

Применение методов анализа опасностей HAZID и HAZOP при проектировании газотранспортного терминала

М.В. Лисанов, д.т.н., В.В. Симакин, к.т.н.

(НТЦ "Промышленная безопасность"),

А.И. Макушенко, П.И. Дворниченко (ОАО «НИПИГазпереработка»),

А.В. Еремеев-Райхерт (Сахалин Энерджи Инвест Компани, Лтд), д.т.н.

В настоящей статье приводятся результаты применения методологии анализа опасностей HAZID и HAZOP в соответствии со стандартами Шелл при проектировании газотранспортного объекта системы газоснабжения в рамках проекта «Сахалин-2».

Обоснование мер безопасности при проектировании опасных производственных объектов предполагает использование методологии анализа риска. Необходимость применения конкретных методов (качественные, количественные), применяемых при анализе риска, определяется стадией жизненного цикла объекта, целями и задачами работ /1, 2/.

В настоящее время в рамках декларирования промышленной безопасности, подготовки планов ликвидации аварий и других процедур, для которых требуется проведение анализа риска, отечественными специалистами активно осваиваются преимущественно методы количественного анализа риска. Основное преимущество таких методов – наглядность результатов и возможность сравнивать различные варианты и объекты по единым показателям риска. Однако основной недостаток количественных методов – сложность применяемых моделей, многообразие принимаемых допущений (зачастую упрощающих технологический процесс) и неопределенность исходной информации зачастую ставят под сомнение значимость полученных расчетов, особенно в вопросе применения критериев приемлемого риска (см. например, /3/ или материалы семинаров НТЦ "Промышленная безопасность" на сайте www.safety.ru, 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, могут существенно повысить достоверность анализа опасностей для обоснования технических решений /4, 5/. В отличие от отечественной практики, ведущие зарубежные компании (Шелл, Эксон), в том числе при проектировании опасных производственных объектов на территории России, требуют обязательного проведения такого анализа уже в самом начале проектирования с его повтором на последующих этапах жизненного цикла производственного объекта. Особенностью таких методов является формализованное проведение исследований путем так называемой «мозговой атаки» группой многопрофильных и высококвалифицированных специалистов (как правило, 5-10 человек в течение 2-5 дней) с протоколированием результатов всех обсуждений.

Для таких работ компанией Шелл разработаны и применяются стандарты по методам HAZID (идентификация опасностей) /5/ и HAZOP (анализ опасностей и работоспособностей) /6/. Следует отметить, что данные стандарты в целом не противоречат существующим российским документам /1,2,5/, за исключением отдельных расхождений при переводе терминов.

Как правило, 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.

К основным преимуществам HAZID относятся:

- возможность анализа последствий реализации опасностей на ранних стадиях разработки проекта с возможностью выбора оптимальных, альтернативных вариантов технологического проектирования;
- возможность внесения существенных изменений в основные принципы проектирования объекта на самом раннем этапе, до полномасштабного финансирования проектных работ;
- выявление конкретных опасностей и угроз в процессе разработки различных проектных решений и/или вариантов технологического процесса;
- возможность разработки реестра типовых опасностей и последствий для более детального анализа опасностей и рисков и на более поздних этапах жизненного цикла объекта;
- выявление всех предполагаемых непрерывных выбросов от объекта с целью их минимизации на стадии проектирования в соответствии с требованиями компании и третьих сторон.

HAZOP (исследование опасности и работоспособности) – это процесс детальной и структурированной идентификации опасностей для отдельных технологических систем (участков, узлов). Этот метод предпочтителен на стадии завершения разработки проекта, когда проработаны основные конструктивные и технологические решения.

Процедура HAZOP основана на систематизированном применении комбинации технологических параметров («давление», «температура» и пр.) и управляющих слов¹ (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 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, подготовки и транспортировке газа до завода сжиженного газа на юге о.Сахалин и обеспечению газоснабжения населения.

Технологическая система Терминала представлена на рис.1. Топливный газ подводится от магистрального газопровода (МГ) диаметром 48” по участку трубопровода 14”, очищается от влаги и примесей и подается в распределительную сеть г. Южно-Сахалинска. Постоянный персонал на Терминале отсутствует, управление процессом осуществляется из операторной Объединенного берегового технологического комплекса подготовки нефти и газа (ОБТК). Функционирование системы контрольно-измерительных приборов (КИП) и автоматики обеспечивается электроэнергией от газогенераторов; в аварийных ситуациях электроснабжение может кратковременно поддерживаться источником бесперебойного питания (ИБП).

