

УДК 330.34.1 : 666.656

В. С. СЕДАК, канд. техн. наук

Н. Я. РЫБНИКОВ, канд. техн. наук, генеральный директор ООО СМ «Комплекс»

Н. Д. КАСЛИН, канд. техн. наук

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет,

МЕТОДИКА АНАЛИЗА АВАРИЙНЫХ РИСКОВ И ПРОГНОЗА ОТКАЗОВ РЕГИОНАЛЬНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ (РРСГ)



Анализируются объективные и субъективные факторы обеспечения безопасности системы газоснабжения и методы повышения ее надежности. Предложен алгоритм расчета аварийного риска распределительных газопроводов для обеспечения повышения их надежности и снижения отказов. Разработано «дерево» отказов для подземных газопроводов.

Аналізуються об'єктивні і суб'єктивні чинники забезпечення безпеки системи газопостачання і методи підвищення її надійності. Запропонований алгоритм розрахунку аварійної ризи розподільних газопроводів для забезпечення підвищення їх надійності і зниження відмов. Розроблено «дерево» відмов для підземних газопроводів.

Введение

Качество жизни населения непременно зависит от эффективной работы различных предприятий, в том числе и предприятий газовой отрасли. Предприятиям по газоснабжению населения и газификации регионов необходимо постоянно работать над усовершенствованием своей структуры и системы надзора, потому что общее состояние газовых сетей уже значительно отличается от запроектированного и как следствие, при случайном характере газопотребления, влечет изменения технических параметров участков газопроводов во времени и пространстве. Все это приводит к снижению надежности существующих газопроводов, нарушает бесперебойное газоснабжение потребителей и в условиях дефицита газа не позволяет решить задачу его рационального распределения.

Сегодня газораспределительные системы городов и населенных пунктов Украины по показателям надежности и безопасности в условиях длительного срока эксплуатации – находятся далеко не на должном уровне.

Трагический опыт возникновения, развития и устранения аварий на газопроводах, не только на территории Украины, но и стран СНГ показывает масштабность катастроф с человеческими жертвами.

Газораспределительные системы Украины начали строиться в первой половине прошлого века. Большее число газопроводов уже исчерпало свой нормативный срок – заданный проектный ресурс эксплуатации (30–40 лет).

Только в г. Харькове по состоянию на 01.01 2010 г. по срокам эксплуатации приведенной в таблице 1 общий износ газопроводов составляет 75 %.

Основная часть

В результате проведения технического обследования и паспортизации газопроводов по состоянию на 01.01 2010 г. (рис. 3) прошли техническое обследование 3928,049 км газопроводов (в т. ч. повторно 1797,768 км), из них:

- подлежат капитальному ремонту в первую очередь – 81,303 км.
- в удовлетворительном состоянии – 3846,746 км газопроводов – без повторных обследований - 2048,978 км;



