УДК 331.821.004.413.4(018)
© Коллектив авторов, 2008

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ОПАСНОСТЕЙ HAZID И HAZOP ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГАЗОТРАНСПОРТНОГО ТЕРМИНАЛА

М.В. Лисанов, *д-р техн. наук*
В.В. Симакин, *канд. техн. наук*
(НТЦ «Промышленная безопасность»)

А.И. Макушенко **П.И. Дворниченко**
(ОАО «НИПИгазпереработка»)

А.В. Еремеев-Райхерт, *д-р техн. наук*
(Сахалин Энерджи Инвестмент Компани Лтд)

The paper presents results of application of HAZID and HAZOP hazards analysis methods in accordance with national standards of the Russian Federation and with the standards of Shell company when designing and developing gas transportation facility of gas supply system within the framework of Sakhalin-2 project.

Обоснование мер безопасности при проектировании опасных производственных объектов предполагает использование методов анализа риска. Необходимость в конкретных методах (качественных и (или) количественных), применяемых при анализе риска, определяется стадией жизненного цикла объекта, целями и задачами работ [1, 2].

В рамках декларирования промышленной безопасности, подготовки планов ликвидации аварий и других процедур, для которых требуется проведение анализа риска, отечественными специалистами активно осваиваются преимущественно количественные методы. Главное достоинство их — наглядность результатов и возможность сравнивать различные варианты и объекты по единым показателям риска. Однако основные недостатки количественных методов — сложность применяемых моделей, многообразие принимаемых допущений (зачастую упрощающих технологический процесс) и неопределенность исходной информации — часто ставят под сомнение значимость полученных расчетов, особенно в вопросе применения критериев приемлемого риска (например, [3] или материалы семинаров НТЦ «Промышленная безопасность» на сайтах www.safety.ru и www.safety.fromru.com).

В этой связи качественные (именуемые иногда как инженерные) методы анализа опасностей, предполагающие детальное рассмотрение возможных отклонений и отказов в технологическом процессе или в технологической системе (например, при проведении регламентных работ по обслуживанию и (или) ремонту), могут существенно повысить достоверность анализа опасностей для обоснования технических решений [4, 5]. Причем такое повышение достоверности анализа может быть обеспечено уже на начальных этапах разработки проектной документации при наличии, как правило, только общих спецификаций процессов, первичных ревизий технологических схем процессов с КИПиА (P&ID) и схемы генерального плана. В отличие от «экономной» отечественной практики (как правило, определяемой заказчиками-застройщиками), ведущие зарубежные компании («Шелл», «Эксон»), в том числе при проектировании опасных производственных объектов на территории России, требуют обязательного проведения системного анализа уже в самом начале проектирования. Причем этот процесс может повторяться по мере появления новых данных (например, по оборудованию, энергообеспечению, нормативной базе) и технических решений, а также на последующих этапах жиз-

BTP 08'08 New.indd 63 8/13/08 6:00:58 PM

ненного цикла производственного объекта. Особенность таких методов — формализованное проведение исследований путем так называемой мозговой атаки группой многопрофильных и высококвалифицированных специалистов (как правило, 5–10 чел. в течение 2–5 дней) с протоколированием результатов всех обсуждений.

Для таких работ компанией «Шелл» разработаны и применяются стандарты по методам HAZID (идентификация опасностей) [6] и HAZOP (анализ опасностей и работоспособностей) [7]. Данные стандарты в целом не противоречат международным стандартам и существующим российским документам [1, 2, 5], за исключением отдельных расхождений при переводе терминов.

Как правило, метод HAZID используется для предварительного выявления и описания опасностей и рисков на начальном этапе проектирования объектов (выбор площадки, конструктивные решения, подбор оборудования). Реализация HAZID должна обеспечить выбор более безопасного и экономически эффективного варианта проекта с минимальными расходами на внесение изменений.