¹ В различных документах именуется также как «ключевые» или «справочные» слова

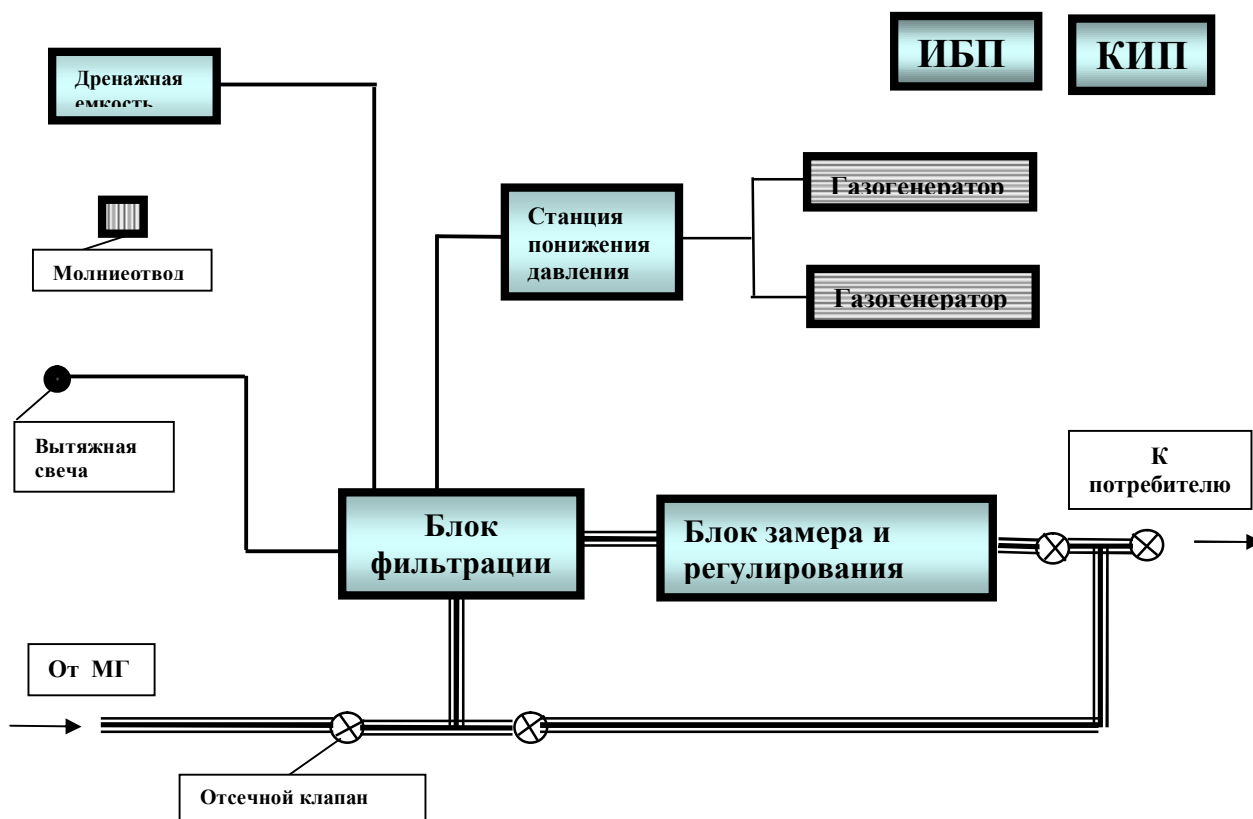


Рис. 1. Принципиальная схема Терминала

Базовый материал по HAZID и HAZOP Терминала был наработан в ходе оперативного совещания (в течение 3 дней) с последующей корректировкой для подготовки полного отчета по экспертизе рассматриваемого проекта.

Процедура HAZID осуществлялась по ниже следующей схеме (рис.2).

