УДК 614.841.12

Д.М. Гордиенко
(ВНИИПО МЧС России; e-mail: D_M_Gordienko@mail.ru)

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ В АРКТИЧЕСКОМ БАССЕЙНЕ

Анализируются некоторые концептуальные и практические проблемы обеспечения пожарной безопасности объектов нефтегазодобычи в Арктическом бассейне.

Ключевые слова: пожарная безопасность, нефтегазодобыча, морская стационарная платформа.

D.M. Gordienko

PROBLEMS OF ENSURING THE FIRE SAFETY OF OIL AND GAS PRODUCTION FACILITIES IN THE ARCTIC BASIN

Analysis of some conceptual and practical issues of ensuring the fire safety of oil and gas production facilities in the Arctic basin was carried out.

Key words: fire safety, oil and gas production, offshore stationary platform.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 19 ноября 2016 г.

Введение

В соответствии с общепринятым географическим определением, Арктикой считается регион, расположенный севернее полярного круга, площадь которого составляет примерно 21 *млн км*^{2}. В пределах Арктической зоны расположены территории, континентальные шельфы и исключительные экономические зоны восьми арктических стран – России, Канады, США, Норвегии, Дании, Финляндии, Швеции и Исландии. Максимальную протяжённость границ в Арктике имеет Россия.

В Арктической зоне содержится значительное количество неразработанных природных энергоресурсов – нефти и газа. Следует отметить, что в число санкций, введённых против нашей страны, входит запрет на поставки в Россию высокотехнологичного оборудования для добычи нефти в Арктике и на глубоководном шельфе. Арктический шельф – крупный и до настоящего времени практически не использованный резерв развития России.

Освоение месторождений нефти и газа в Арктике связано с необходимостью проектирования, строительства и эксплуатации объектов повышенной пожарной опасности.

Морские стационарные платформы для добычи нефти и газа

Для освоения морских месторождений на континентальном шельфе используются различные нефтегазодобывающие установки.

Для длительной добычи нефти и газа на континентальном шельфе, особенно в условиях ледовых нагрузок, наибольшее распространение получили ***морские стационарные платформы (МСП)***, которые различаются по способу опирания и крепления к морскому дну (гравитационные, свайные, мачтовые), типу конструкции, степени переработки пластовой продукции скважин и другим признакам.

Современные морские платформы – дорогостоящие сложные сооружения, при проектировании и строительстве которых реализуются передовые научно-технические достижения.

МСП представляют собой автономные сооружения, включающие комплекс добывающего, технологического, энергетического и вспомогательного оборудования, а также жилые модули, временные убежища, вертолетную площадку и средства обеспечения безопасного покидания платформ в критических аварийных ситуациях. [1].

На рис. 1 показана одна из крупнейших в мире морских стационарных платформ – платформа Хайберния на месторождении им. Жанны д'Арк в Атлантическом океане вблизи о. Ньюфаундленд (Канада). Основание гравитационного типа этой платформы занимает на морском дне площадь 111 $м^2$. Платформа напоминает бетонный остров с зубчатыми краями для противостояния ледовым нагрузкам.

Рис. 1. Платформа Хайберния (Канада)

Строительство платформы Хайберния продолжалось пять лет и было завершено в 1997 г. Стоимость всего проекта Хайберния составила 7,3 *млрд* долларов США. Запасы нефти составляет 400 *млн тонн*. Оператором месторождение является компания *ExxonMobil*. Добыча нефти на Хайбернии составила в 2006 г. 9 *млн тонн*.

Другой пример уникальной стационарной платформы – норвежская платформа "Тролл-А" (рис. 2), которая достигает 472 *м* в высоту и весит около 650 *тыс. тонн*. В опорах гравитационного основания платформы хранится добытая нефть.

На рис. 3 показана стационарная нефтегазодобывающая платформа Приразломная – единственная платформа, ведущая добычу нефти на российском арктическом шельфе.

Рис. 2. Платформа "Тролл-А" (Норвегия)

Рис. 3. Стационарная нефтедобывающая платформа Приразломная (Россия)

Приразломное нефтяное месторождение расположено на шельфе Печорского моря в 55 *км* к северо-западу от п. Варандей, в 320 *км* от речного порта Нарьян-Мар и в 980 *км* от морского порта Мурманск. Глубина моря в районе месторождения составляет 19-20 *м*.

