

ПЛАНИРОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

УДК 622.692.4

А.М. Ревазов, д.т.н., проф., ФГАОУ ВО «Российский государственный университет (НИУ) нефти и газа имени И.М. Губкина» (Москва, РФ), alanrevazov@rambler.ru

С.Т. Алекперова, ООО «ИДК Эксперт» (Москва, РФ), sa_li@list.ru

И.Л. Садова, ФГАОУ ВО «Российский государственный университет (НИУ) нефти и газа имени И.М. Губкина», sadovairina@rambler.ru

Проектирование и строительство магистральных трубопроводов регламентировано федеральным законодательством и нормативно-правовыми актами, которые устанавливают общие положения, связанные с системой магистрального трубопроводного транспорта и ее безопасностью.

Детализация общих положений содержится в нормативно-технических документах по градостроительной деятельности, стандартизации, обеспечению промышленной, пожарной и экологической безопасности объектов. Ведущие нефтегазовые организации, такие как ПАО «Газпром» и ПАО «АК «Транснефть», разрабатывают и успешно применяют корпоративные стандарты, а также корпоративные руководящие документы, охватывающие области проектирования, строительства и эксплуатации систем трубопроводного транспорта газа и нефти. В статье рассмотрены типовые аспекты, определяющие недостаточность требований нормативных документов применительно к современным проектам строительства и реконструкции.

Данные аспекты определяют новые форматы строительства и реконструкции магистральных трубопроводов, при которых требуются разработка и внедрение специальных мероприятий, обеспечивающих безопасность магистрального трубопровода на каждой стадии инвестиционного проекта.

Выполнен анализ отступлений, характерных для основных проектов по строительству и реконструкции магистральных трубопроводов за период 2010–2017 гг., представлен классификатор типовых аспектов как составной элемент комплексной методики выбора компенсирующих мероприятий. В составе классификатора выделены 11 групп первого уровня и пять групп второго уровня, в том числе инженерные изыскания и условия прохождения трасс, характеристики трубопроводов, организация строительства и др. Приведена экспертная система и структура информационной базы знаний, содержащей сведения о типовых аспектах, классификатор дополнительных мероприятий и базу прецедентов. Представлена методика выбора компенсирующих мероприятий, предусматривающих поэтапное обеспечение безопасности магистральных трубопроводов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: МАГИСТРАЛЬНЫЙ ТРУБОПРОВОД, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АВАРИЙНОСТИ, УПРАВЛЕНИЕ РИСКОМ, БЕЗОПАСНОСТЬ.

Сегодня реализация большинства трубопроводных проектов нефтегазового комплекса сопряжена со значительными расходами в вопросах их проектирования, строительства и реконструкции с требованиями действующих нормативных документов (НД).

Для определения специфики современных направлений развития систем магистральных трубопроводов (МТ) проанализи-

зированы проекты, реализация которых осуществлялась в период с 2010 по 2017 г. включительно. В процессе анализа изучались фактические условия осуществления проектов на предмет соответствия их требованиям обязательных к применению сводов правил (СП) [1, 2].

Проводимый ранее анализ [3] позволил выделить отступления, характерные для современных условий строительства и

реконструкции МТ, определяющие неактуальность требований СП 36.13330.2012 [4] в рамках реализации конкретного проекта. С учетом внесенных в вышеуказанный СП изменений, отступлений от их требований, а также сведений о новых проектах строительства и реконструкции МТ, при анализе требований СП 36.13330.2012 [4] и смежных НД в настоящей статье рассмотрены случаи отсутствия в СП

Revazov A.M., Doctor of Sciences (Engineering), Professor, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University)” (Moscow, Russian Federation), alanrevazov@rambler.ru

Alekperova S.T., EDC Expert LLC (Moscow, Russian Federation), sa_li@list.ru

Sadova I.L., Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University)”, sadovairina@rambler.ru

Planning of measures to ensure the main pipelines safety

The design and construction of main pipelines is regulated by federal laws and regulations that establish general provisions related to the main pipeline transport system and its safety. Details of the general provisions are contained in the regulatory and technical documents on urban planning, standardization, ensuring industrial, fire and environmental safety facilities. Leading oil and gas organizations, such as Gazprom PJSC and AK Transneft PJSC, develop and successfully apply corporate standards, as well as corporate governing documents, which cover the areas of design, construction and operation of gas and oil pipeline transportation systems.