Рис. 1 Взрывы газа в городах Украины

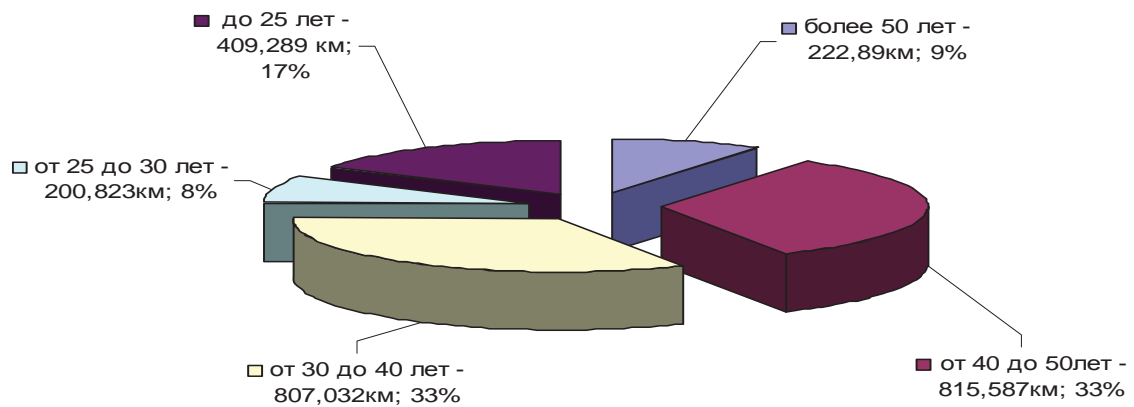


Рис. 2. Сроки эксплуатации газопроводов г. Харькова

Таблица 1
Срок службы газопроводов в г. Харьков на 01.01 2010 г.

больше 50 лет	222,890 км.	9 %
от 40 до 50лет	815,587 км.	33 %
от 30 до 40 лет	807,032 км.	33 %
от 25 до 30 лет	200,823 км.	8 %
до 25 лет	409,289 км.	17 %
Вместе	2455,621 км.	100%

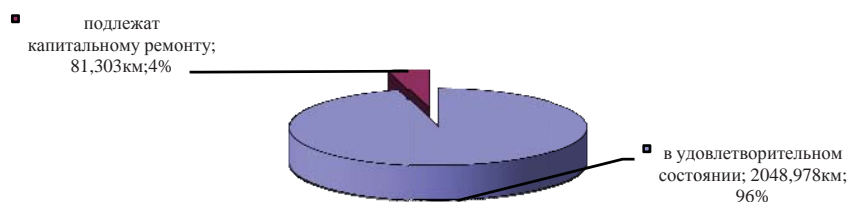


Рис. 3 Результаты технического обследования газопроводов.

Интенсивный износ газопроводов связан с естественным физическим старением изоляционного покрытия и металла газопровода, средств электрохимзащиты; наличием опасного влияния блуждающих токов от разветвленной городской рельсовой трамвайной сети, метрополитена и железной дороги.

Эксплуатация систем газоснабжения, как любого опасного производственного объекта, так или иначе, сопровождается рядом инцидентов, которые в отдельных случаях приводят к аварийным ситуациям, и системы газораспределения не являются в этом смысле исключением.

Оценка опасности этих объектов необходима и при переходе к управлению промышленной безопасностью по критериям приемлемого риска, тем более учитывая законодательные требования «постоянно осуществлять прогнозирование достоверности возникновения аварий и катастроф» на каждом опасном производственном объекте систем газоснабжения.

Для определения состояния газовых сетей нами был проведен анализ аварийного риска с помощью разработанного алгоритма (рис. 4). В зависимости от того, какой период жизненного цикла объекта повышенной опасности (ОПО) рассматривается - степень глубины и детализация аварийного риска будут разными. Самые полные исследования аварийного риска возможны по эксплуатируемому или ликвидируемому ОПО, когда объем необходимой исходной информации и детальность анализа ограничиваются лишь субъективными факторами. Соответственно менее полные исследования характерны для проектируемых ОПО. В то же время, для проектируемого ОПО анализ аварийного риска более эффективен из-за возможности еще на начальном этапе избежать его опасного соседства и взаимодействия с элементами окружающей среды.

Обычно вся процедура анализа имеет четыре самостоятельных, но взаимосвязанных этапа:

На первом этапе (рис. 4) обнаруживают основные потенциальные опасности, свойственные ОПО, то есть производится оценка аварийных ситуаций.

На втором этапе проводят анализ и дают количественную оценку возможных последствий от прогнозируемых аварий.

Третий этап – это анализ аварийных событий; он заключается в определении их интенсивности и вероятности (частотный анализ).

На четвертом этапе данные об ожидаемых убытках и потерях от отдельных аварий совмещают с данными о возможной интенсивности и вероятности аварий и рассчитывают величину прогнозируемого аварийного риска.