"Приразломная" конструктивно состоит из двух основных частей – опорного основания (кессона) и верхнего строения. Кессон предназначен для размещения на нём верхнего строения, восприятия всех внешних нагрузок и передачи их на грунтовое основание, а также хранения товарной нефти (в кессоне размещены резервуары хранения нефти вместимостью около 130 *тыс. м*^{3}). По периметру палубы кессона предусмотрены ледовый и волновой дефлекторы (отражатели) для защиты верхнего строения от ледового и волнового воздействий. Верхнее строение имеет сооружения для бурения и эксплуатации скважин, подготовки и отгрузки добываемой нефти, энергообеспечения всех видов производства, размещения персонала.

На рис. 4 показан морской добычной комплекс *Goliat* (Норвегия). Старт добычи на месторождении был дан 13 марта 2016 г.

Добычной комплекс *Goliat* эксплуатируется для разработки месторождения, расположенного на расстоянии 85 *км* от берега с глубиной моря 380 *м*.

Добыча нефти и газа ведётся с использованием инновационной платформы сферической формы типа *FPSO*, спроектированной Норвежской компанией *Sevan*.

Рис. 4. Плавучий морской добычной комплекс Goliat (Норвегия)

Другим примером арктического нефтегазового проекта является Штокмановский проект, который в настоящее время приостановлен. Штокмановское газоконденсатное месторождение расположено в центральной части шельфа российского сектора Баренцева моря, примерно в 600 *км* на северо-востоке от Мурманска.

Добыча на Штокмановском месторождении будет организована с использованием подводных добычных комплексов и ***специальных платформ судового типа (FPSO/FPU)***. Такие платформы имеют возможность быстро отсоединиться от скважин и уйти с траектории движения айсбергов.

На платформе типа *FPSO* располагается установка первичной подготовки газа. В резервуарах в корпусе платформы будут располагаться хранилища газового конденсата, который будет отгружаться непосредственно с платформы в танкеры.

Добытый газ будет доставляться по подводным магистральным трубопроводам на берег, где будут расположены завод по производству ***сжиженного природного газа (СПГ)***. СПГ будет отгружаться в танкеры-газовозы и доставляться к потребителям морским путём.

Ещё одним примером Арктического газового проекта является освоение Южно-Тамбейского газоконденсатного месторождения – проект Ямал-СПГ (рис. 5). Этот проект в настоящее время активно реализуется.

Рис. 5. Проект Ямал-СПГ

Планом освоения месторождения предусматриваются добыча, подготовка, сжижение и отгрузка природного газа и стабилизированного конденсата с полуострова Ямал в танкеры с последующей морской транспортировкой конечным потребителям.

Основным объектом проекта является комплекс подготовки и сжижения природного газа, в состав которого входят:

- 3 технологических линии подготовки и сжижения природного газа, производительность каждой линии – 5-5,5 *млн тонн* СПГ в год (в среднем – 680 *тонн* СПГ в час);
- 4 изотермических резервуара СПГ по 160 *тыс. м*^{3} каждый.

Следует отметить, что такие объекты в условиях полярного климата и вечной мерзлоты в мире еще не строились.

Аварии на комплексах СПГ и морских платформах

Объекты обустройства месторождений нефти и газа традиционно являются объектами повышенной пожарной опасности. Следует отметить, что как комплексы СПГ, так и морские платформы являются сравнительно новыми для России объектами. Однако мировой опыт эксплуатации таких объектов указывает на их крайне высокую пожарную опасность.

Наиболее крупная авария с СПГ в мире произошла на газовом заводе в Кливленде (шт. Огайо, США), на котором 20 октября 1944 г. произошла утечка СПГ (рис. 6).

Рис. 6. Взрыв и пожар на заводе СПГ в Кливленде (США) в 1944 г.

Первоначально утечка составила около 1900 *тонн*, а через 20 *мин.* произошел повторный выброс примерно 1000 *тонн*. Вылившийся СПГ быстро воспламенился, и часть газа попала в системы канализации и другие замкнутые пространства, что привело к серии взрывов. Возникший пожар практически уничтожил не только сам завод, но и 10 административных зданий и 80 частных домов, которые находились на расстоянии до 400 *м* от места аварии. В результате пожара погибли 128 человек и около 400 человек получили травмы.

