

УДК 502.504.351.614.

СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ, ХАРАКТЕРНЫХ ДЛЯ ГАЗОДОБЫВАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

© 2013 Г.П. Стручкова¹, Т.А. Капитонова¹, А.И. Левин²

¹ Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН,
г. Якутск

² Якутский научный центр СО РАН

Поступила в редакцию 23.09.2013

На основе анализа отказов рассмотрены наиболее вероятный и наиболее опасный сценарии развития аварийных ситуаций и их последствия на газопроводе Мастах – Берге – Якутск. Определены зоны поражения в случае возможной аварии на ГРС г. Якутска.

Ключевые слова: *газопровод, чрезвычайная ситуация, сценарии развития, моделирование*

Особенностью магистральных трубопроводов, проложенных по территории Северо-Востока России является большая протяженность, вследствие которой объект располагается в разных ландшафтных, геологических и климатических условиях. При моделировании сценариев возникновения и развития чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного характера на объектах нефтегазового комплекса, построенных и эксплуатирующихся на территории Якутии, необходимо учитывать развитие следующих опасных явлений:

1. атмосферных, связанных с погодными и климатическими явлениями (ураган, ливни, снегопады, смог и др.);

2. геологических, связанных с проявлением геолого-геоморфологических явлений (землетрясение, термокарст, термоэрозия, осыпь, оползень, просадка);

3. гидрологических (паводок, подъем - падение уровня грунтовых вод, их загрязнение).

Все эти ЧС могут проявляться вместе или комбинироваться в определенном сочетании, инициировать и активировать друг друга, или наоборот, гасить. В зависимости от разных пространственных и временных уровней проявления геологических ситуаций нужно выделять участки неблагоприятных проявлений и воздействий.

На основе анализа отказов и аварий на магистральных газопроводах и на объектах, находящихся в аналогичных условиях, с близкими объемами транспортировки и имеющих сходное

оборудование, выбраны следующие последствия аварий (в порядке убывания вероятности):

- образование свищей, разливы газоконденсатов как на суше, так и на водной поверхности (на поймах рек, озера и болота);

- пожары в лесах и в окрестностях магистрального газопровода;

- пожары и взрывы в населенных пунктах;

- горение паров газоконденсата в открытом пространстве при высоких летних температурах;

- загрязнение воздуха токсичными продуктами горения;

- загрязнение воды нефтепродуктами (газоконденсата);

- взрыв, пожар и «огненные шары» при пожаре на газораспределительных станциях и объектах газодобычи и переработки;

- пожар в жилых помещениях;

- отключение подачи газа на объекты ЖКХ;

- отключение подачи газа на объекты АК «Якутскэнерго»;

- отключение подачи электроэнергии на центральный энергетическом узле республики;

- размораживание объектов ЖКХ и коммунально-бытового хозяйства;

- прекращение работы всех жизненно важных объектов центрального района республики.

Последствия аварий могут быть колоссальны по ущербу и человеческим жертвам особенно, если техногенная катастрофа произойдет в зимний период. Поражающими факторами рассмотренных аварий являются: ударная волна; тепловое излучение и горячие продукты горения; открытое пламя и горящие газонефтепродукты (газоконденсат); токсичные продукты горения; осколки разрушенного оборудования, трубопроводов и емкостей, обрушение зданий и конструкций.

Для линейной части магистрального газопровода Мастах-Бергэ-Якутск построены возможные

Стручкова Галина Прокопьевна, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник. E-mail: g.p.struchkova@iptpn.usn.ru

Капитонова Тамара Афанасьевна, кандидат физико-математических наук, ученый секретарь. E-mail: kapitonova@iptpn.usn.ru

Левин Алексей Иванович, доктор технических наук, заведующий сектором. E-mail: a.i.levin@prez.usn.ru

сценарии развития аварийной ситуации, проанализированы и определены самый опасный – разрыв на пересечении трех ниток (сценарий А) и самый вероятный случаи (сценарий Б):

Сценарий А: разрыв газопровода → образование котлована в «твердом» грунте с разлетом осколков трубы и одновременным образованием ударной воздушной волны → истечение газа из котлована в виде «колонного» шлейфа → воспламенение истекающего газа с образованием «столба» пламени → вследствие физического взрыва или пожара разрушение еще двух ниток газопровода и образованием ударных воздушных волн → горение реактивно взаимодействующих струй газа в виде «колонного шлейфа» → попадание людей, наземных сооружений газопровода в зону барического, прямого или радиационного термического воздействия → получение людьми травм в результате воздействия ударной волны и/или осколков, ожогов различной степени тяжести, повреждение сооружений.

