема экономико-математической модели расчета объемов финансирования за год с учетом фактора аварийности представлена на рис.2.

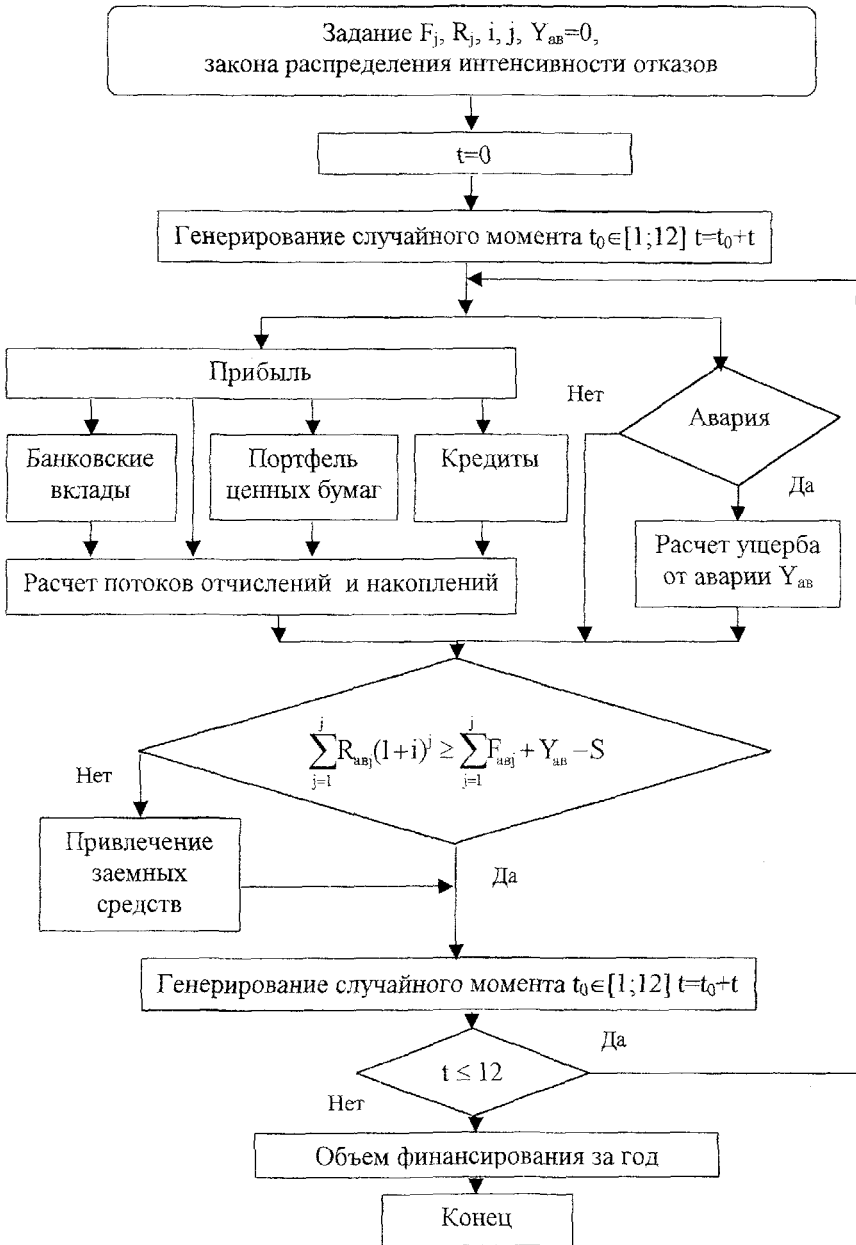


Рис.2. Блок-схема имитационной модели расчета объема финансирования организации за год на основе метода статистических испытаний

Результаты проведенных рядом авторов статистического анализа аварийности показывают, что интенсивность отказов линейной части МН изменяется во времени в зависимости от этапа эксплуатации. С точки зрения срока эксплуатации МН принято выделять три временных участка: участок приработки или период ранних отказов, причиной которых обычно служит брак при производстве строительно-монтажных работ; участок нормальной эксплуатации, характеризующийся наименьшим количеством отказов; участок износных отказов, главным образом вследствие потерь металла. Поэтому при использовании данной имитационной модели необходимо первоначально произвести разбиение участков МН, находящихся в управлении конкретной организации трубопроводного транспорта на три возрастные группы и моделирование производить раздельно по каждой из групп.