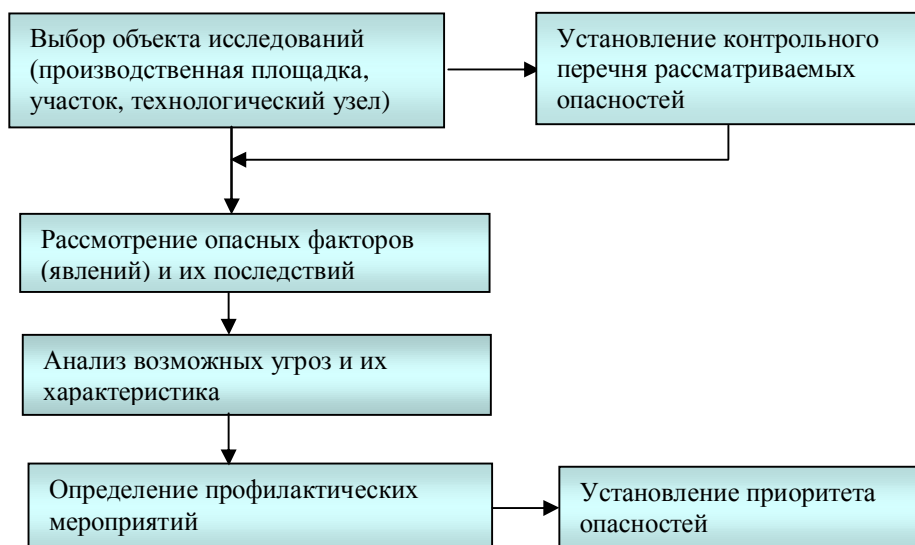


Рис. 2. Блок-схема процедуры HAZID

В соответствии с методологией HAZID рассматривался контрольный перечень опасностей (16 категорий опасностей), 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 профилактические меры (планируемые или проектные технические решения). Уровень риска (приоритет дальнейшего рассмотрения) устанавливался с учетом матрицы «вероятность – тяжесть последствий» по принятой упрощенной шкале: 1 – высокий (неприемлемый), 2 – средний, 3 - низкий риск.

Результаты исследования Терминала методом HAZID документировались в специальной таблице – «Рабочая ведомость HAZID», отдельные позиции из которой представлены в табл.1.

Таблица 1. Фрагменты Рабочей ведомости HAZID Терминала.

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: _____ 2008 г.		Руководитель группы: Лисанов М.В.				
Чертежи: 5300-С-90-09-D-3001-00, 5300-С-10-08-D-3101-00, 5300-С-10-08-D-3102-00, 5300-С-10-08-D-3104-00, 5300-С-10-08-D-3105-00, 5300-G-37-41-D-6001-00.						
№	Опасный фактор (справочное слово)	Опасности и их последствия	Угрозы (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	Экстремальные климатические факторы					
	- высокие и низкие температуры	Отказ оборудования, разгерметизация трубопроводов и оборудования,	Потеря рабочих характеристик смазочных материалов, элементов	Выбор материалов, проработка стратегии технического обслуживания, укрытие от воздействия прямых	2	Уточнить вопрос теплоизоляции и оборудовани

№	Опасный фактор (справочное слово)	Опасности и их последствия	Угрозы (на что воздействует)	Профилактические мероприятия	Приоритет (риск)	Примечание
		выброс газа, авария. Материальный ущерб, экономические потери.	аппаратуры, образование пробок в линиях сброса газа.	солнечных лучей, обогрев бокса газового дизель-генератора. Климатизация помещений, теплоизоляция оборудования. Обогрев теплоспутниками трубопроводов и оборудования.		я. Отопление, климатология блок-боксов, инженерные изыскания.
...						
3	Категория - Воздействие технологической системы терминала на окружающую местность					
3.1	Географическое инфраструктура	Воздействие на окружающую среду, технические объекты и объекты инфраструктуры при аварии с пожаром (взрывом)	Загрязнение окружающей среды. Поражение персонала других объектов.	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	Перепополнение дренажной емкости и сепараторов	Остановка процесса. Нарушения в подаче продукции потребителю. Экономические потери.	Уровнемеры автоматического (с дистанционной сигнализацией) и визуального контроля уровня.	2	Рассмотреть вопрос защиты от перепополнения во время HAZOP.
...						
5	Категория – Опасные факторы технического обслуживания					
...						
5.2	Необходимость блокировки. Требуемые байпасы.	Отказ оборудования.	Нарушения в подаче продукции потребителю. Экономические потери.	Проектными решениями предусмотрены автоматических блокировок и байпасных линий, обеспечивающих 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	
...						

