

05.26.00 – Безопасность деятельности человека Safety of human activities

ВАК 05.26.00, 25.00.00

УДК 620.97, 553.98

Две концепции освоения арктических углеводородных месторождений Герасимов Е. М.¹

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

На основе анализа техники ликвидации аварий в Мексиканском заливе на платформе Deepwater Horizon и экспериментов на управляемом газовом фонтане продиктована необходимость переоснащения новым противofонтанным оборудованием буровых и эксплуатационных платформ, обеспечивающих экологически безопасное и безаварийное освоение углеводородных месторождений арктического шельфа; предложены способ разрушения ледяного поля с использованием энергии напора ледового поля и устройство для его реализации.

Ключевые слова: *противofонтанное оборудование, свойства фонтанирующей углеводородной струи, способы глушения глубоководных фонтанирующих скважин, экологические требования, способы разрушения ледяного поля и устройства для их реализации.*

Two concepts for the development of Arctic hydrocarbon deposits Gerasimov E. M.

Orenburg State University, Orenburg

Based on the analysis of accident management techniques in the Gulf of Mexico on the Deepwater Horizon platform and experiments on a controlled gas fountain, it is justified the need to re-equip drilling and operational platforms with new anti-fracture equipment to ensure environmentally safe and accident-free development of hydrocarbon deposits in the Arctic continental shelf; the method for the destruction of the ice field using the ice head energy and the device for its implementation are proposed.

Keywords: *well control equipment, properties of a flowing hydrocarbon jet, methods of killing deep-water gushing wells, environmental requirements, methods of the ice sheet destruction and devices for their implementation.*

Введение

Авария в Мексиканском заливе на платформе Deepwater Horizon British Petroleum Company (BP) в 2010 году вскрыла незащищённость окружающей среды от аварийных ситуаций и полную несостоятельность англо-американских пред-

¹ Герасимов Евгений Михайлович – доктор медицинских наук, старший научный сотрудник по гигиене Оренбургского государственного университета, ew.gerssimov@yandex.ru.

ставлений о физических свойствах фонтанирующей углеводородной струи. Ещё большая экологическая уязвимость ожидается при освоении углеводородных месторождений в пределах арктических шельфов. И не только в случаях аварийных ситуаций, но и при обычных эксплуатационных условиях. В первую очередь страдает воздушный бассейн, которому не под силу утилизировать многотонные выбросы окислов азота от многочисленных дизельных электростанций на буровых и эксплуатационных платформах. При нормальной работе дизеля в период проходки ствола скважины и спускоподъёмных операций за сутки выбрасывается:

NO_x – 1300, CO – 1140, SO_2 – 142, углеводородов – 16, сажи – 18 (кг).

Кроме того, избыточный производственный шум, генерируемый оборудованием платформ, становится на многие километры непереносимым для белых медведей и морских животных, угрожая их популяциям, а неизбежные утечки промстоков ставят под угрозу пищевые цепочки всей арктической фауны. «Зелёные» организации уже организовали космический мониторинг возможных потерь Арктики по пищевой цепочке «планктон → треска → моржи → белые медведи» и уже заготовлены международные санкции, делающие добычу углеводородов убыточной. Преодолевая международные суды только российская «Приразломная» продолжает функционировать, но уже не как платформа, а как остров. Но тут же встал далеко не праздный концептуальный вопрос: а по какому пути будет развиваться в дальнейшем освоение углеводородных богатств: по капиталистическому (отгрузили в танкеры товарную продукцию вне связи с близлежащими территориями, заплатили в судебном порядке все ещё «копеечные» экологические штрафы) или по российскому пути «устойчивого развития», при котором владелец лицензионного участка просто обязан заниматься обустройством (урбанизацией) близлежащей территории, добываясь её кластерного освоения по программам региональных властей, подчас начиная с нулевого экономического развития? Тут уж не до неограниченной прибыли! Вот здесь и столкнулись социальные интересы государства и владельцев платформ. Экологи встали на защиту концепции устойчивого развития, зная, что промстоки будут перекачиваться на берег и там очищаться, а 45 млрд. долларов экологических судебных штрафов, которые заплатила (БР) за последствия «экологического Чернобыля», вроде бы отрезвили сторонников капиталистического способа освоения шельфов. Однако на свой страх и риск и Россия, и Норвегия продолжают осваивать шельфовые месторождения, только надеясь на безаварийность применённых технологий.