The article discusses model aspects determining the insufficiency of the requirements of regulatory documents in relation to modern construction and reconstruction projects. These aspects define new formats for the construction and reconstruction of main pipelines, which require the development and implementation of special measures to ensure the safety of the main pipeline at each stage of the investment project.

The analysis of deviations typical for the main projects of construction and reconstruction of main pipelines for the period of 2010–2017 has been performed. A classification of model aspects is presented as an integral part of a comprehensive methodology for selecting compensating measures. The classifier includes 11 groups of the first level and five groups of the second level, including engineering surveys and conditions of the routes passage, characteristics of pipelines, construction arrangement, etc. The expert system and the structure of the information knowledge base containing information on model aspects, the classifier of additional measures and the cases' base are given. The technique of selection of compensating measures, providing for the staged safety ensuring of main pipelines, is presented.

KEYWORDS: MAIN PIPELINE, EMERGENCY PREDICTION, RISK MANAGEMENT, SAFETY.

требований, ориентированных на современные условия проектирования.

Специфика проекта строительства и реконструкции МТ определяется индивидуально в каждом конкретном случае, но в то же время современные проекты объединяет наличие общих отступлений. Для большинства проектов характерны стесненные условия строительства. Реконструкция действующих МТ осуществляется в условиях плотной застройки, значительного количества сближений и пересечений с объектами транспортной, промышленной, городской инфраструктуры.

КЛАССИФИКАТОР ТИПОВЫХ АСПЕКТОВ

Несоответствие проектных решений требованиям НД по указанным выше аспектам определяют новые форматы строительства и реконструкции МТ, что, в свою очередь, обуславливает необходимость пересмотра мероприятий по обеспечению безопасности

процесса строительства и повышению надежности трубопроводов для случаев, не учитываемых требованиями действующих НД. При этом представляется важным систематизированное описание типовых аспектов (ТА) в виде классификатора, определяющих недостаточность требований НД применительно к современным проектам строительства и реконструкции МТ.

Классификатор ТА – составной элемент комплексной методики выбора компенсирующих мероприятий (КМ) с учетом конкретных условий и специфики реализуемого проекта [5–7].

Структура классификатора ТА приведена на рис. 1. При классификации использованы следующие классификационные признаки: проектные изыскания; природно-климатические характеристики района прохождения трассы МТ; условия прохождения трассы МТ; специфика прокладки МТ; характеристики трубопровода; специфика расстанов-

ки арматуры, способ защиты от коррозии; свойства транспортируемого продукта; организация процесса строительства трубопровода; испытания трубопровода; консервация и ликвидация трубопровода.

В состав классификатора входит 11 групп первого уровня и пять групп второго уровня. Для отдельных групп приведены реквизиты (информационные параметры), определяющие свойства информационных объектов.

ГРУППЫ ТИПОВЫХ АСПЕКТОВ

Ниже подробно рассмотрена каждая из групп ТА.

Группа I. Инженерные изыскания. Данная группа обусловлена недостаточностью или отсутствием требований по порядку проведения инженерных изысканий, актуальных в конкретных условиях реализации проекта строительства и реконструкции МТ.

Группа II. Природно-климатические характеристики района прохождения трассы МТ. Специфика