Метод HAZID позволяет:

анализировать последствия реализации опасностей на ранних стадиях разработки проекта с возможностью выбора оптимальных, альтернативных вариантов технологического проектирования;

вносить существенные изменения в основные принципы проектирования объекта на самом раннем этапе, до полномасштабного финансирования проектных работ;

выявлять конкретные опасности и угрозы в процессе разработки различных проектных решений и (или) вариантов технологического процесса;

разрабатывать реестр типовых опасностей и последствий для более детального, в том числе и количественного, анализа опасностей и рисков и на более поздних этапах жизненного цикла объекта;

выявлять все предполагаемые непрерывные выбросы от объекта в целях их минимизации на стадии проектирования в соответствии с требованиями компании и третьих сторон.

Метод HAZOP — это процесс детальной и структурированной идентификации опасностей и проблем работоспособности для отдельных технологических систем (участков, узлов). Он считается предпочтительным на стадии завершения разработки проекта, когда проработаны основные конструктивные и технологические решения, но с безусловной пользой может быть использован и на начальных этапах проектирования.

Процедура HAZOP основана на систематизированном применении комбинации технологических параметров («давление», «температура» и пр.) и управляющих слов[1] (НЕТ, БОЛЬШЕ, МЕНЬШЕ и др.) для задания и усиления «мозгового штурма» при анализе опасностей отклонений параметров и процессов от проектного режима.

Авторы статьи, совместно с группой иностранных специалистов компании «Сахалин Энерджи Инвестмент Компани Лтд» (СЭИК), были организаторами и участниками сессий (совещаний) HAZID и HAZOP для исследования предварительных проектных решений по созданию газотранспортного терминала (далее — терминал) в рамках реализации компанией СЭИК проекта «Сахалин-2» по добыче, подготовке и транспортированию газа до завода сжиженного газа на юге о. Сахалин и обеспечению газом населения.

Принципиальная схема терминала представлена на рис. 1. Топливный газ подводится от магистрального газопровода (МГ) диаметром 48″ (1220 мм) по участку трубопровода диаметром 14″ (356 мм), очищается от влаги и примесей и подается в распределительную сеть Южно-Сахалинска. Постоянный персонал на терминале отсутствует, процессом управляют из операторной Объединенного берегового технологического комплекса подготовки нефти и газа (ОБТК). Система контрольно-измерительных приборов (КИП) и автоматики функционирует от электроэнергии, вырабатываемой собственной газодизельной электростанцией (ГДЭС); в аварийных

[1] В различных документах именуются так же, как «ключевые» или «справочные» слова.

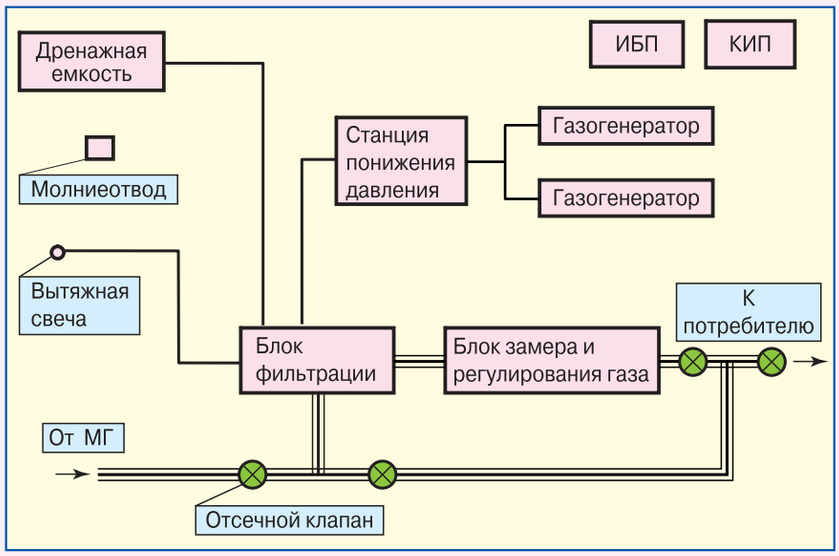

Рис. 1. Принципиальная схема терминала

BTP 08'08 New.indd 64 8/13/08 6:00:59 PM

ситуациях электроснабжение может кратковременно поддерживаться источником бесперебойного питания (ИБП).