Современные требования к способам освоения углеводородных месторождений шельфа Арктики. Нужно признать, что по состоянию на сегодняшний день ни одна страна не обладает технологией экологически безопасного и безаварийного освоения углеводородных месторождений Арктики. Теоретически нам удалось разработать требуемую безопасную технологию освоения шельфовых месторождений и изложить её в патенте РФ на изобретение № 2529683 [1]. Однако газовые и нефтяные корпорации России не спешат внедрять предлагаемые нами технические решения, мотивируя тем, что в их уставах «есть обязательства по добыче и переработке сырья, но нет обяза-

тельств по машиностроению» (и экологически безопасных универсальных платформ, и специфического противofонтанного оборудования).

Во-первых, удалось разработать универсальную буровую платформу ледового типа, не загрязняющую воздушный бассейн окислами азота и вообще продуктами сжигания углеводородов, минимизировав при этом шумовое загрязнение окружающей среды за счёт перевода всего оборудования на электрообеспечение [2]. Патентная суть нашего проекта предельно проста: на норвежскую морскую платформу типа MOSSCS 50VR11 размещаем буровую установку ООО «Уралмаш НГО Холдинг» и блок атомного реактора КЛТ 40С, дооснащённый паровыми турбинами для перекачки скважинного флюида для промысловой обработки на береговых технологических структурах [3, 4] и устройством обогрева трубопроводов [5]. На платформе нечему гореть и даже факельное хозяйство сведено только к необходимости термической обработки бурового шлама [6].

Во-вторых, удалось разработать особое противofонтанное оборудование, позволяющее в считанные часы герметизировать устье аварийной, в том числе, глубоководной нефтегазовой скважины [7, 8, 9, 10, 11]. Особенность нового роботизированного противofонтанного оборудования заключается в том, что для герметизации устья фонтанирующей скважины используется кинетическая энергия самого фонтана. Причём независимо от сложности преysуществующих придонных противofонтанных клапанов.

В-третьих, спасти платформу от разрушения можно только учитывая свойства фонтанирующей нефтегазовой струи. Изучение этих свойств на управляемом газовом фонтане позволило нам установить ряд неизвестных ранее закономерностей [12, 13]. Многовекторные соотношения струи скважинного флюида, истекающей под высоким давлением и сопровождающейся взрывным горением, дроссель-эффектом, мегавольтной электризацией углеводородной струи, мощными потоками инфракрасного излучения, сконцентрированные на узком участке, привели к полной дезорганизации, казалось бы, хорошо отработанной системы ликвидации такого типа аварий.

При учёте только отдельных векторных систем оказались непригодными теории ракетных струй, на которых основаны наши ракетные двигатели, так как на устье фонтана в струе возникают бочки Нуссельте, скачки уплотнения и вообще струя ведёт себя как монолит, отклоняя даже ракеты с лазерным наведением и запорным устройством на хвосте. Именно эта особенность струи позволила нам решить проблему перевода кинетической энергии фонтанирующей струи в потенциальную для создания вариантов самовтягивающихся устройств герметизации устья фонтана.

Размеры дроссель-эффекта при сбросе давления фонтанирующей струей (примерно градус на атмосферу) привели к тому, что горы возникающего льда сбросили 98-ми тонный колокол, которым специалисты ВР ошибочно хотели закрыть фонтан.

Ещё большей неграмотностью в области векторных соотношений выглядят попытки ликвидаторов ВР погасить фонтан струями из шести пожарных катеров. Ликвидаторам было невдомёк, что происходит «взрывное горение струи» из-за её высокой электризации. Даже в наших экспериментах с перепадом давления всего в 65 атм. накопление статического электричества в струе на высоте уже в

10 метров от устья через 15–20 секунд превышает 200 кВ и от струи идут цепочки шаровых молний ко всяким подходящим техническим устройствам. При этом даже фонтан, погашенный залпом мешков соды из реактивных стволов (типа «Катюш»), через 20–30 секунд вновь самовоспламеняется.

Таким образом, гасить горящую фонтанирующую углеводородную струю бесполезно и не нужно: достаточно использовать наше устройство быстрой нейтрализации зарядов фонтанирующей струи [14].

Мощность теплового потока от площади горящего факела (до 50 кВт/м²) приводит к взрыву незащищённых бензобаков автомобилей от радиационного перегрева и ожогам 3-ей степени газоспасателей, не использующих наш теплозащитный костюм, в котором тепловым потоком от фонтана охлаждается пододёжное пространство [15].