Апробация разработанной имитационной модели была произведена на основе показателей хозяйственной деятельности одной из дочерних организаций трубопроводного транспорта нефти ОАО "АК"Транснефть", большая часть нефтепроводов которой (более 80%) относится к третьей возрастной группе. В таблице 3 представлены результаты имитационного моделирования формирования финансовых ресурсов организации при условии начисления от 3% до 20% по средствам "погасительного" фонда и при условии отказа организации от его формирования.

Таблица 3

Таблица результатов имитационного моделирования

	Проценты по "погасительному" фонду					
	0%	3%	5%	10%	15%	20%
Среднее ожидаемое значение объемов финансирования за год, млн. руб.	-2,15	21,70	34,67	66,80	99,42	132,86
Минимальное значение объемов финансирования за год, млн. руб.	-64,08	-9,17	9,99	49,03	85,35	121,19
Максимальное значение объемов финансирования за год, млн. руб.	5,00	23,33	35,71	67,28	99,72	133,06
Стандартное отклонение	8,57	2,93	2,18	1,24	0,96	0,64
Дисперсия	73,40	8,57	4,74	1,54	0,93	0,42

Итоги моделирования для данной конкретной организации подтверждают высказанные в работе предположения о том, что с увеличением процентов по отчислениям в “погасительный” фонд должна прослеживаться тенденция к росту объемов финансовых ресурсов при одновременном снижении риска их достижения. Статистический анализ результатов моделирования также подтвердил предположение, что создание “погасительного” фонда позволяет снизить неблагоприятные воздействия случайных факторов – аварий на хозяйственную деятельность организации, и что именно внедрение в практику деятельности организаций нефтепроводного транспорта “погасительного” фонда, позволяет не только производить ее “самострахование” в текущем плановом периоде, но и создавать резервы на перспективу, обеспечивающие более устойчивое в финансовом отношении функционирование организации.

Использование данной модели организацией трубопроводного транспорта в качестве инструментария оценки формируемых планов финансирования работ по капитальному ремонту, реконструкции и аварийно-восстановительных работ позволит, на наш взгляд, более обоснованно производить выбор наилучшего варианта.

Заключение

1. В результате исследования проблем, связанных с формированием планов выборочного капитального ремонта магистральных нефтепроводов установлено, что совершенствование методов контроля за состоянием нефтепроводов, технологий проведения ремонтных работ и существующая хроническая недостаточность финансовых средств требуют в настоящее время и совершенствования инструментария по формированию планов капитального ремонта.

В связи с этим, в работе предложена модифицированная экономико-математическая модель формирования оптимального плана выборочного капитального ремонта линейной части магистральных нефтепроводов по критерию минимума взвешенной суммы затрат на проведение ремонтных работ и потерь от снижения давления в нефтепроводе. В данной модели, в отличие от существующих, предусмотрено использование весовых коэффициентов надежности применяемых методов ремонта и возможности реализации сценарного подхода к формированию плана ремонта при изменении объема его финансирования.

2. При проведении капитального ремонта нефтепроводов, когда ремонтируемые участки, как правило, находятся на значительном удалении друг от друга, одной из важных задач планирования ремонтных работ на нефтепроводах является задача определения количества временных баз (полевых городков) и мест их расположения. При решении подобной задачи организация, проводящая ремонт, должна учитывать тот факт, что последствия принятия решения не могут быть объективно и адекватно описаны только одним стоимостным критерием. Поэтому при решении данной задачи должны быть применены процедуры принятия решения по нескольким критериям (число баз, средняя протяженность пути от базы до ремонтируемых участков и др.).

Предложенная в работе методика решения задачи о размещении временных баз на основе алгоритмов теории нечетких множеств позволяет осуществить выбор варианта размещения, являющегося наилучшим по выбранным критериям. Данная методика позволяет более адекватно подходить к решению подобных задач в практической деятельности организаций трубопроводного транспорта нефти.