За последние годы наиболее серьёзной в мире аварией на объекте с наличием СПГ является произошедшая 19 января 2004 г. авария на комплексе СПГ в Скикда (Алжир) Компании "Сонатрак" (рис. 7).

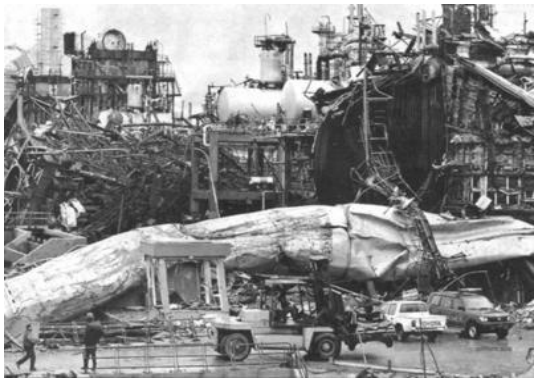

Рис. 7. Взрыв и пожар на комплексе СПГ в Скикда (Алжир) в 2004 г.

При этой аварии в результате утечки горючие пары попали в воздухозаборник парового котла турбины компрессора. Последующий взрыв привёл к каскадной аварии с быстрым распространением пожара, в результате развития которой была разрушена значительная часть завода, включая три технологические линии производства СПГ. При аварии погибли 27 человек, 74 человека получили травмы.

Повышенная пожарная опасность морских платформ характеризуется рядом специфических факторов и особенностей. Одной из таких отличительных особенностей является изолированность (расположение в море на значительном расстоянии от берега) и при этом достаточно высокая численность персонала. В связи с этим представляет определенную трудность обеспечение своевременной и беспрепятственной эвакуации людей при возникновении пожара, их защита на путях эвакуации от воздействия опасных факторов пожара и безопасное покидание платформы в случае критической аварийной ситуации.

Другой особенностью является максимальная степень использования полезной площади сооружения, плотное размещение на всех уровнях платформы большого количества оборудования различного функционального назначения. Высокая пожарная опасность нефтегазодобывающих платформ также подтверждается крупномасштабными инцидентами, имевшими место при их эксплуатации.

Две самые масштабные (в истории аварий с пожарами и взрывами) аварии произошли на морских платформах. Первая авария произошла в июле 1988 г. на платформе "*Piper Alfa*" фирмы "*Occidental Petroleum*" в Северном море [2], погибли 167 человек (рис. 8).

Другая авария произошла 20 апреля 2010 г. на буровой платформе "*Deepwater Horizon*" в Мексиканском заливе [3] на месторождении Макондо, в результате которой погибли 11 человек (рис. 9).

После взрыва на платформе начался пожар, продолжавшийся около 36 часов, после которого 22 апреля 2010 г. нефтяная платформа затонула. Последовавший далее разлив нефти превратил эту аварию в одну из крупнейших техногенных и экологических катастроф в истории морской нефтегазодобычи. Через поврежденную скважину на глубине около 1500 *м* в Мексиканский залив за 152 дня вылилось около 5 миллионов баррелей нефти.

Рис. 8. Авария на платформе "Piper Alfa" в Северном море

Рис. 9. Авария на буровой платформе "Deepwater Horizon" в Мексиканском заливе

Особенности обеспечения пожарной безопасности объектов обустройства месторождений нефти и газа в арктической зоне

В последнее время ВНИИПО МЧС России на основе обобщения мирового опыта разработал проект Свода правил СП "Морские стационарные платформы для добычи нефти и газа на континентальном шельфе. Требования пожарной безопасности". Проект прошел стадию публичных обсуждений и с учётом замечаний и предложений, полученных от заинтересованных организаций, была разработана окончательная редакция проекта Свода правил.

Проект устанавливает общие требования пожарной безопасности к ***морским стационарным платформам (МСП)***, в том числе, к зонированию, объёмно-планировочным и конструктивным решениям, основному технологическому и вспомогательному оборудованию, системам противопожарной защиты, организационно-техническим мероприятиям и эвакуации персонала в случае возникновения пожара.

Данный свод правил планируется в качестве базового нормативного документа, которым следует руководствоваться при разработке дополнительных нормативных документов, регламентирующих требования пожарной безопасности МСП и проектировании, строительстве, эксплуатации, реконструкции, техническом перевооружении и ликвидации МСП.

Ниже представлены некоторые основные положения данного свода правил, учитывающие уникальные особенности морских стационарных платформ.