После каждого из перечисленных этапов проводят анализ полученных данных, и при их неприемлемости разрабатывают и реализуют корректирующие влияния на ОПО с целью уменьшить степень его опасности. Таким образом, управление процессом уменьшения аварийного риска имеет перманентный характер. После реализации тех или других влияний опять анализируются блоки 1–4 и так до тех пор, пока не будет достигнуто приемлемое значение прогнозируемого риска.

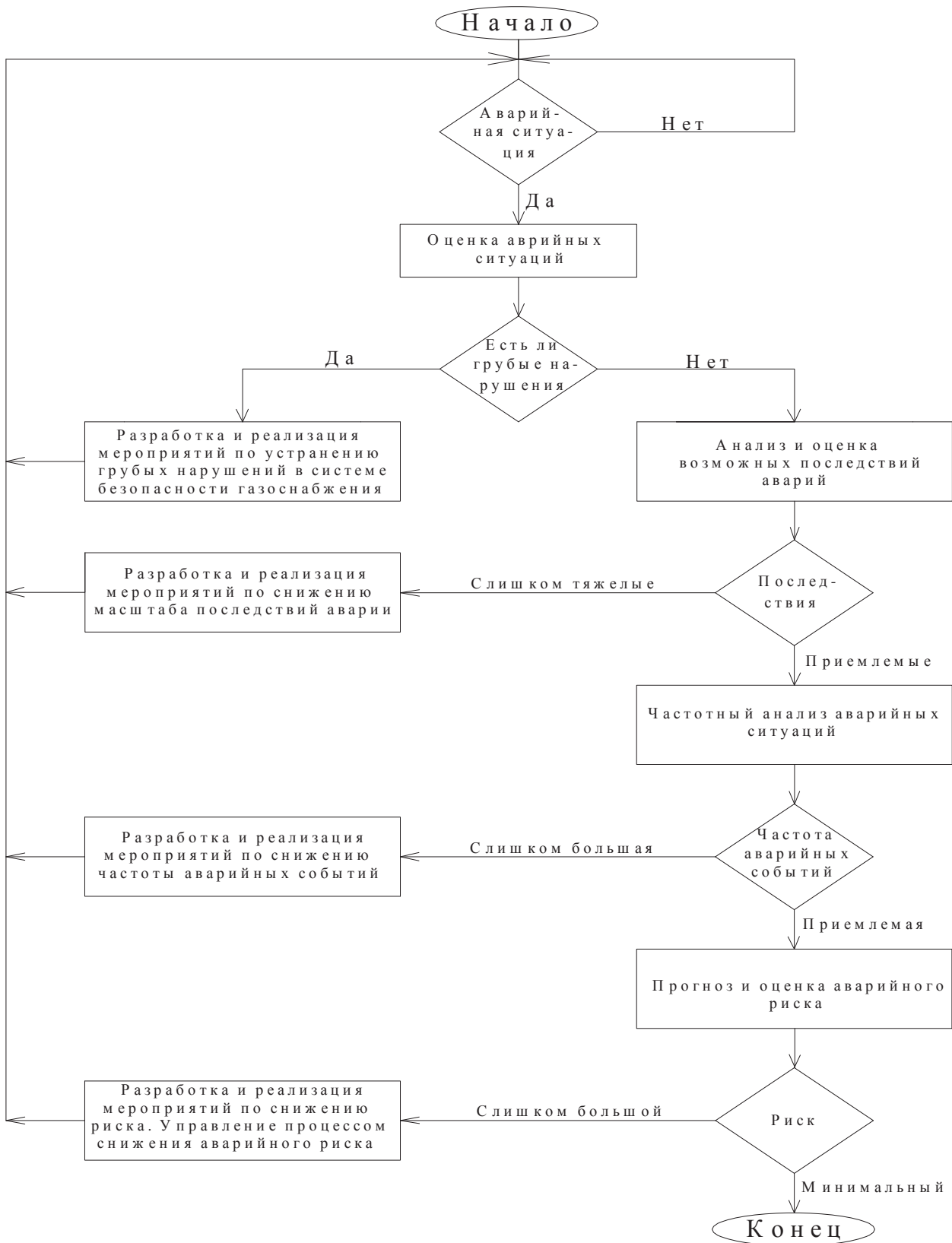


Рис. 4. Алгоритм риска аварий газораспределительных газопроводов

В рамках одного полного цикла анализа процесса для газораспределительных систем (ОПО) не имеет принципиального значения последовательность этапов 2 и 3, то есть после предыдущего анализа опасностей можно сначала оценить частоту аварийных событий, а следовательно моделировать сами аварийные события. Однако, прогноз аварийного риска без прохождения первых трех этапов является принципиально невозможным.

Перед исследователем аварийного риска неминуемо возникает вопрос о рациональном построении работы по необходимому минимуму информации или имеющихся результатов, без которых невозможно перейти от одного этапа к другому. Поэтому работу необходимо планировать в определенной последовательности (см. табл. 2).

Таблица 2

Планирование работы при риске аварии

Шаг №	Пошаговая последовательность действий	Соответствие общей схеме анализа аварийного риска
1	2	3
1	Определение, уточнение факторов и проблем, которые обусловили необходимость проведения анализа риска. Определение целей и заданий анализа риска. Выбор методологии анализа риска.	Предыдущий анализ опасностей
2	Сбор и обработка информационных материалов из технологической специфики ОПО, состояние материально-технической базы, систем управления и защиты объекта, социального и естественного окружения (включая картографическую основу)	
3	Идентификация источников опасностей и классификация нежелательных событий, способных привести к аварийным ситуациям, быстротекущим выделениям энергии и нерегламентированным выбросам опасных веществ.	
4	Обоснование характерных сценариев аварий.	