В ходе исследования Терминала методом HAZID участниками совещания были выявлены проблемные вопросы, требующие дальнейшего уточнения (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 перепополнения дренажными сбросами и др.).

В начале проведения сессии HAZOP группе были представлены чертежи первоначального проекта Терминала и пояснения специалистов-проектировщиков по принятым технологическим и конструктивным решениям.

Последовательность выполненной процедуры HAZOP (рис.3) основана на первоначальном выделении частей и элементов исследуемой технологической системы и последующим анализом отклонения технологических параметров по выбранному управляющему слову (табл. 2) /5, 6/.

С этой целью группой были выделены следующие 5 составных частей технологической системы Терминала с четким установлением их границ:

- участок трубопровода диаметром 14” - отвод от магистрального газопровода диаметром 48”;
- система фильтрации и сепарации газа;
- система замера, дозирования и регулирования потока газа;
- система распределения топливного газа на газогенераторы и электроснабжения Терминала;
- дренажная система.

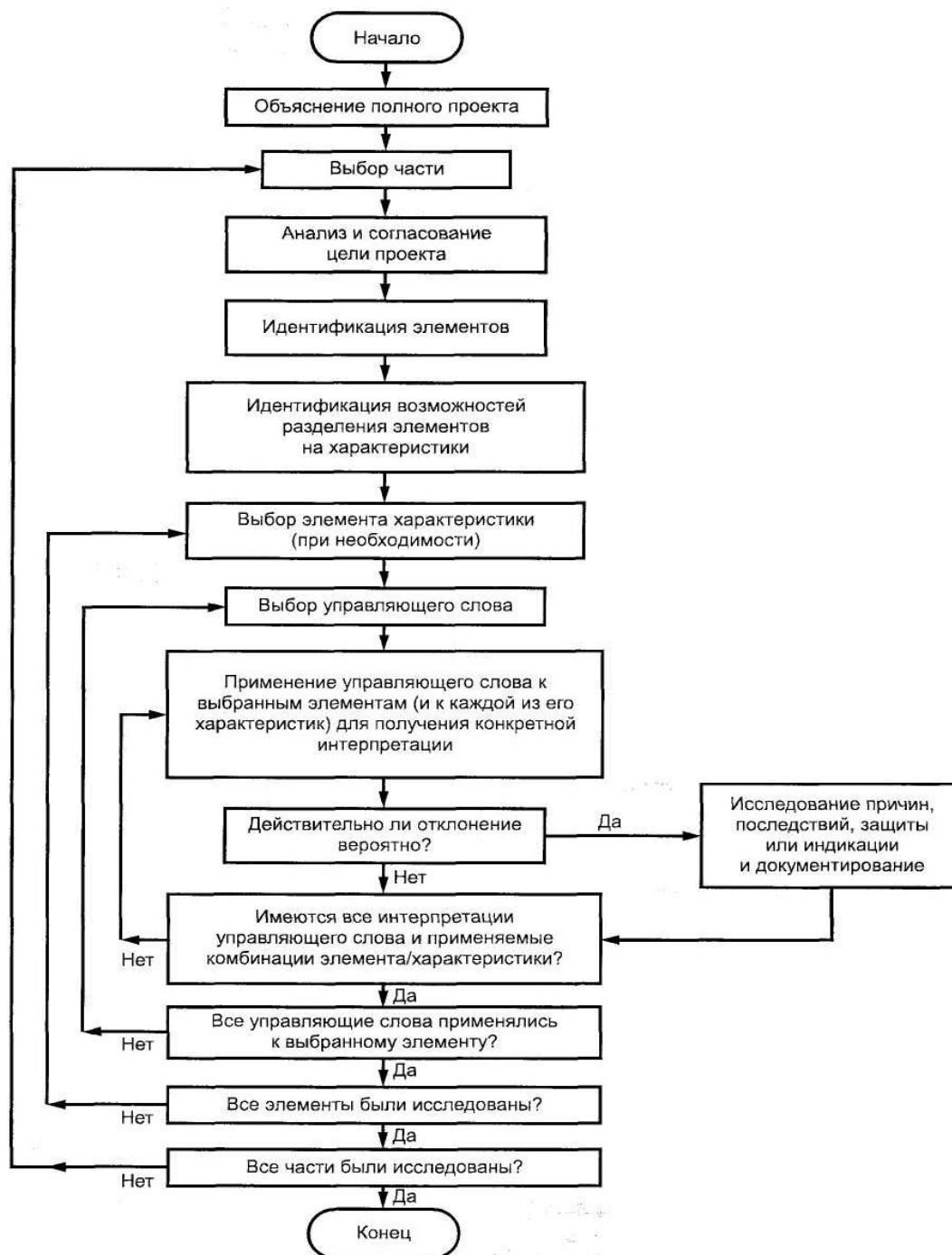


Рис. 3. Схема алгоритма процедуры HAZOP /5/.

Таблица 2. Значения управляющих слов

Управляющее слово	Значение
НЕТ	Целевое назначение (функции) элемента технологической системы не выполняется. Проектный параметр не реализуется, например, нет потока газа.
БОЛЬШЕ	Количественное увеличение параметра, например, увеличение давления.

Управляющее слово	Значение
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, сбой в подаче электроэнергии.

С помощью указанных управляющих слов для всех частей технологической системы рассматривались отклонения следующих технологических параметров (процессов): «поток», «давление», «температура», «техническое обслуживание», «состав», «уровень», 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.

Таблица 3. Фрагменты Рабочей таблицы HAZOP

РАБОЧИЙ ЛИСТ HAZOP

Название проекта: Газотранспортный терминал г.Южно-Сахалинска
 Название компании: СЭИК, НИПИГазпереработка, НТЦ "Промышленная безопасность"
 Дата совещания: _____ 2008 г. Лидер исследований: Лисанов М.В.
 ТАБЛИЦА 1. Часть системы: Система фильтрации и сепарации газа (включая вентиляционную систему).
 Чертежи: 5300-С-10-08-D-3101-00.
 НАЗНАЧЕНИЕ: ОЧИСТКА ГАЗА И ПОДАЧА ГАЗА НА ЗАМЕРНОЕ УСТРОЙСТВО