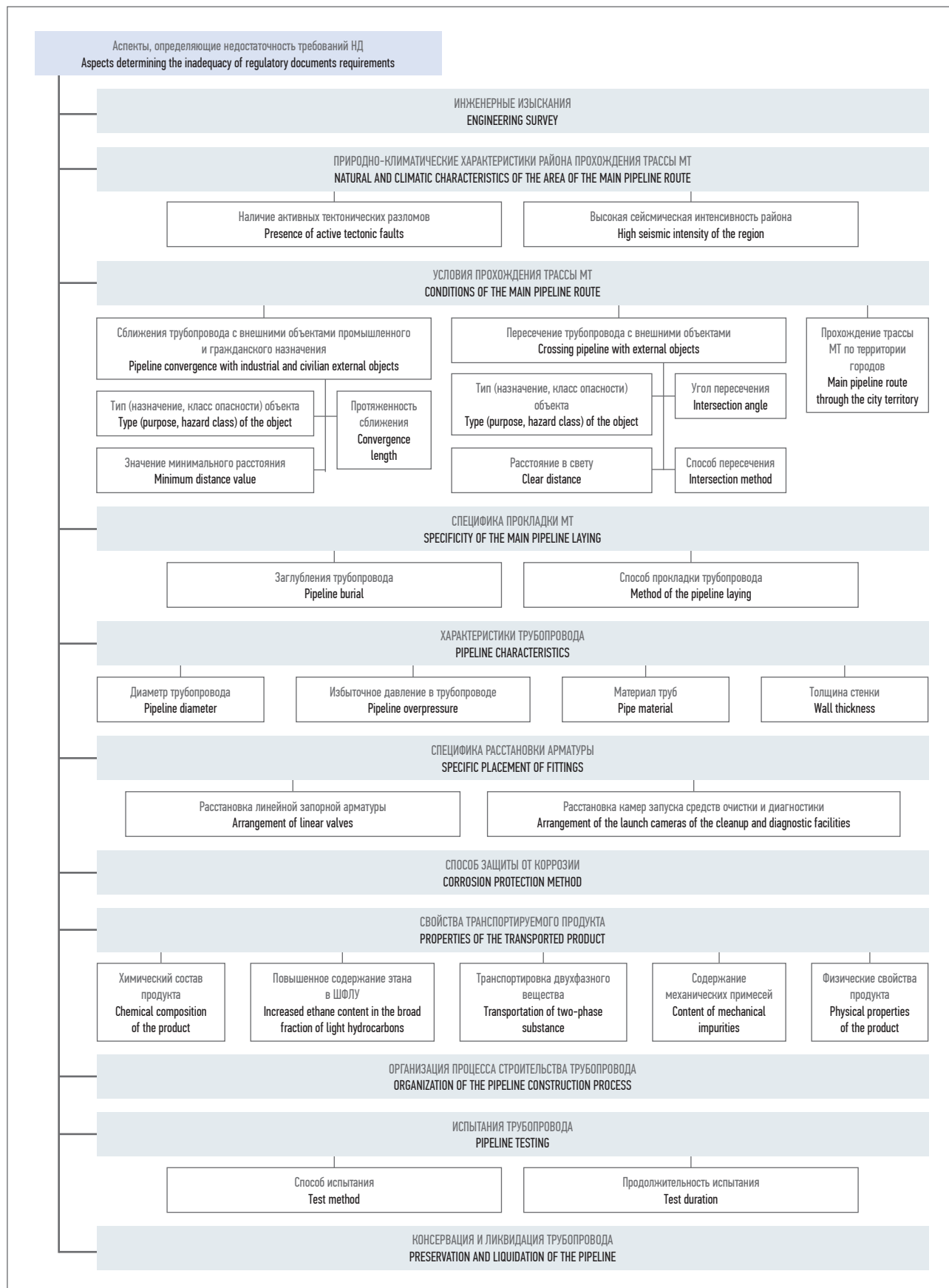


Рис. 1. Структура классификатора ТА
Fig. 1. Structure of the model aspects classifier

данных характеристик определяется наличием активных тектонических разломов, высокой сейсмической интенсивностью района. Это обусловлено ограничениями [1] в вопросе выбора трассы прохождения МТ, предписывающими необходимость предусмотреть дополнительные мероприятия, обеспечивающие надежность трубопровода в указанных условиях.

Группа III. Условия прохождения трассы МТ. При выборе трассы проектируемого трубопровода могут обозначиться отступления, связанные со сближением или пересечением трубопровода с внешними объектами промышленного и гражданского назначения, с прохождением трассы МТ по территории городов и иных населенных пунктов.

Случаи сближения трубопровода с внешними объектами описывают следующие реквизиты:

- тип объекта – при этом особое внимание уделяется классу опасности объекта (наличие на объекте опасных веществ, способствующих развитию аварии в случае ее эскалации) и его назначению; под назначением объекта в данном контексте подразумевается его социальная, экономическая или иная значимость;

- протяженность участка сближения – длина участка, на протяжении которого имеется ненормативное сближение трубопровода с соседствующим объектом;

- значение минимального расстояния от трубопровода до соседнего объекта – значение фактического расстояния от МТ до городов, населенных пунктов и объектов инфраструктуры представляет особую значимость при анализе риска, проводимого с целью оценки допустимости размещения МТ на фактическом (отличном от нормативного) расстоянии и влияет на состав и значения дополнительных КМ.