Интенсивность тепловых потоков от горящего факела всецело зависит от площади огневого фронта, которая зависит от дебита фонтана. Нами разработаны номограммы, позволяющие определить, как правило, неизвестный дебит аварийного фонтана. При этом предложено на морских платформах установить новую систему тонкослойных водяных завес, на порядки снижающих опасность радиационного перегрева и взрывов огнеопасного оборудования. Например, плоская водяная завеса толщиной не более одного сантиметра с расходом воды 200–230 дм³/мин на каждый погонный метр завесы снижает интенсивность тепловых потоков в 7 раз. Другим назначением водяных завес, направленных в зону отрыва пламени, является необходимость разрядки струи от статического электричества и защиты персонала, приближающегося к устью фонтана от поражения разрядами статического электричества.

Таким образом, модные сегодня пенные или порошковые системы пожаротушения должны быть заменены системой продуманных водяных завес из элементарно перфорированных труб, тем более что в отличие от полевых условий на морских платформах запасов воды делать не надо.

Эксперименты на управляемом газовом фонтане вскрыли ещё несколько физических сюрпризов фонтанирующей струи. Во-первых, оказалось, что отсутствует загрязнение воздуха приземного слоя атмосферы даже при разливах сырого сероводородсодержащего газоконденсата из-за наличия мощных восходящих воздушных потоков, направляющихся в зону горения огромных объёмов газа. Это позволило газоспасателям работать на устье фонтана без изолирующих дыхательных аппаратов, не опасаясь ожогов лёгких, хотя температура пламени над их головами превышала 1800 К. Диссипация струи и переход ламинарного потока газовой струи в диффузный происходит на высоте свыше 10 метров от устья фонтана. Именно там при перемешивании газа с воздухом и происходит начало горения. Причём именно в тонком сантиметровом слое – зоне смешивания воздуха и газа. А в центре струи температура не превышала 900 К. По величине отрыва пламени от устья мы предложили определять дебит фонтана (см. том 3 «Эксперименты на управляемом газовом фонтане»). Нами предложены номограммы определения дебита фонтана по величине теплового потока на расстояниях от факела, по уровню шума и по величине расстояния от устья на начала фронта горения. Все три параметра можно определять дистанционно, что позволяет штабу по ликвидации аварии относительно точно определить дебит ава-

рийной скважины. На Оренбургском газоконденсатном месторождении средний дебит скважины составлял 1 млн м³ газа в сутки, что в разы меньше реального аварийного фонтана. Для наших экспериментов была создана подземная ёмкость, позволяющая нам изучать фонтан с дебитом 10 млн м³ в сутки.

Другим сюрпризом оказался уровень звукового давления и характеристика шума. Акустическая мощность источника составляла 155–156 дБ, но спектральный анализ показал наличие двух пиков интенсивности звукового давления: максимального (116 дБА) в низкочастотной зоне и равномерно падающего (103–96 дБА) в зоне высоких частот. Первой акустической проблемой оказалось несоответствие скорости истечения газовой струи и уровня звукового давления. Если дебит струи разделить на площадь сечения устья, то получается скорость истечения в четыре скорости звука. Специалисты РКК «Энергия», авторы монографии «Теория ракетных струй», которым мы предложили разобраться в этом парадоксе, однозначно заявили, что такого быть не может: «иначе наши ракеты летали бы в разы быстрее». Оказалось, что расчёты были правильными, но скорость аварийной струи на устье не преодолевала звуковой барьер, так как выходила монолитным ламинарным потоком под высоким давлением, но с относительно малой скоростью. При этом низкочастотный гул представлял серию взрывов газа под влиянием разрядов статического электричества и прекращался после тушения пламени. Неожиданным и опасным для персонала оказался факт регистрации инфразвука частотой 5–9 Гц, что резонансно может вызвать взрыв глазного яблока и блокаду альфа-ритма коры головного мозга. Оказалось, что передаточным механизмом служила сама струя, передавая резонансные колебания самой планеты Земля.

Приведённые выше многовекторные соотношения различных закономерностей, характеризующих свойства струи, требуют пересмотра многочисленных ведомственных инструкций по ликвидации аварийных ситуаций, как в наземных, так и в подводных условиях, с учётом наших разработок. Стратегия всех противоаварийных учений газоспасателей, направленные сегодня только на бонусные ограждения нефтяных разливов, должны быть признаны несостоятельными для условий Арктики. А всем владельцам скважин уже на этапе бурения необходимо переоснастить парк средств противопожарной и противofонтанной аппаратуры. При этом все средства должны быть не в складской, а в минутной готовности к применению и обеспечены первоочередным дистанционным (с береговых центров сопровождения процессов на буровой) включением установки деэлектризации фонтанирующей струи, включением системы водяных завес и наведением роботизированных герметизирующего устье фонтана устройства на фонтанирующую струю. Без выполнения этих условий доступ к работам в Арктике должен быть запрещён.