Сценарий Б: разрыв газопровода → «вырывание» концов разрушенного газопровода из «слабонесущего» грунта с разлетом осколков трубы и одновременным образованием ударной воздушной волны → истечение газа из газопровода в виде двух независимых высокоскоростных струй → рассеивание истекающего газа без воспламенения → попадание людей, наземных сооружений газопровода в зону барического воздействия или газового облака → получение людьми травм в результате воздействия ударной волны и/или осколков.

11 марта 2010 г. взрыв и возгорание произошли в четверг ночью на 177-м километре магистрального газопровода в Якутии, (рис. 1). Аварийный участок находился в 40 км от г. Мирный и в 500 м от автотрассы Мирный – Ленск, протяженность участка 35 км. Предположительной причиной аварии явилось образование свища в технологическом отверстии. В результате утечки газа произошла разгерметизация газопровода в районе технологического отверстия с последующим выбросом газа и его возгоранием от осколков разрушенной трубы и железобетонных плит переезда. Предположительный сценарий развития аварийной ситуации следующий: вытаивание вечной мерзлоты → образование термокарста → изменение напряженно-деформированного состояния металла трубопровода → накопление повреждений → разрыв газопровода с разлетом осколков трубы и одновременным воспламенением истекающего газа → горение реактивно взаимодействующих струй газа в виде «колонного шлейфа» → попадание наземных сооружений газопровода в зону термического воздействия.

В максимальную гипотетическую аварию могут быть вовлечены следующие количества опасных веществ [1]: пролив газоконденсата – десятки метров; при проливе газоконденсата на поверхность воды – до 22 тонн; при горении паров газоконденсата в облаке может находиться до 1 тонны газонефтепродуктов (газоконденсата). Зоны действия поражающих факторов при этом состав-

ляют [2-4]: для «огненного шара» – 100-250 м; при дрейфе облака с сохранением способности к воспламенению – до 350 м; при пожаре длина струи горящего газа (труба диаметром 500 мм, при давлении 5,5 МПа) – 178 м; дальность теплового излучения по оси струи горящего газа в этом случае: мощностью 32 кВт/м² (100% смертности при экспозиции в 30-40 сек) – 195 м, мощностью 15 кВт/м² (50% смертности при экспозиции в 30-40 сек) – 260 м, мощностью 8,1кВт/м² (предел безопасности для человека в одежде) – 325 м.



Рис. 1. Факельное воспламенение на 177 км магистрального газопровода

В качестве примера рассмотрим аварию на газораспределительной станции (ГРС) г. Якутска. Основные узлы ГРС: узел переключения; узел очистки газа; узел предотвращения гидратообразования; узел редуцирования; узел учёта газа; узел одоризации газа. Узел переключения ГРС предназначен для переключения потока газа высокого давления с автоматического на ручное регулирование давления по обводной линии, а также для предотвращения повышения давления в линии подачи газа потребителю с помощью предохранительной арматуры. Узел очистки газа ГРС предназначен для предотвращения попадания механических (твёрдых и жидких) примесей в технологическое и газорегуляторное оборудование и средства контроля и автоматики ГРС и потребителя. Узел предотвращения гидратообразований предназначен для предотвращения обмерзания арматуры и образования кристаллогидратов в газопроводных коммуникациях и арматуре. Узел редуцирования газа предназначен для снижения и автоматического поддержания заданного давления газа, подаваемого потребителю. Узел учёта газа предназначен для учёта количества расхода газа с помощью различных расходомеров и счётчиков. Узел одоризации газа предназначен для добавления в газ веществ с резким неприятным запахом (одорантов). Это позволяет своевременно обнаруживать утечки газа по запаху без специального оборудования.

При возникновении аварии на территории ГРС потенциально опасными являются подземные трубопроводы высокого давления, узлы переключения, редуцирования, очистки и одоризации газа, наземные участки трубопроводов и крановые узлы. Результаты моделирования сценариев аварии на ГРС показаны на рис. 2. Учитывая средние час-

тоты аварий на отдельных элементах и блоках ГРС, в качестве наиболее опасного сценария выбирается сценарий А.