Базовый материал по HAZID и HAZOP терминала был наработан в ходе оперативного совещания (в течение трех дней) с последующей корректировкой для подготовки полного отчета по экспертизе рассматриваемого проекта.

Процедура HAZID осуществлялась по блок-схеме, показанной на рис. 2.

В соответствии с методом HAZID рассматривался контрольный перечень опасностей (16 категорий), сгруппированных в 4 раздела (вида опасностей):

Раздел 1. Внешние и экологические риски:

опасности стихийных бедствий и вредных факторов окружающей среды;

антропогенные риски;

воздействие технологического объекта на окружающую местность;

инфраструктура;

ущерб окружающей среде.

Раздел 2. Опасности на объекте:

методы/принципы контроля;

пожаро- и взрывоопасность;

опасные технологические факторы;

вспомогательные системы;

опасные факторы технического обслуживания;

строительство/существующие объекты.

Раздел 3. Опасности для здоровья:

опасности для здоровья (заболевания, эпидемии и т.д.).

Раздел 4. Вопросы реализации проекта:

стратегия заключения контрактов;

идентификация опасных факторов и порядок их контроля;

планирование работ в аварийной ситуации;

квалификация.

Каждая из перечисленных категорий включает в себя ряд опасных факторов или явлений, последствия реализации которых могут представлять угрозу техническим объектам (технологическим процессам), персоналу, третьим лицам, окружающей природной среде. Последующий анализ позволяет качественно оценить уровень риска возможных угроз (включая финансовые потери и ущерб имиджу компании) и профилактические мероприятия (планируемые организационные или проектные технические решения). Уровень риска (приоритет дальнейшего рассмотрения) устанавливался с учетом матрицы «вероятность — тяжесть последствий» по принятой упрощенной шкале: 1 — высокий (неприемлемый) риск; 2 — средний риск; 3 — низкий риск.

Результаты исследования терминала методом HAZID вносились в специальную таблицу — «Рабочая ведомость HAZID», отдельные позиции из которой представлены в табл. 1.

В ходе исследования терминала методом HAZID участниками совещания были выявлены проблемные вопросы, требующие дальнейшего уточнения исходных данных (удаленность от населенных пунктов, порядок действия персонала при пуске-наладке) или более детальной проработки технических решений методом HAZOP (принципы аварийного отключения, продувок на свечу, защита от переполнения дренажными сбросами и др.).

Перед проведением сессии HAZOP группе были представлены чертежи первоначального проекта терминала и пояснения специалистов-проектировщиков по принятым технологическим и конструктивным решениям.

Последовательность выполненной процедуры HAZOP основана на первоначальном выделении частей и элементов исследуемой технологической системы и последующем анализе отклонения технологических параметров от регламентных (допустимых) диапазонов значений по выбранному управляющему слову (табл. 2) [5, 6]. Схема алгоритма процедуры HAZOP [5] приведена на рис. 3.

С этой целью группой были выделены следующие пять составных частей терминала с четким установлением их границ:

участок трубопровода диаметром 14″ (356 мм) — отвод от магистрального газопровода диаметром 48″ (1220 мм);

система фильтрации и сепарации газа;

система замера, дозирования и регулирования потока газа;

система распределения топливного газа на ГДЭС электроснабжения терминала;

дренажная система.