Ледовая обстановка как фактор, влияющий на длительность процессов освоения шельфовых месторождений. Платформа, связанная продуктопроводами с береговыми структурами, более полугодом находится под угрозой ледовой атаки. Поэтому каждую платформу дооснащают ледоколами, продуктопроводы заменяют танкерами или отводят в безопасные гавани на время активного ледохода, прекращая все процессы на платформе. Недаром российские

специалисты организовали серьёзное изучение ледовых сдвижек в зонах ожидаемых разработок.

Борьба с атаками ледовых полей ведётся давно и активно. Приводим краткий обзор применённых методов.

1. Известно устройство для защиты буровой платформы от дрейфующих льдов с помощью ледостойких барж «Ледовый защитник», которые специально затапливают по периметру вокруг буровой платформы (Расенко А. «Кайсар – это ледовый защитник» // газета «Астраханские известия», 22.01.2004). Известно устройство, создающее перед буровым объектом поле ледяных торосов, сидящих на грунте и защищающих буровые объекты от разрушения при движении ледяных полей. Оно содержит защитный барьер, состоящий из металлических щитов, установленных на дне водоёма и закреплённых ко дну винтовыми сваями [Устройство для защиты буровых объектов от разрушения при движении ледяных полей. Патент на полезную модель № 79611 от 10.01.2009 г. <http://www.maritimemarket.ru/article.phtml?id=52>]. Новым признаком в этой серии технических решений является установка наружного U-образного пояса ледовой защиты по всей длине корпуса морской платформы, причём ветви пояса ледовой защиты сопряжены у ледостойкого корпуса блок-кондуктора и выполнены в виде двухрядной свайной структуры, элементы которой установлены и соединены в шахматном порядке, причём высота внутреннего ряда свай превышает высоту наружного ряда, что существенно снижает ледовую нагрузку [Ледостойкий буровой комплекс для освоения мелководного континентального шельфа, патент № 2382849]. Известно устройство для защиты опор морских инженерных сооружений от переменных нагрузок внешнего ледового воздействия, включающее защитный блок в виде бандажной конструкции, охватывающей опору морского инженерного сооружения и установленной на грунте водоёма, закреплён на нем, а по отношению к опоре морского инженерного сооружения он расположен с зазором между его стенкой и опорой морского инженерного сооружения, исключая соприкосновение защитного блока с опорой морского инженерного сооружения [патент № 2288320 Е 02 В 15/02].

2. Известна группа технических решений, предусматривающих выполнение основания морской платформы из двух модулей с возможностью линейного перемещения относительно друг друга, съём с основания и транспортировку несущей платформы на плаву в безопасное место от траектории движения айсберга [патент РФ № 2215847, кл. Е 02 В 17/00, 2001].

Известно также техническое решение, при котором с целью повышения надёжности за счёт исключения взаимодействия с айсбергами, на нижний модуль основания платформы устанавливают промежуточную горизонтальную платформу с возможностью вертикального перемещения по направляющим от соответствующего привода, причём направляющие располагают равномерно по окружности относительно эксплуатационных скважин, которые устанавливают в центральной части основания платформы, при этом корпус полупогруженного основания соединяют с промежуточной горизонтальной платформой и соответствующими коммуникациями с помощью быстроразъёмных соединений [патент № 32280128, Е 02 В 17/00].

3. Защита ледорезными козырьками. Ледорезный пояс обеспечивает снижение ледовых нагрузок на платформу и коррозионно-эрозионного износа обшивки, причём платформа может быть снабжена дополнительно волновым козырьком, расположенным над ледоломным поясом. В частности, известна морская ледостойкая платформа, содержащая верхнее строение, соединённое с опорным основанием, выполненным в виде понтонов, посредством опорных колонн, по бортам которых смонтировано противоледовое ограждение, выполненное в виде наделок со встречно ориентированными наклонными поверхностями [патент США № 3872814, МПК⁷ В63В 35/10, 1973]. Механизм защиты состоит в том, что движущийся лёд наталкивается на какую-либо из этих наклонных поверхностей, он отклоняется вверх или вниз, что ведёт к разрушению льда на более мелкие куски, вследствие появления в нём напряжений изгиба.