№ пп	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 газогенераторов энергоснабжения Терминала. Экономические потери.	Система обнаружения утечки в трубопроводе и действия по отсечению аварийного участка МГ (~30 км). Использование аварийного источника бесперебойного питания (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, КИП и средств автоматики (КИПиА)	Климатические условия учтены расчетом. Материал корпуса фильтра рассчитан на температуру минус 46°C	Не требуются	-
	Эффект дросселирования		Материал трубопровода и предохранительный клапан рассчитаны на температуру минус 125°C 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.		

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

- необходимость и техническая возможность определения утечек на байпасной линии Терминала, т.к. при определенных условиях утечка газа на ней не может быть обнаружена автоматической системой регистрации утечек на МГ;
- проработка и согласование степени фильтрации газа для упрощения и удешевления узла фильтрации;
- автоматизация дренажирования 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 газогенераторов;
- изменение конструкции дренажной системы и технологии удаления дренажной жидкости (путем замены дренажной емкости на периодический забор жидкости непосредственно из фильтра с помощью специального транспорта с вакуумной установкой).

Существенным и полезным в процедуре HAZOP явилось 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 были приняты около 40 предложений и рекомендаций для более детальной проработки рассмотрения при последующем проектировании. В дальнейшем предполагается проведение HAZOP для переработанного проекта данного объекта.

Опыт применения методов HAZID и HAZOP показал высокую эффективность детального анализа технологических опасностей и выработки рекомендаций за сравнительно короткое время. Методы целесообразно использовать не только при проектировании, но и при эксплуатации опасных производственных объектов (например, при составлении технологического регламента, тренинге персонала) 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.

Список литературы

1. РД 03-418-01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов.
2. ГОСТ Р 51901.1-2002. Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем.
3. Использование вероятностных оценок при анализе безопасности опасных производственных объектов. А.И. Гражданкин, М.В. Лисанов, А.С. Печеркин. Безопасность труда в промышленности, №5, 2001, с.33-36.
4. Лисанов М.В., Лыков С.М., Печеркин А.С., Сидоров В.И. Анализ опасности и риска аварий при эксплуатации аммиачно-холодильной системы АО «МИКОМС». 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..