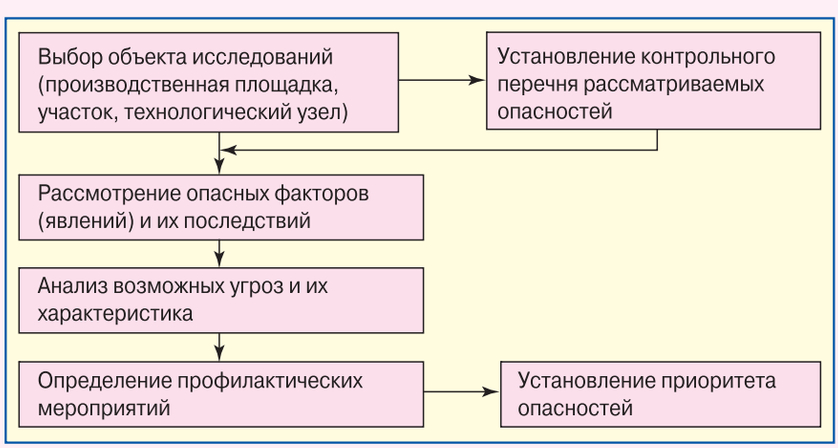

Рис. 2. Блок-схема процедуры HAZID

BTP 08'08 New.indd 65 8/13/08 6:00:59 PM

Таблица 1

Рабочая ведомость HAZID

Название проекта: Газотранспортный терминал г. Южно-Сахалинска
Название этапа: Начальный этап проектирования. Экспертиза проекта
Группа HAZID: Специалисты компаний СЭИК, НИПИгазпереработка, НТЦ «Промышленная безопасность»
Дата совещания: 05.05.2008 г.
Руководитель группы: Лисанов М.В.

№ п/п	Опасный фактор (справочное слово)	Опасности и их последствия	Угроза (на что воздействует)	Профилактические мероприятия	Приоритет (риск)	Примечание
I. Внешние и экологические риски						
1	Категория — Опасности стихийных бедствий и вредных факторов окружающей среды					
1.1	Экстремальный климатический					
	высокая и низкая температура	Отказ оборудования, разгерметизация трубопроводов и оборудования, выброс газа, авария. Материальный ущерб, экономические потери	Потеря рабочих характеристик смазочных материалов, элементов аппаратуры, образование пробок в линиях сброса газа	Выбор материалов, проработка стратегии технического обслуживания, укрытие от воздействия прямых солнечных лучей, обогрев бокса ГДЭС. Климатизация помещений, теплоизоляция оборудования. Обогрев теплоспутниками трубопроводов и оборудования	2	Уточнить вопрос теплоизоляции оборудования. Отопление, климатология блок-боксов, инженерные изыскания
...						
3	Категория — Воздействие технологической системы терминала на окружающую местность					
3.1	Географическое расположение, инфраструктура	Воздействие на окружающую среду, технические объекты и объекты инфраструктуры при аварии с пожаром (взрывом)	Загрязнение окружающей среды. Поражение персонала других объектов	Терминал выбран с учетом удаленности от объектов производственной и непроизводственной сферы и вне зон воздействия на окружающую среду	3	
...						
II. Опасности на объекте (технологические риски)						
...						
3	Категория — Опасные технологические факторы					
3.5	Чрезмерный/нулевой уровень	Переполнение дренажной емкости и сепараторов	Остановка процесса. Нарушения подачи продукции потребителю. Экономические потери	Использованы уровнемеры автоматического (с дистанционной сигнализацией) и визуального контроля	2	Рассмотреть вопрос защиты от переполнения во время HAZOP
...						
5	Категория — Опасные факторы технического обслуживания					
...						
5.2	Необходимость блокировки. Требуемые байпасы	Отказ оборудования	Нарушения подачи продукции потребителю. Экономические потери	Предусмотрены проектными решениями автоматические блокировки и байпасные линии, обеспечивающие безостановочную подачу газа потребителям	2	
...						
III. Опасности для здоровья						
1	Категория — Опасности для здоровья					
1.1	Опасные факторы заболевания и другие факторы опасности социального характера	Опасность минимальна, так как вероятность пребывания людей на объекте мала	Персонал	Использование только сертифицированного оборудования и средств индивидуальной защиты, подготовка и обучение персонала	3	
...						