Пересечение трубопровода с внешними объектами обусловлено наличием естественных и

искусственных препятствий. При рассмотрении случая пересечения трубопровода с объектами инфраструктуры учитываются:

- тип объекта – для современных проектов характерно пересечение МТ с автомобильными и железными дорогами, перегонными тоннелями метрополитена, трубопроводами промышленных и бытовых стоков, иными линейными коммуникациями различного назначения;

- угол пересечения – актуализированными требованиями допускается уменьшать угол пересечения МТ с автомобильными и железными дорогами, при этом должны быть предусмотрены дополнительные мероприятия, позволяющие повысить категорию МТ;

- расстояние в свету – определяющий реквизит при выборе дополнительных КМ, актуальных для конкретных условий, а именно толщины и типа защитного кожуха трубопровода;

- способ пересечения – реквизит подразумевает определение взаимного расположения МТ и пересекаемого объекта, т. е. расположение трубопровода над или под пересекаемым объектом.

Очередная подгруппа второго уровня для III группы определяется прохождением трассы МТ по территории городов и населенных пунктов. Исключение из данной группы составляют нефтепродуктопроводы диаметром 200 мм включительно с рабочим давлением не более 2,5 МПа.

Группа IV. Специфика прокладки МТ. Данная группа определяется следующими реквизитами:

- заглубление трубопровода – для случая невозможности обеспечения нормативного значения заглубления;

- способ прокладки МТ – рекомендуемые способы прокладки МТ для различных условий реализации проектов их строительства и реконструкции определяют уровень защищенности линейной части МТ, учитывая различные на-

грузки и воздействия, возникающие при сооружении, испытании и эксплуатации МТ.

Группа V. Характеристики трубопровода. Данная группа обусловлена экономической выгодой, а также применением новых технологий при строительстве трубопроводов. В каждом индивидуальном случае требуется обоснование применения труб с характеристиками, отличными от регламентных.

Группа VI. Специфика расстановки арматуры. Данная группа обусловлена типом применяемой арматуры, ее характеристиками, а также особенностями размещения арматуры на ненормативном расстоянии. Кроме того, места установки запорной арматуры представляют опасность ввиду возможной вероятности разгерметизации сварных соединений.

Группа VII. Способ защиты от коррозии. Данная группа характеризуется особенностями современных способов защиты от коррозии, а именно: проектированием средств защиты стальных трубопроводов и применяемыми материалами; защитой опор и других металлических конструкций надземных трубопроводов; катодной и электрохимической защитой.

Группа VIII. Свойства транспортируемого продукта. Для каждого углеводородного сырья (нефти, газа и продуктов их переработки) характерны свои свойства, определяющие специфику процесса очистки и дальнейшей транспортировки.

В рассматриваемой группе ТА описываются следующими реквизитами:

- химический состав транспортируемого продукта; началу процесса транспортировки углеводородного сырья по МТ обязательно предшествует этап его очистки и подготовки, который обеспечивает необходимый химический состав транспортируемого продукта и исключает агрессивные примеси;

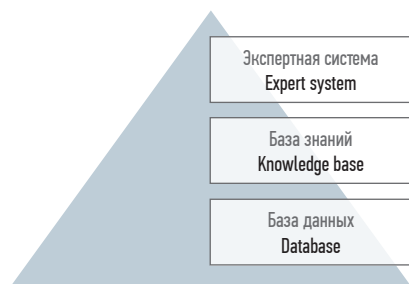


Рис. 2. Экспертная система, формируемая на основе базы данных
Fig. 2. Expert system based on the database



– физические свойства продукта являются определяющими при обеспечении пожаробезопасности МТ, а также выборе систем обнаружения утечек, позволяющих предотвратить развитие аварийной ситуации;

– повышенное содержание этана в широкой фракции легких углеводородов (ШФЛУ); наличие в ШФЛУ этана (более легколетучего компонента) приводит к повышению упругости насыщенных паров выше допустимого (1,6 МПа), что, в свою очередь, влияет на безопасность продуктопроводов и требует особого подхода к их проектированию;

– содержание механических примесей в транспортируемом продукте; при рассмотрении вопросов, связанных со свойствами транспортируемого углеводородного сырья, нельзя пренебрегать возможным наличием в них механических примесей, оказывающих негативное влияние на внутреннюю стенку трубопровода;

– транспортировка двухфазного вещества – образование двухфазного потока возможно при транспортировке сжиженного углеводородного газа.