5	Оценка частоты возникновения опасных событий для каждого из обнаруженных источников опасности.	Количественный анализ
6	Математическое моделирование характерных процессов аварийных выбросов опасных веществ, а также газодинамических и тепло-массообменных процессов, которые определяют распространение поражающих факторов аварий в окружающей среде для всего комплекса взятых к рассмотрению сценариев развития аварий.	Анализ и оценка вероятных последствий аварий
7	Оценка возможных убытков от аварий по каждому из сценариев.	
8	Определение для каждого из обнаруженных реципиентов (групп риска) функциональных связей между уровнем негативного влияния от конкретного специфического источника опасности и вероятностью поражения.	
9	Построение локальных полей потенциального риска (изолиний равновероятного поражения) вокруг каждого из источников опасности, а также интегрального поля потенциального риска (для ОПО в целом).	
10	Расчет показателей риска для разных реципиентов с учетом их конкретного количественного и временного распределения на территории, а также адекватности их действий и/или эффективности штатных систем защиты при чрезвычайных ситуациях.	Прогноз и оценка аварийного риска

Продолжение таблицы 2		
11	Исследование влияния разных факторов на территориально-временное распределение показателей риска вокруг каждого из источников потенциальной опасности и по ОПО в целом.	
12	Определение перечня опаснейших участков ОПО.	
13	Сравнение рисков разной природы и обоснования приемлемого уровня риска для ОПО.	
14	Обобщение оценок риска.	
15	Разработка перечня необходимых мер.	По итогам прогноза и оценки аварийного риска

Анализ аварийного риска начинается с экспертной оценки условий и механизмов возникновения аварий на конкретных составляющих газотранспортного ОПО, а также формирование общего представления о приоритетности тех или других мероприятий по повышению надежности ОПО. Поэтому, в распоряжении эксперта должны находиться информационные материалы об авариях, которые происходили как на самом ОПО, так и на аналогичных объектах, эксплуатируемых в подобных условиях. Важной также является информация обо всех условиях эксплуатации анализируемого объекта.