BTP 08'08 New.indd 66 8/13/08 6:00:59 PM

Таблица 2

Управляющее слово	Значение управляющих слов
НЕТ	Целевое назначение (функции) элемента технологической системы не выполняется. Проектный параметр не реализуется, например нет потока газа
БОЛЬШЕ	Количественное увеличение параметра, например давления
МЕНЬШЕ	Количественное уменьшение параметра, например снижение температуры
ОБРАТНО	Изменение параметра на противоположное, например обратный поток газа, открытие клапана вместо закрытия
ИНАЧЕ, ЧЕМ; ТАК ЖЕ, КАК	Выполнение другого действия, изменение другого параметра, например изменение состава газа
ДРУГОЕ	Действие, отличающееся от проектного назначения, результат не соответствует первоначальной цели, например сбои в подаче электроэнергии

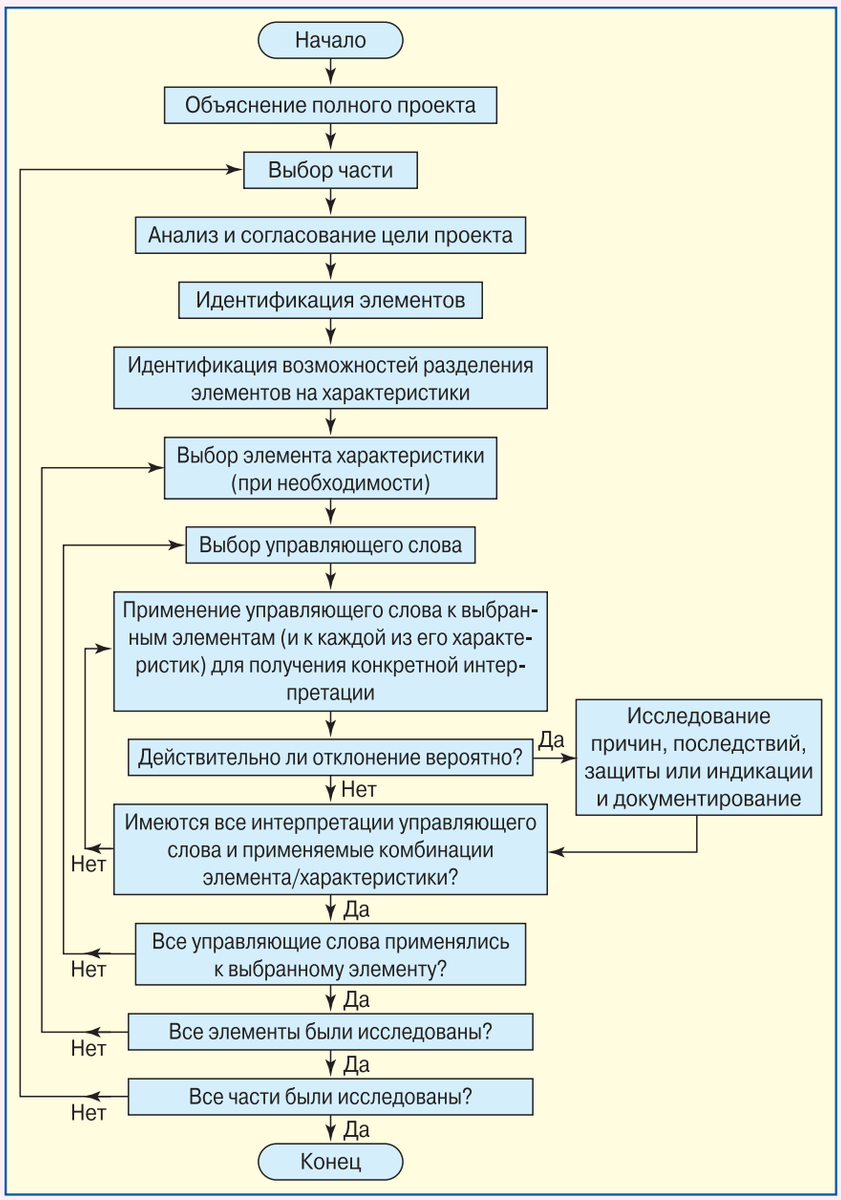

Рис. 3. Схема алгоритма процедуры HAZOP

С помощью указанных управляющих слов для всех частей технологической системы рассматривались отклонения следующих технологических параметров и процедур (процессов): «поток», «давление», «температура», «состав», «уровень», «техническое обслуживание», в том числе на стадии ввода объекта в эксплуатацию.