Группа IX. Организация процесса строительства трубопровода. Данная группа характеризуется процессом транспортирования (доставки) труб и трубных секций; сборкой, сваркой и контролем качества сварных соединений трубопроводов, включая проверку квалификации сборщиков; предпусковыми испытаниями и др.

Группа X. Испытания трубопровода. Проведение испытаний с использованием технологий, отличных от рекомендуемых НД, обуславливает необходимость включения данной группы в состав классификатора.

Группа XI. Консервация и ликвидация трубопровода. Невозможность выполнения требований обязательных НД при консервации и ликвидации трубопроводов обусловлена в большинстве случаев применением новых технологий и стесненностью условий консервации и ликвидации.

КОМПЕНСИРУЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Выявленные и рассмотренные в настоящей статье ТА учитываются при планировании дополнительных КМ, направленных на обеспечение безопасности МТ в нетипичных (в контексте требований СП) условиях.

Применительно к рассматриваемой задаче для оценки достаточности дополнительных КМ необходимо принимать во внимание не только состав мероприятий, но и численное значение того или иного КМ, их целесообразное и оптимальное планирование, что наиболее актуально для случая увеличения толщины стенки трубопровода по сравнению с расчетной.

С целью оценки достаточности предлагаемых КМ возможно использование таких подходов, как прецедентная экспертная система и принципы расстановки барьеров безопасности.

Реализация подхода, основанного на экспертной системе, осуществляется в несколько этапов и подразумевает преобразование базы данных в дружелюбный интерфейс, доступный для использования операторами с различным уровнем квалификации.

Экспертную систему в целом можно представить как пирамиду, состоящую из трех блоков: базы данных, базы знаний и непосредственно самой экспертной системы (рис. 2). При этом экспертная система основана на принципах Data Mining как совокупности методов обнаружения в данных ранее неизвестных, нетривиальных, практически полезных и доступных интерпретации знаний, необходимых для принятия решений в различных сферах человеческой деятельности [8].

Под прецедентом при этом подразумевается описание ситуации в сочетании с подробным указанием действий, предпринимаемых в данной ситуации.

Подход, основанный на прецедентах, условно можно разделить на следующие этапы: сбор подробной информации о поставленной задаче; сопоставление этой информации с деталями хранящихся в базе прецедентов для выявления аналогичных случаев; выбор из базы прецедентов наиболее близкого к текущей проблеме прецедента; при необходимости адаптация выбранного решения к текущей проблеме; проверка корректности каждого

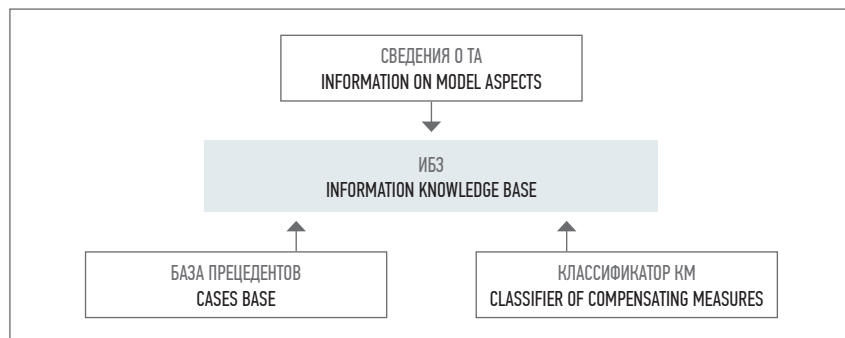


Рис. 3. Структура ИБЗ

Fig. 3. Structure of the information knowledge base



вновь полученного решения; занесение детальной информации о новом прецеденте в базу прецедентов.

Таким образом, с учетом специфики и особенностей современных проектов по строительству и реконструкции МТ, которые объединяет наличие схожих условий дальнейшей эксплуатации, создание и использование базы прецедентов представляется наиболее рациональным.

Использование базы прецедентов возможно с применением подхода «рассуждение по аналогии» (case based reasoning, CBR [9]), когда рассуждение проводится на основе аналогичных случаев. Рассуждение по прецедентам выступает в качестве одного из вариантов поддержки принятия решения при выборе КМ.