При проектировании следует предусматривать размещение сооружений и оборудования на платформе, основываясь на следующих принципах:

- группирование элементов компоновки по функциональному назначению и размещение их в самостоятельных зонах. Размещение скважин и основного технологического оборудования на максимальном удалении от жилого модуля, пунктов управления, насосов противопожарного водоснабжения;

- создание на платформе временного убежища, где персонал будет защищен от опасных факторов пожара и может находиться в течение времени, необходимого для ликвидации аварии или спасания с платформы, но не менее двух часов;

- обеспечение безопасной эвакуации во временное убежище и к местам посадки в спасательные средства, а также безопасного покидания платформы и спасения персонала в аварийных ситуациях;

- обеспечение скважин резервируемыми системами перекрытия, а технологического оборудования системами отсечения и сброса давления при пожаре;

- размещение и применение эффективных систем (установок, средств) предупреждения и тушения пожаров;

- регламентация повышенных пределов огнестойкости противопожарных преград, отделяющих жилой модуль, временное убежище, пункты управления от технологической зоны.

Учитывая развитие технологий с использованием СПГ в России, наличие всё большего количества таких крупномасштабных и относительно небольших проектов, во ВНИИПО в рамках плана научной технической деятельности был разработан проект Свода правил "Хранилища сжиженного природного газа. Требования пожарной безопасности" [4].

Свод правил устанавливает требования для объектов изотермического хранения СПГ с количеством хранения СПГ более 200 *тонн*, при единичном объёме криогенного резервуара более 260 $м^3$ с избыточным давлением не более 0,8 *МПа*.

Учитывая высокую пожарную опасность таких объектов, необходимые объёмы хранения СПГ, мировой и отечественный опыт проектирования и строительства таких объектов, Свод правил для хранения СПГ регламентирует применение наиболее безопасного на сегодняшний день типа изотермических резервуаров – двухоболочечных резервуаров с полной герметизацией [5, 6].

С точки зрения обеспечения пожарной безопасности, реализация нефтегазовых проектов в Арктике характеризуется рядом особенностей, по сравнению с подобными объектами в других регионах с более мягкими климатическими условиями:

- уменьшение противопожарных расстояний в условиях минимизация площади установок;

- особенности строительства в условиях вечной мерзлоты (свайное основание, надземный способ размещения оборудования, устройство ограждения ёмкостного оборудования и т.д.);

- применение зданий, сооружений и наружных установок в модульном исполнении (огнестойкость, ограничение высоты сооружений, блокировка различных сооружений друг с другом);

- преимущественное размещение взрывопожароопасного оборудования в зданиях и закрытых сооружениях;

- обеспечение эвакуации людей из зданий и сооружений, перемещение по территории объекта и укрытия для людей, более широкое применение аварийного освещения в условиях полярной ночи;

- функционирование систем противоаварийной и противопожарной защиты в арктических условиях;

- особенности устройства систем противопожарного водоснабжения;

- пожарная охрана объектов (сложности в задействовании дополнительных подразделений в условиях недостаточно развитой инфраструктуры, оснащение пожарной техникой необходимого климатического исполнения);

- учёт влияния затяжного пожара на вечномерзлотные грунты.

Указанные задачи имеют масштабный характер и для своего решения требуют проведения ряда исследований.

Выводы

Специфика обеспечения пожарной безопасности в Арктических условиях обуславливает необходимость дальнейших исследований с учётом современного международного опыта.

Литература

1. ***Kvaerner*** concrete solutions. Офиц. сайт Компании "Квэрнэр", 2011-2014. http://www.kvaerner.com/Global/images/Products/Concrete/Concrete_brochure_eng_2013_2.pdf.

2. ***Никитин Б.А., Тагиев Р.М.*** Обеспечение безопасности объектов обустройства морских месторождений. Краснодар: Просвещение-Юг, 2008. 204 с.

3. ***Deepwater*** Horizon. Accident Investigation Report. September 8, 2010. London: BP. 193 p.

4. ***СП*** 240.1311500.2015. Хранилища сжиженного природного газа. Требования пожарной безопасности.

5. ***Стандарт*** API 625. Резервуарные системы для хранения охлаждённого сжиженного газа (2010 г.).

6. ***EN*** 1473. Установки береговые стационарные для сжиженного природного газа.