В процессе исследования HAZOP оформлялись рабочие таблицы для каждой рассмотренной части технологической системы терминала. Фрагменты рабочих таблиц HAZOP приведены в табл. 3. Таблицы отражают результаты обсуждения рабочей группой всех отклонений от проектного режима работы, возможных последствий отклонения и рекомендации по действиям при проектировании или дальнейшему исследованию выявленной проблемы.

Учитывая важность гарантированного обеспечения электроэнергией объектов и населения Южно-Сахалинска, наибольшую дискуссию в процессе проведения HAZOP вызвал ряд альтернативных проектных решений, связанных с безопасной и надежной работой оборудования терминала. Среди них:

проработка и согласование степени фильтрации газа для упрощения, повышения эксплуатационной надежности и удешевления узла фильтрации;

автоматизация дренирования жидкости из фильтра;

размещение технологической части узла дозирования газа в закрытом помещении;

исключение введения метанола в технологические трубопроводы;

оснащение системы электроснабжения предварительным источником (с подогревом газа) запуска ГДЭС;

конструкция дренажной системы и технология удаления дренированной жидкости (варианты с транспортируемой вакуумной установкой).

BTP 08'08 New.indd 67 8/13/08 6:00:59 PM

Таблица 3

Рабочий лист HAZOP

Название проекта: Газотранспортный терминал г. Южно-Сахалинска
Название компании: СЭИК, НИПИгазпереработка, НТЦ «Промышленная безопасность»
Дата совещания: 06.05.2008 г.
Лидер исследований: Лисанов М.В.
Таблица 1.Часть системы: Система фильтрации и сепарации газа (включая вентиляционную систему)
Назначение: Очистка и подача газа на замерное устройство

№ п/п	Управляющее слово	Отклонение	Причины	Последствия	Защитные мероприятия	Рекомендации	Приоритет
1	НЕТ	Нет потока газа	Разрыв трубопровода. Закрыт кран на отводе от МГ. Закрыт входной коллектор терминала	Прекращение подачи газа потребителю. Аварийное отключение ГДЭС энергоснабжения терминала. Экономические потери	Система обнаружения утечки в трубопроводе и действия по отсечению аварийного участка МГ (~30 км). Аварийный ИБП. Блокировка кранов терминала в открытом состоянии	Проанализировать вопрос об эффективности системы обнаружения утечек в системе терминала при использовании линии байпаса и отсечении терминала от МГ	2
4	ОБРАТНО	Обратный поток газа	Открытие линии сброса давления с фильтра до закрытия клапанов на выходном потоке	Разрушение фильтра	Переключение на второй резервный фильтр	Проанализировать проектные решения по последствиям и возможности повышенной защиты фильтра при обратном потоке	2
7	МЕНЬШЕ	Уменьшение температуры	Низкая температура окружающей среды	Отказ оборудования и КИПиА	Климатические условия учтены расчетом. Материал корпуса фильтра рассчитан на температуру –46 °С	Не требуются	–
			Дросселирование		Материал трубопровода и предохранительный клапан рассчитаны на температуру –125 °С на стороне низкого давления		
8	БОЛЬШЕ	Увеличение температуры	Солнечная радиация		Климатические условия учтены расчетом. Нахождение систем КИПиА в укрытии		
12	БОЛЬШЕ	Повышение уровня	Отказ датчика контроля уровня	Переполнение фильтра сепаратора и попадание жидкости в газопровод ниже по потоку. Аварийный останов	Дублирование контроля уровня резервным датчиком и визуально	Рассмотреть диаграмму причинно-следственных связей аварийного останова при новом проектировании	2
				Переполнение дренажной емкости	Сигнализация датчиков предельно высокого уровня и отсечение потока автоматическим клапаном на входе в линию фильтра	Уточнить алгоритм работы ПАЗ при рассмотрении проектных решений технологической системы фильтрации газа	

Существенное и полезное в процедуре HAZOP — использование специальной причинно-следственной матрицы для анализа отклонений при аварийных и противоаварийных остановках, в том числе при переключении (отключении) технологических режимов.