Сегодня чаще всего для достижения отмеченных целей используют метод дерева отказов. Этот метод основан на обратной логике, широко используемой при проведении различных расследований, когда сначала известен лишь конечный результат и нужно определить все причины и обстоятельства события. Построение дерева отказов начинается с формулировки нежелательного события об отказе системы. Таким является событие, которое предопределяет нарушение функционирования системы в рассмотренном интервале времени при заданных условиях, безотносительно к любому моменту времени. К вершине «дерева» должны сходиться все ветки, события которых взаимозависимые или являются причиной верхнего нежелательного события в ситуации логического взаимодействия первичных событий. Последующее движение к низу от верхнего нежелательного события выполняется с помощью логических функций (И, ИЛИ и др.), которые формируют причинно-следственные цепочки событий вплоть до основы «дерева».

Как видим, на вершине «дерева» (рис. 5) имеются всего два независимых условия для разрушения газопровода – достижение сквозным дефектом в теле трубы критического размера или сквозное механическое повреждение элементов распределительных газопроводов. В то же время, движение к основе дерева раскрывает значительно больше количества первопричин и начальных условий аварии, главным образом естественного характера. Это объясняется прямым, сплошным и очень тесным контактом распределительного газопровода (РГ) с природной средой. Строительство распределительных газопроводов часто происходит без достаточных инженерно-экологических исследований, и при финансовых ограничениях на природоохранные мероприятия. Вследствие этого в подобных геотехногенных системах активизируются взаимно разрушительные процессы, которые оказывают непосредственное действие на конструктивную надежность их антропогенной составляющей. Положение ухудшается тем, что в последние годы в Украине наблюдается активизация опасных природных явлений и процессов (сдвиги, оседания почв, наводнения и т. п.), много из которых предопределено непродуманным характером природопользования.

Таким образом, РГ характеризуются высокой уязвимостью от агрессивных влияний естественной среды в сравнении с другими технологическими объектами.