Вместе с тем стоит отметить, что применение CBR-системы возможно только в случае полного совпадения в разных проектах условий внешней среды (факторов влияния и геолого-климатических характеристик района строительства), оказывающих влияние на состав, значение и вариативность предлагаемых дополнительных мероприятий. Применение данных подходов возможно для случая осуществления проектов строительства, полностью идентичных по составу и комбинации факторов влияния, например строительство основной и резервной ниток трубопровода.

ИНФОРМАЦИОННАЯ БАЗА ЗНАНИЙ

Для оптимального использования и практического внедрения опыта осуществления проектов строительства и реконструкции МТ представляется целесообразным ведение информационной базы знаний (ИБЗ), имеющей в своей структуре классификатор КМ, направленных на обеспечение безопасности МТ.

В свою очередь, ИБЗ – систематизированное упорядочивание знаний, в основе которого предусмотрены три этапа:

- I этап – накопление знаний, как получаемых, так и применяемых при планировании КМ, направленных на обеспечение безопасности МТ;
- II этап – систематизация и хранение знаний о КМ;
- III этап – применение знаний для аналогичных проектов.

В структуре ИБЗ выделяются следующие элементы.

Сведения о ТА (структурный элемент № 1). Содержание данного структурного элемента определяется классификатором ТА, а также анализом статуса конкретных ТА в контексте требований действующих НД. Ведение данного структурного элемента осуществляется в табличном виде с возможностью его постоянной актуализации.

Информация о новых ТА и их статус в контексте требований НД в области проектирования и строительства МТ вносятся в специальную форму с возможностью отслеживания обновлений НД.

Классификатор дополнительных КМ (структурный элемент № 2). Данный структурный элемент представляет табличную форму, содержащую перечень мероприятий, хранящихся в классифицированном виде [5].

База прецедентов (структурный элемент № 3). Применительно к предлагаемой ИБЗ создание и ведение базы прецедентов целесообразно представить в виде электронных информационных окон. База прецедентов ориентирована прежде всего на предоставление информации о наличии конкретных факторов влияния и КМ, позволяющей отслеживать и анализировать принципы выбора КМ. При этом информация отображается в базе прецедентов кратко и лаконично.

Ведение ИБЗ и осуществление доступа к ней заинтересованных лиц. Обмен накопленным опытом представителей различных областей науки и производства представляется особо важным для эффективного решения вопросов обеспечения безопасности промышленных предприятий топливно-энергетического комплекса, в частности МТ.

Практическая реализация ИБЗ предусмотрена в составе методики выбора КМ [6] и должна предусматривать возможность постоянного обновления и актуализации. Процесс выбора дополнительных мероприятий должен проводиться в тесном сотрудничестве с представителями всех заинтересованных подразде-

лений проектных организаций, задействованных в реализации конкретного проекта. Данный подход позволяет принимать взвешенные решения, учитывающие инвестиционную целесообразность внедрения того или иного КМ.

Оптимальное использование получаемых знаний в аналогичных проектах. Реализация данного направления заложена в структуре методики выбора КМ, предусмотренной в составе Системы поэтапного обеспечения безопасности МТ, что подразумевает использование ИБЗ [7].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для проектов строительства и реконструкции МТ характерен набор факторов, определяющих специфику проекта и напрямую

влияющих на состав и количество КМ.

После выявления особенностей конкретного проекта следует этап планирования мероприятий, способных обеспечить безопасность МТ на всех этапах осуществления инвестиционного проекта.

В свете рассматриваемого вопроса неотъемлемым условием выбора мероприятий должна стать необходимость определения состава и количества КМ для каждой из мер безопасности.

Приказом Ростехнадзора [10] в качестве организационных и технических мер безопасности, в частности, определены: сведения о технологических защитах, блокировках, автоматических регуляторах с установками срабатывания; перечень систем противоаварийной автоматиче-

ской защиты, контролируемые ими параметры, установки срабатывания систем противоаварийной автоматической защиты; требования к квалификации персонала.

При планировании мероприятий также необходимо учитывать одно из ключевых требований, предъявляемых при выборе КМ, – независимость срабатывания барьеров безопасности, т. е. гарантию того, что для эффективного снижения ущерба от аварии направленность предлагаемых КМ будет различна.