По итогам проведения HAZID и HAZOP приняты около 40 предложений и рекомендаций для более детальной их проработки при последующем проектировании. В дальнейшем предполагается проведение HAZOP для детального проекта объекта.

Опыт применения методов HAZID и HAZOP показал высокую эффективность детального анализа технологических опасностей и выработки рекомендаций за сравнительно короткое время. Методы

BTP 08'08 New.indd 68 8/13/08 6:01:00 PM

целесообразно использовать не только при проектировании, но и при эксплуатации опасных производственных объектов (например, в случае составления технологического регламента, тренинга персонала), разработке специальных технических условий проектирования и строительства (при отсутствии норм) и экспертизе промышленной безопасности, в том числе путем установления требований безопасности и разработки соответствующих методических документов.

Представляется очевидным обязательность проведения таких процедур качественного анализа опасностей для особо опасных и технически сложных объектов, для которых не всегда могут быть установлены четкие нормы проектирования.

В заключение отметим, что проведенная работа — первая в России, когда руководителем — лидером и организатором исследований HAZID и HAZOP, проведенных в соответствии с национальными стандартами и стандартами зарубежной компании, являлись специалисты российской организации.

Такие работы позволяют:

расширить практику привлечения отечественных специалистов-экспертов в качестве лидеров проведения исследований HAZID и HAZOP на всех этапах реализации проектов, включая совместные с зарубежными участниками, в Российской Федерации;

накопить практический опыт проведения таких исследований и организации целевой подготовки отечественных специалистов-экспертов промышленной безопасности в области анализа риска.

Список литературы

1. *РД 03-418—01.* Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов.
2. *ГОСТ Р 51901.1—02.* Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем.
3. *Гражданкин А.И., Лисанов М.В., Печеркин А.С.* Использование вероятностных оценок при анализе безопасности опасных производственных объектов// Безопасность труда в промышленности. — 2001. — № 5. — С. 33–36.
4. *Анализ* опасности и риска аварий при эксплуатации аммиачно-холодильной системы АО «МИКОМС»/ М.В. Лисанов, С.М. Лыков, А.С. Печеркин, В.И. Сидоров// Химическая промышленность. — 1996. — № 9. — С. 27–34.
5. *ГОСТ Р 51901.11—2005.* Исследование безопасности и работоспособности. Прикладное руководство. — М.: Стандартинформ, 2006.
6. *EP 95-0312.* HAZID. HSE Manual. Shell International Exploration & Production B.V.
7. *EP 95-0313.* HAZOP. HSE Manual. Shell International Exploration & Production B.V.

ТехноПрогресс
научно-технический центр

АТТЕСТАЦИЯ
ПО ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

АНО "Научно-технический центр "ТехноПрогресс" проводит

ПРЕДАТТЕСТАЦИОННУЮ ПОДГОТОВКУ И ОРГАНИЗУЕТ АТТЕСТАЦИЮ ПО ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

руководителей и специалистов компаний, осуществляющих деятельность в области промышленной безопасности по тематикам:

– НОРМАТИВНЫЕ И ПРАВОВЫЕ АКТЫ ПО ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
– ТРЕБОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ НАДЗОРА

Свидетельства об аккредитации № НУЦ-282 от 14.10.2005 г., № НАМЦ-282Д от 08.06.2007г.

Подробная информация:
Отдел аттестации
тел/факс: (495) 411 9436
http://www.tehnoprogress.ru, e-mail: attest@tehnoprogress.ru

BTP 08'08 New.indd 69 8/13/08 6:01:00 PM