3. Предложена схема формирования “погасительного” (накопительного) фонда, предназначенного для финансирования работ по капитальному ремонту, реконструкции и аварийно-восстановительных работ на магистральных нефтепроводах. Данный фонд, при существующем дефиците финансовых средств на проведение капитального ремонта и реконструкции магистральных нефтепроводов, позволяет на основе собственных средств организации трубопроводного транспорта производить дополнительное финансирование данных видов работ.

4. Разработана имитационная модель расчета объема финансирования капитального ремонта, реконструкции и аварийно-восстановительных работ трубопроводного транспорта нефти, учитывающая возможность формирования “погасительного” фонда и возможные ущербы от аварии на нефтепроводах. Произведена апробация модели на реальных данных. Полученные результаты моделирования свидетельствуют о том факте, что в условиях вероятных аварий на магистральных нефтепроводах, при отказе организации от формирования фонда ожидаемый (планируемый), объем финансирования ее деятельности явно недостаточен для выполнения намеченных задач, т.к. соответственно велик риск убытков. В данной ситуации организация, не имеющая подобного фонда, в значительной степени оказывается зависящей от воздействия внешних факторов и не может достаточно уверенно планировать результаты своей работы. С другой стороны, организация формирующая “погасительный” фонд,

менее восприимчива к подобным воздействиям и, следовательно, более устойчива в своей финансовой деятельности.

Таким образом, разработанная имитационная модель является инструментарием организаций трубопроводного транспорта нефти в оценке различных вариантов плана финансирования капитального ремонта, реконструкции и аварийно-восстановительных работ.

5. Предложенные в работе оптимизационные модели применяются в ООО “Лукойл-Уралнефтепродукт” при планировании работ по капитальному ремонту нефтепроводов, что подтверждается справкой о внедрении № 1573/100 от 30.07.2002 г.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах общим объемом 9,4 п.л., в том числе автора – 5 п.л.:

1. Карпов В.Г., Фаткуллин Н.Ю. Анализ риска в принятии инвестиционных решений. // Тез. докл. Четвертой всероссийской школы-коллоквиума по стохастическим методам. – Уфа, 1998. – С. 35-36.

2. Галлямов А.А., Жданова Т.Г., Фаткуллин Н.Ю. и др. К задаче выбора оптимальной стратегии ремонта трубопроводов // Тез. докл. Пятой международной научной конференции “Методы кибернетики химико-технологических процессов”. – Уфа, 1999. – С. 30-31.

3. Фаткуллин Н.Ю., Сулейманов И.Н., Галлямов А.А. Рационализация размещения временных ремонтных баз при капитальном ремонте трубопроводов // Материалы Второго Международного симпозиума “Наука и технология углеводородных дисперсных систем”. Научные труды, том I – Уфа: Изд-во “Реактив”, 2000. – С. 265-266.

4. Фаткуллин Н.Ю., Сулейманов И.Н., Жданова Т.Г. Оптимизация планов распределения средств при выборочном капитальном ремонте трубопроводов // Материалы Второго Международного симпозиума “Наука и технология углеводородных дисперсных систем”. Научные труды, том I – Уфа: Изд-во “Реактив”, 2000. – С. 266-267.

5. Карпов В.Г., Галлямов А.А., Фаткуллин Н.Ю. Оптимизация планов капитального ремонта магистральных нефтепроводов методами динамического программирования // Российская научно-методическая конференция с международным участием “Управление экономикой: методы, модели, технологии”. Сборник научных трудов: в 3-х ч. Ч.2. Уфа: УГАТУ, 2001. С. 181-185.

6. Галлямов А.К., Карпов В.Г., Фаткуллин Н.Ю. и др. Экономико-математическое моделирование при планировании капитального ремонта магистральных нефтепроводов. – Уфа, 2001. – 137 с.

7. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ Российского агентства по правовой охране программ для ЭВМ, баз данных и топологий интегральных микросхем, № 960487. Программный комплекс оценки инвестиционных проектов с учетом риска и неопределенности ("Investment Risk") / Карпов В.Г., Крайнова Э.А., Фаткулшин Н.Ю. и др.