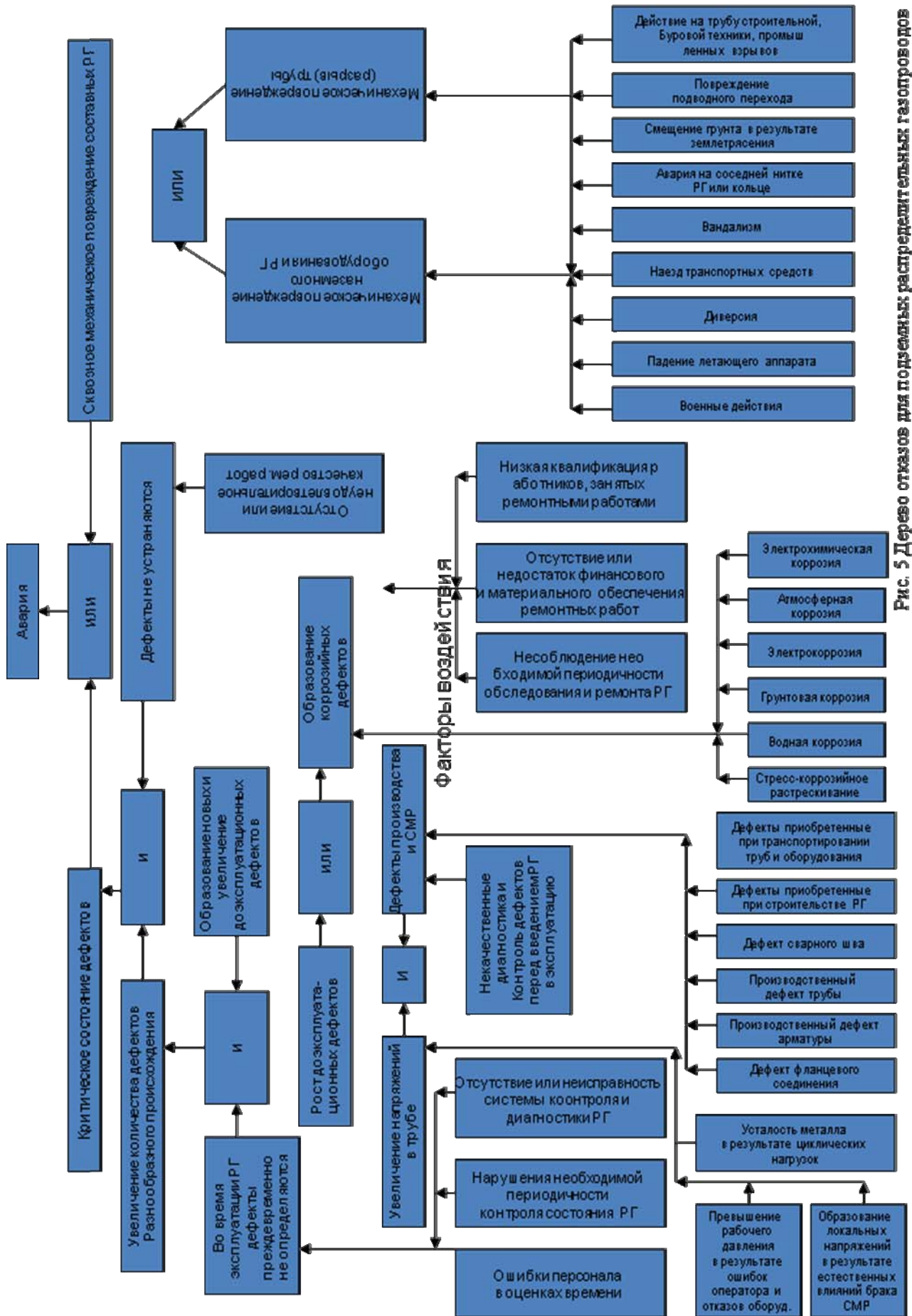


Рис. 5 Дерево отказов для подземных распределительных газопроводов

Среди других факторов, которые влияют на аварийность газопроводов, следует отметить:

- старение основных производственных фондов, исчерпание нормативных и гарантийных сроков эксплуатации значительной их части. Значительная часть газопроводов имеет изношенное изоляционное покрытие, в то же время отсутствуют нормативные документы и возможность для внутритрубной дефектоскопии;
- свободный доступ посторонних лиц в охранные зоны РГ, несанкционированные земляные и взрывные работы, небрежность и вандализм стали одной из главных причин механических повреждений трубопроводов;
- сложность условий строительства и обслуживания РГ, особенно в труднодоступных районах, которые усугубляются высокой нехваткой средств при проведении строительства и профилактических ремонтных работ;
- неоднородность естественных и социально-экономических условий в местах прокладки распределительных газопроводов, а также разные технические решения по выбору оборудования и материалов труб (сталь, полиэтилен) для отдельных участков РГ. Изменение доминирующих факторов влияния по трассе влияет как на интенсивность аварий, так и на сценарии развития их последствий.

Иницилирующими событиями и негативными воздействиями, которые могут привести к аварийным ситуациям, являются:

- механические повреждения (причиненные строительной техникой, бурильным оборудованием, якорями судов, взрывными работами, актами вандализма);
- подземная и атмосферная коррозия, стресс-коррозия, внутренняя коррозия и эрозия почвы;
- дефекты труб, оборудования и материалов во время их изготовления, транспортировки и строительно-монтажных работ;
- циклические нагрузки, которые определяют разрушение стыков газопроводов;
- естественные факторы (движения почвы в результате оседания, размыва, сдвигов, землетрясений, обводнения траншеи и др. процессов,);
- нарушение правил безопасности в газовом хозяйстве и правил технической эксплуатации.

Выводы

Анализ эксплуатации распределительных газопроводов в крупных городах Украины показывает на интенсивный износ систем газоснабжения.