В морской ледостойкой платформе [патент № 2303099] носовые и кормовые ледоразрушающие обводы корпусов колонн расположены на уровне бортовых противоледовых наделок в зоне действия ледовых нагрузок, при этом стояк дополнительно защищён противоледовым ограждением. Модельные испытания показали, что на всех этапах взаимодействия ледового поля с платформой разрушение льда происходит изломом – на начальном этапе это обеспечено за счёт наклонной наделки противоледового ограждения, на последующих этапах происходит за счёт взаимодействия поля с подвижными обломками льда на внешней границе ледового нагромождения перед платформой; переваливание обломков льда через противоледовое ограждение во внутреннее пространство рассматриваемой платформы не происходит; дополнительный ледозащитный пояс устанавливается для гарантированного обеспечения опрокидывания поднимающихся по наклонной наделке обломков льда обратно на ледовое поле. Для этого наклон пояса противоположен наклону наделки. При этом угол наклона пояса принят из условий создания опрокидывающего момента при минимизации угла наклона, так как большой угол создаёт как бы ловушку для движущегося по поверхности наклонной наделки разбитого льда и может привести не к снижению, а к увеличению ледовой нагрузки на сооружение; согласно теоретическим исследованиям и результатам модельных испытаний угол наклона пояса считается достаточным в пределах 8–15; при этом высота пояса должна быть не менее 0,08 высоты наклонной надела.

4. Известны устройства защиты морских инженерных сооружений от воздействия льда, основанные на обогреве пояса переменных ватерлиний для исключения смерзания ледовых масс, прилегающих к поверхности опор морских сооружений, в которых обогрев производится с использованием топливного газа [патент США № 3831385].

5. Известны комбинированные способы и устройства льдозащиты, включая механическую защиту и тепловое воздействие на ледовое окружение платформы. В частности, известна морская ледостойкая платформа, имеющая опорное основание, колонну и верхнее строение, а также ледовое ограждение, установленное на платформе в зоне воздействия льда и содержащее стенку ограждения с набором рёбер жёсткости и устройство для теплоотдачи и циркуляции теплоносителя, которое выполнено в виде каналов, расположенных в пространстве между рёбрами жёсткости и образованных не менее чем двумя герметичными

полостями, одна из которых предназначена для циркуляции теплоносителя, а другая – для воздушной изоляции. Полость для циркуляции теплоносителя при- мыкает к внутренней поверхности стенки ледового ограждения, а полость воз- душной изоляции образована смежной перегородкой между обеими полостями и крышкой, установленной на полках рёбер жёсткости ледового ограждения. В по- лости циркуляции теплоносителя продольно потоку установлены теплоотдаю- щие элементы, жёстко закреплённые к стенке ограждения. Изобретение обеспе- чивает повышение надёжности и безопасности эксплуатации платформы в ледо- вых условиях путём увеличения количества тепла, передаваемого к стенке ограждения, взаимодействующей со льдом, за счёт чего повышается температура стенки и увеличивается скорость подплавления льда [патент № 2302492].

6. Известна группа способов активного воздействия на надвигающееся на морскую платформу ледовое поле. Известен способ разрушения ледяного по- крова вокруг морских платформ с помощью взрыва кумулятивных снарядов [патент № 2455189].

7. Волновое воздействие на ледовое поле. Известен способ разрушения ледяного покрова путём воздействия радиоизлучающей частотой [пат. РФ № 2240075]. Известен способ разрушения ледяного покрова направленным ла- зерным излучением [патенты 2463200, 2245275], включая использование лазера высокой мощности на ледоколах [пат. 2009-09-09 В 06В 35/08].

8. Известен способ разрушения морского льда посредством облучения толщи морского льда сверхвысокочастотной энергией, которая воздействует на жидкость, содержащуюся в виде капсул в толще морского льда. Под действием этой энергии жидкость мгновенно испаряется и образовавшиеся пары жидкости, расширяясь, своим давлением разрушают кристаллы льда. Способ осуществляют с помощью устройства, содержащего источник энергии и конструкцию для за- крепления источника энергии. Источником энергии является генератор сверхвы- сокочастотной энергии. Устройство также включает волновод и излучатель сверхвысокочастотной энергии с фланцем. Конструкцией для закрепления ис- точника сверхвысокочастотной энергии является морское судно, на котором жёстко закреплён генератор сверхвысокочастотной энергии, волновод с фланцем и гофрированной частью и излучатель с фланцем, закреплённый на кронштейне в носовой части морского судна. При этом излучатель направлен на поверхность ледяного покрытия. Повышается эффективность разрушения морского льда [Способ разрушения морского льда и устройство для его осуществления патент № 2465399]. Устройство для осуществления этого способа разрушения морского льда, содержащее источник энергии в виде генератора сверхвысокочастотной энергии, конструкцию для закрепления источника энергии на корпусе морского судна, устройство доставки и распределения энергии на ледяной поверхности, волновод и излучатель сверхвысокочастотной энергии с фланцем, при этом из- лучатель сверхвысокочастотной энергии своим фланцем соединён с фланцем волновода и направлен на поверхность толщи морского льда.