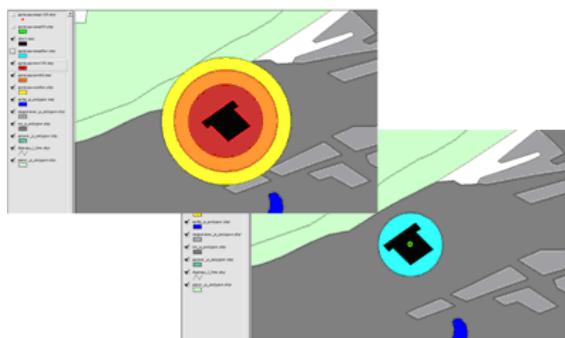


Рис. 2. Моделирование аварии на ГРС г. Якутска (наиболее опасный и вероятный сценарий). Радиусы зон 100%, 50% и 1% равны 152 м, 213 м, 266 м для опасного и 2 м, 7 м, 127 м для вероятного сценария соответственно

Сценарий А: Разрыв газопровода → образование ударной воздушной волны → истечение газа в виде настильной струи, ориентированной по оси трубопровода → загорание газа с образованием настильной горячей струи → попадание людей, оборудования ГРС и емкостей с дизельным топливом и бензином в зону ударной волны или термического воздействия пожара → разгерметизация емкостей с топливом вследствие термического воздействия пожара → образование ударной волны от взрыва топливо-воздушной смеси → возникновение («огненных шаров» и пожара пролива → попадание дополнительного количества людей в зону воздействия поражающих факторов от аварии на ТЗП.

Сценарий Б: Разрыв газопровода (разрушение кранового узла или разгерметизация оборудования ГРС) → образование ударной воздушной волны → истечение газа в виде настильной струи, ориентированной не на ТЗП → сгорание газа с об-

разованием настильной горячей струи → попадание людей, оборудования ГРС в зону ударной волны или термического воздействия пожара.

Наиболее опасным по последствиям и с наибольшим по территории влияния поражающих факторов сценарием считается сценарий А. В дальнейшем планируется уточнение полученных данных с использованием численного моделирования аварийных процессов при разрыве подземного газопровода.

Для каждого сценария приведено описание конкретной аварии, где прослежена последовательность аварийных событий. Следует отметить, что практически любая авария систем газораспределения приводит к отключениям от газоснабжения потребителей на определенное время. В настоящее время экономические и социальные последствия отключения потребителей не учитываются, между тем как включение этой составляющей в экономические последствия аварии будет, по-видимому, определяющим.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Селезнев, В.Е. Технология комплексной оценки состояния трубопроводов / В.Е. Селезнев, Г.С. Клишин, А.И. Гриценко и др. / Сборник докладов научно-практической конференции «Итоги и перспективы десятилетия сотрудничества Минатома РФ и ОАО «Газпром» (г. Нижний Новгород, 03 дек. 1999 г.). Ч.1. – М.: ИРЦ ОАО «Газпром», 2000. С. 103-112.
2. Методические рекомендации по проведению анализа риска опасных производственных объектов РД 03-418-01. – М.: НТЦ «Промышленная безопасность» 2002. 80 с.
3. Пчельников, А. Количественная оценка риска аварий на объектах хранения нефтепродуктов / А. Пчельников, М. Лисанов, В. Симакин и др. ФГУП «НТЦ «Промышленная безопасность» электронная публикация. http://student.km.ru/ref_show_frame.asp
4. Сафонов, В.С. Теория и практика анализа риска в газовой промышленности / В.С. Сафонов, Г.Э. Одишария, А.А. Швыряев. – М.: НУМЦ Минприроды России, 1996. 208 с.

SCENARIOS OF DEVELOPMENT THE NATURAL AND TECHNOGENIC EMERGENCY SITUATIONS, SPECIFIC FOR GAS-PRODUCING TERRITORIES IN SAKHA REPUBLIC (YAKUTIA)

© 2013 G.P. Struchkova¹, T.A. Kapitonova¹, A.I. Levin²

¹ Institute of Physical and Technical Problems of the North named after V.P. Larionov SB RAS, Yakutsk

² Yakut Scientific Center SB RAS

On the basis of the refusal analysis the most probable and most dangerous scenarios of development the emergencies and their consequence at gas pipeline Mastakh – Berg – Yakutsk are considered. Zones of defeat in a case of possible accident on GRS of Yakutsk are defined.

Key words: gas pipeline, emergency situation, development scenarios, modeling

Galina Struchkova, Candidate of Technical Sciences, Leading Research Fellow. E-mail: g.p.struchkova@iptpn.ysn.ru; Tamara Kapitonova, Candidate of Physics and Mathematics, Scientific Secretary. E-mail: kapitonova@iptpn.ysn.ru; Aleksey Levin, Doctor of technical Sciences, Sector Chief. E-mail: a.i.levin@prez.ysn.ru