Применение ИБЗ при планировании мероприятий обеспечит всесторонний учет опыта реализации аналогичных проектов и позволит расширить подходы к прогнозированию риска линейной части МТ и обеспечению их безопасности. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Ревазов А.М., Алекперова С.Т. Управление риском возникновения аварийных ситуаций на линейной части магистральных газопроводов // Газовая промышленность. 2015. № 12. С. 50–53.
2. Алекперова С.Т., Ревазов А.М. Аспекты практического применения системы поэтапного обеспечения безопасности магистральных трубопроводов // Трубопроводный транспорт: теория и практика. 2016. № 4. С. 32–35.
3. Чуркин Г.Ю., Алекперова С.Т., Ситникова А.А. Классификация отступлений от требований нормативных документов и компенсирующих мероприятий в специальных технических условиях для объектов магистральных трубопроводов // Безопасность труда в промышленности. 2014. № 12. С. 42–46.
4. СП 36.13330.2012. Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.06–85* (с Изменением № 1) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200103173> (дата обращения: 30.11.2018).
5. Алекперова С.Т. Систематизация результатов классификации мероприятий, направленных на обеспечение безопасности магистральных трубопроводов. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2017621123 от 29.09.2017. Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент).
6. Ревазов А.М., Алекперова С.Т. Применение системы поэтапного обеспечения безопасности магистральных трубопроводов на этапах реализации жизненного цикла проекта // Трубопроводный транспорт: теория и практика. 2017. № 4. С. 43–47.
7. Алекперова С.Т., Ревазов А.М. Разработка и реализация системы поэтапного обеспечения безопасности магистральных газопроводов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2018. № 3. С. 12–15.
8. Чубукова И.А. Data Mining. М.: ИНТУИТ, 2008. 328 с.
9. Aamodt A., Plaza E. Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches // Artificial Intelligence Communications. IOS Press. 1994. Vol. 7. № 1. P. 39–59.
10. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие требования к обоснованию безопасности опасного производственного объекта». М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2013. Сер. 3. Вып. 73. 16 с.

REFERENCES

1. Revazov A.M., Alekperova S.T. Managing the Risk of Accidents on the Linear Part of Main Gas Pipelines. Gazovaya promyshlennost' = Gas Industry, 2015, No. 12, P. 50–53. (In Russian)
2. Alekperova S.T., Revazov A.M. Aspects of the Practical Application of the Staged Safety Provision System of the Main Pipelines. Truboprovodnyy transport: teoriya i praktika = Pipeline Transport: Theory and Practice, 2016, No. 4, P. 32–35. (In Russian)
3. Churkin G.Yu., Alekperova S.T., Sinitnikova A.A. Classification of Deviations from the Requirements of Regulatory Documents and Compensating Measures in Special Technical Conditions for the Objects of Main Pipelines. Bezopasnost truda v promyshlennosti = Occupational Safety in Industry, 2014, No. 12, P. 42–46. (In Russian)
4. Code Specification SP 36.13330.2012. Main Pipelines. Updated Version of Construction Norms and Regulations SNiP 2.05.06–85* (with Amendment No. 1) [Electronic source]. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/1200103173> (access date: November 30, 2018). (In Russian)
5. Alekperova S.T. Systematization of the Results of Classification of Measures Aimed at Ensuring the Safety of Main Pipelines. Certificate of State Registration of Database No. 2017621123 of September 29, 2017. Federal Service for Intellectual Property (Rospatent). (In Russian)
6. Revazov A.M., Alekperova S.T. Application of the Staged Safety System for Main Pipelines at the Stages of Project Lifecycle Implementation. Truboprovodnyy transport: teoriya i praktika = Pipeline Transport: Theory and Practice, 2017, No. 4, P. 43–47. (In Russian)
7. Alekperova S.T., Revazov A.M. Development and Implementation of the Staged Safety System of Main Gas Pipelines. Zashchita okruzhayushchey sredy v neftegazovom komplekse = Environmental Protection in the Oil and Gas Complex, 2018, No. 3, P. 12–15. (In Russian)
8. Chubukova I.A. Data Mining. Moscow, INTUIT, 2008, 328 p. (In Russian)
9. Aamodt A., Plaza E. Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches. Artificial Intelligence Communications. IOS Press, 1994, Vol. 7, No. 1, P. 39–59.
10. Federal Norms and Rules in the Field of Industrial Safety "General Requirements for the Justification of the Safety of the Hazardous Production Facility". Moscow, CJSC Scientific and Technical Center of Industrial Safety, 2013, Ser. 3, Iss. 73, 16 p. (In Russian)