9. Механические воздействия. Известно устройство для разрушения льда преимущественно для морских стационарных объектов, содержащее установ- ленную с возможностью поворота в горизонтальной плоскости относительно вертикальной колонны морского стационарного объекта ледоразрушающую

наделку, отличающееся тем, что в нём носовая оконечность упомянутой наделки выполнена в плане в виде одностороннего клина и образована плоским вертикальным бортом, имеющим заострённый выступ по нижней кромке и сопряжённым с ним наклонным криволинейным бортом с возможностью последовательного разрушающего воздействия ими на лёд [патент № 2048372].

Известна патентная публикация WO-2007-089152, в которой описано судно для добычи нефти с турельной якорной системой и вертикальными бортами, подобное тем, что постоянно работают в Северном море и Мексиканском заливе. Судно оснащено средствами разрушения плавучего льда в виде фрезерного устройства на основе использования вращающихся инструментов высокой мощности, которые перемещаются по направляющим, установленным вдоль бортов судна, чтобы последовательно разрушать лёд вблизи судна. Такие устройства чрезвычайно дороги в изготовлении и трудны в эксплуатации, так как они должны оснащаться приводами большой мощности и иметь возможность перемещения по всей высоте льда, то есть они должны быть установлены на стреле чрезвычайно высокой жёсткости и при этом большую часть времени работать под водой, так как толщина плавучего льда может местами достигать нескольких метров.

10. Известны устройства для разрушения льда, содержащие механический орган, разрушающий ледяное покрытие акватории. Устройство для разрушения ледяного покрова, состоящее из движущегося во льду судна с ледокольной приставкой, отличающееся тем, что приставка выполнена в виде пластины, опирающейся на шатуны кривошипного механизма, её передняя часть по ходу движения судна снабжена элементом с положительной плавучестью, на верхней части которой установлены резцы, а задняя – посредством кривошипов кривошипного механизма соединена с плавучими барабанами, оснащёнными зубьями и способными вращаться вокруг своей горизонтальной оси от упора судна и контакта зубьев с нижней поверхностью ледяного покрова, а также за счёт кривошипов пластина способна максимально приближаться к нижней поверхности ледяного покрова без её механического удара по льду снизу за счёт выбора соответствующей длины кривошипов, т. е. эксцентриситета, при этом ширина приставки имеет ширину не меньше ширины корпуса судна и присоединена к корпусу судна при помощи штанг, на конце которых установлены цилиндрические шарниры, сами штанги посредством пружин, работающих на сжатие, опираются на кронштейны, которые также ограничивают угол поворота штанг, а жёсткость пружин должна быть достаточной для надёжного, т. е. без проскальзывания, контакта зубьев барабанов с нижней поверхностью ледяного покрова [Устройство для разрушения ледяного покрова, патент № 2250856].

Наиболее близким техническим решением, принятым нами за ближайший аналог, является способ разрушения плавучего льда с помощью плавучей платформы, в которой различные устройства разрушения льда последовательно посредством повторяемого воздействия приводятся в движение электрическим или гидравлическим двигателем, причём сама платформа подруливающими движителями перемещается в образовавшийся канал плавучего льда, разрушенного устройствами [Плавучая платформа для добычи нефти, оснащённая устройствами для разрушения плавучего льда и способ разрушения плавучего

льда при помощи такой платформы, патент № 2446074]. Недостатком способа-аналога является огромные энергозатраты на обеспечение постоянного процесса механического разрушения надвигающегося ледяного поля.

Прямых прототипов заявляемого способа нами не выявлено.

Наиболее близким техническим решением заявляемого устройства разрушения плавучего льда нами принято устройство для разрушения льда на плавучей платформе, предназначенной для морской добычи нефти в арктической и антарктической зоне, оснащённой под своим корпусом отсоединяемой турелью, от которой отходят якорные линии до морского дна и трубопроводы, связывающие дно с поверхностью, причём корпус имеет проходящие в продольном направлении продольные борта, снабжённые множеством устройств для локализованного разрушения плавучего льда, каждое из которых содержит инструмент разрушения, имеющий, по меньшей мере, одну заострённую часть, выполненную с возможностью раскалывать плавучий лёд посредством повторяемого воздействия при поступательном и/или вертикальном поворотном движении инструмента разрушения относительно продольного борта, причём указанная заострённая часть при движении сверху вниз входит в контакт с поверхностью плавучего льда локализованным образом с силой, предпочтительно равной, по меньшей мере 10 000 кН, при этом указанный инструмент разрушения приводится в поступательное и/или поворотное движение с помощью направляющей конструкции поступательного движения и/или направляющей конструкции поворотного движения, установленной на продольном борту [Плавучая платформа для добычи нефти, оснащённая устройствами для разрушения плавучего льда и способ разрушения плавучего льда при помощи такой платформы, патент № 2446074].