Организация работ по внедрению методики проведения анализа рисков позволит своевременно выявить на стадии проектирования и эксплуатации системы возможные риски, а также определить наиболее опасные факторы, которые следует контролировать при эксплуатации системы. Систематическое ведение работы по оценке рисков эксплуатируемой РРГС позволит выработать долгосрочные мероприятия и предложения по снижению и профилактике появления этих рисков. Построение «дерева» отказов для подземных распределительных газопроводов позволит сразу обнаружить последствия, к которым могут привести эти риски, а также все первопричины, ведущие к снижению аварийности работы системы газоснабжения на всех уровнях, повышению её безопасности и обеспечения бесперебойного газоснабжения населения. Таким образом, полностью решается одна из основных функциональных задач предприятий по газоснабжению и газификации.

Учитывая тенденции, связанные в последнее время со сложностью обеспечения безопасности систем газоснабжения Украины, необходимости проведения всестороннего анализа причин сложившейся негативной ситуации в вопросах охраны труда и безопасности отрасли, а также поиска (разработки) решений этой проблемы, авторы под руководством и редакцией профессора, академика УНГА, канд. техн. наук Владимира Степановича Седака, который имеет богатейший опыт в данных вопросах (работает в отрасли более 45 лет и по сей день занимается актуальными вопросами обеспечения безопасности... и др.), работают над изданием ряда (серии) статей по данной тематике в научно-технических изданиях региона и Украины и в т. ч. в журнале «Охрана труда».

Список литературы

1. Седак В. С. Інноваційні технології в діагностиці та експлуатації систем газопостачання. – Харків, 2006. – 228 с.
2. Седак В. С., Слатова О. Н, Кротикова Е. С, Броневский Ю. Ф. Состояние газопроводных сетей в Украине и перспективы их строительства и реконструкции с применением современных технологий для городских условий // Науковий вісник будівництва. Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2008.
3. Седак В. С, Слатова О. Н, Кротикова Е. С. Факторы сложности обеспечения безопасности систем газоснабжения. Методы повышения надежности систем газоснабжения // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып. 81. – К: техника, 2008. – С. 164–172.
4. Седак В. С., Супонев В. Н., Слатова О. Н. Пути повышения безопасности систем газоснабжения // Научно-производственный журнал «Охрана труда» 2009. – 10. – С. 45–47.
5. Говдяк Р. М., Коснирев Ю. М.. Кількісний аналіз аварійного ризику газотранспортних об'єктів підвищеної небезпеки // Практичні рекомендації: – Львів, 2007. – 160 с.
6. Постанова КМ України від 11 липня 2002 р. № 956 «Про ідентифікацію та декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки» и № 1788 от 16.11 2002 г.
7. Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки. – К.: Основа, 2003. – 192 с.
8. Сторчак С. Плата за ризик. // Дзеркало тижня, 2004. – № 5. С. 9.
9. Ионин А. А., Алибеков К. С., Эжила В. А. Затиркин С. С. Надежность городских систем газоснабжения. – М.: Стройиздат, 1980. – 231 с.
10. Каслин Н. Д., Супонев В. Н. Оценка качества и безопасности инженерно-коммуникационных сетей // Коммунальное хозяйство городов: Научно-технический сборник. Вып. 84. – К. Техника, 2008. – С. 164–172.
11. Ю. В. Кулявец, О. И. Богатов, В. Н. Литвиненко, Г.И. Олейник. «Оценка обстановки на объекте хозяйственной деятельности в чрезвычайных ситуациях техногенного характера». – Харьков: К90 ХНАДУ, 2008. – 312 с.

METHOD OF ANALYSIS OF EMERGENCY RISKS AND PROGNOSIS OF REFUSES OF REGIONAL DISTRIBUTIVE SYSTEMS OF GAS-SUPPLYING (RRDSG)

V. S. SEDAK, Cand. Tech. Scie., N. Ja. RYBNIKOV
N. D. KASLIN, Cand. Tech. Scie.

The objective and subjective factors of complication of providing of safety of the system of gas-supplying are analyzed and methods of increase of fail safety gas-supplying. The algorithm of emergency risk of distributive gas pipelines is offered for providing of increase of reliability and decline of risks of failures. The tree of refusals is developed for underground gas pipelines.

Поступила в редакцию 04.04 2011 г.