Недостатком устройства – ближайшего аналога – является огромные энергозатраты на обеспечение постоянного процесса механического разрушения надвигающегося ледяного поля, при этом остаётся незащищённым от напора льда наиболее аварийно-опасный участок морской платформы, а именно, её место соединения с обсадной скважинной колонной («турелью» по термину прототипа).

Целью заявляемого нами технического решения является снижение энергозатрат на противодействие ледяному напору посредством использования кинетической энергии напора ледяного поля для механического разрушения плавучего льда, надвигающегося на морскую платформу или любое другое гидротехническое сооружение в условиях замерзающих водных бассейнов. Поставленная цель достигается способом разрушения ледяного поля посредством последовательно повторяемого воздействия инструментов разрушения, приводимых в движение энергией напора ледяного поля путём перевода кинетической энергии напора ледяного поля в потенциальную энергию посредством её накопления и передачи инструментам разрушения для последующего превращения в механическую энергию падающего тела для разрушения близлежащего участка ледяного поля; при этом наиболее ответственный участок защищаемого объекта снабжён инструментом разрушения, использующим способ разрушения морского льда облучением морского льда высокочастотной энергией, при этом генератор высокочастотной энергии включается в действие под влиянием воздействия напора ледяного поля на площадку накопления энергии ледяных

массивов, миновавших основные инструменты разрушения льда. Устройство разрушения плавучего льда, снабжённое множеством устройств для локализованного разрушения плавучего льда, каждое из которых содержит инструмент разрушения, имеющий, по меньшей мере, одну заострённую часть, выполненную с возможностью раскалывать плавучий лёд посредством повторяемого воздействия при поступательном и/или вертикальном поворотном движении инструмента разрушения относительно продольного борта, причём указанная заострённая часть при движении сверху вниз входит в контакт с поверхностью плавучего льда локализованным образом; при этом инструмент разрушения приводится в поступательное и/или поворотное движение с помощью направляющей конструкции поступательного движения и/или направляющей конструкции поворотного движения, установленной на продольном борту защищаемого объекта, согласно изобретения инструмент разрушения льда связан зубчатой передачей с подпружиненной платформой, расположенной перпендикулярно напору (дрейфу) ледового поля, имеющей спусковой механизм освобождения инструмента разрушения, срабатывающий при максимальном сжатии ледяным напором подпружиненной платформы, воспринимающей кинетическую энергию плавучего льда; при этом наиболее ответственный участок защищаемого объекта дополнительно имеет бандажную конструкцию, соизмеримую по протяжённости с ожидаемой толщиной льда и снабжённую высокочастотным инструментом разрушения льда, имеющего подводный подпружиненный датчик включения генератора ультразвука, расположенного в надводной части защищаемого объекта.

Схема устройства представлена на рисунках 1–3. На рисунке 1 представлена схема размещения устройств льдозащиты плавучей морской платформы полупогружного типа (вид сверху); на рисунке 2 представлена схема работы инструмента разрушения льда гильотинного типа; на рисунке 3 представлена схема работы инструмента разрушения типа падающей плиты.

Заявляемый способ применительно к разрушению ледового поля вокруг морской платформы реализуется следующим образом. Морскую платформу 1 (на рисунке 1 под цифрой 1 обозначен передний понтон платформы) устанавливают навстречу господствующему направлению дрейфа ледяного поля 2 так, чтобы воспринимающие подпружиненные панели 3 были первыми участками платформы 1, контактирующими с ледяными глыбами ледяного поля 2; кинетическая энергия напора ледяного поля 2 передаётся воспринимающим подпружиненным панелям 3 и через ворот и систему блоков 4 передаётся на грузовой инструмент разрушения 5, поднимая его над поверхностью льда на высоту, достаточную для механического разрушения при падении на участок ледяного поля 2, непосредственно прилежащего к платформе 1; взведённый механизм сжатия пружин воспринимающих подпружиненных панелей 3, достигая заданного уровня (соответственно ожидаемой толщине льда), контактирует со спусковым механизмом (на фигурах не показан), высвобождает падающий инструмент разрушения 5 и возвращает воспринимающие подпружиненные панели 5 на место разрушенного участка ледяного поля 2.

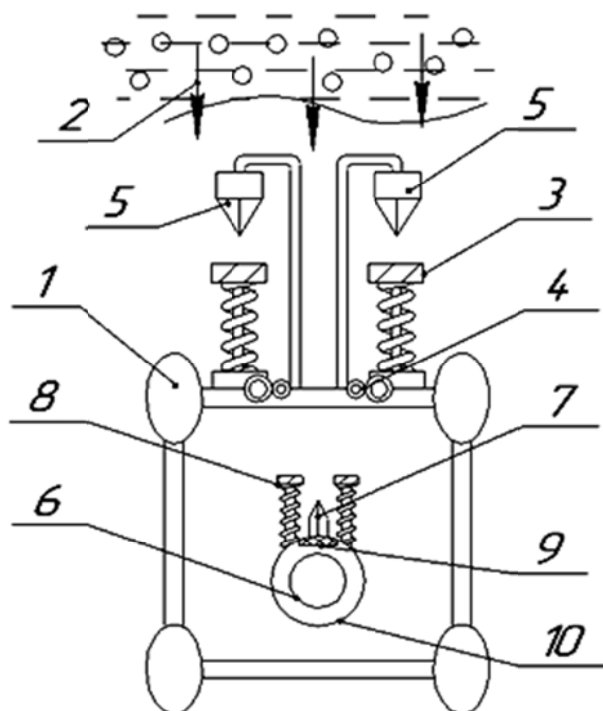


Рисунок 1

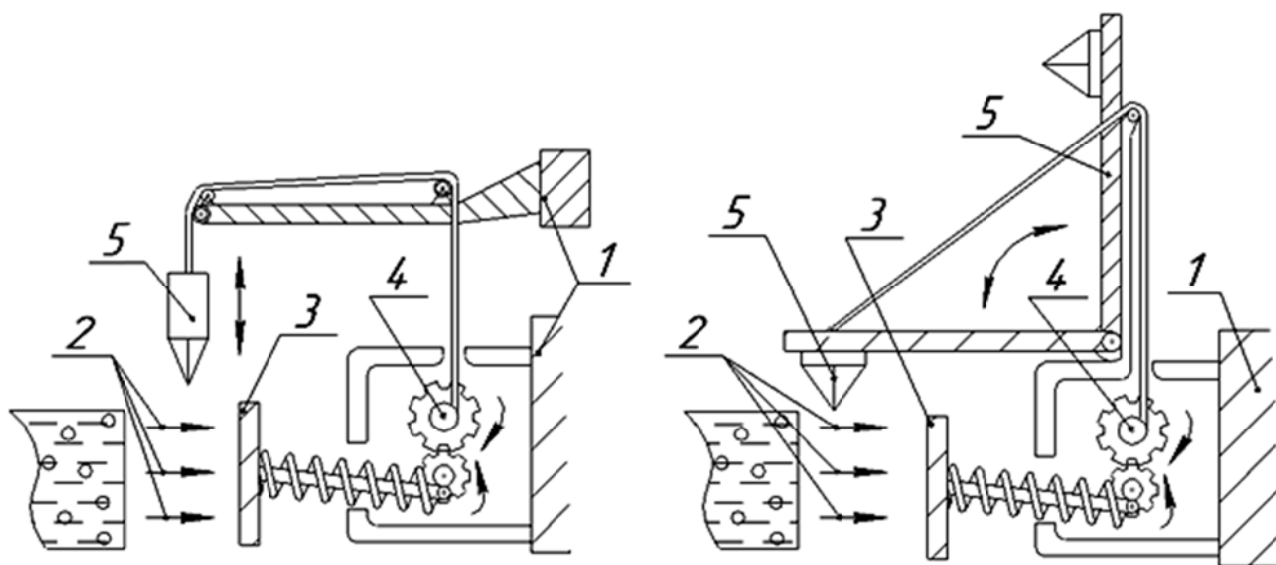


Рисунок 2

Рисунок 3

Для защиты обсадной колонны 6, соединяющей платформу 1 и ствол нефтегазовой скважины, от напора льдин разрушенного ледяного поля 2, прибываемых морским подлёдным течением, способ предусматривает разрушение этого узкого участка ледяного поля 2 воздействием волнового высокочастотного потока (с частотой не менее 23 кГц), передаваемого на участок льда с применением волновода, например, в виде ультразвукового ножа 7, при этом подпружиненные датчики напора 8, размещённые впереди ультразвукового ножа 7, при критическом кинетическом напоре ледяного поля 2 приводят в действие генератор ультразвука 9, источник энергообеспечения которого размещён на верхней палубе платформы (на рисунках не указан); причём бандажный пояс 10, окружающий верхнюю часть обсадной колонны 6 и механизмы крепления

ультразвукового ножа 7 к бандажному поясу 10 имеют протяжённость, соизмеримую с максимально возможной толщиной ледяного поля 2 в регионе размещения морской платформы 1.

Формула изобретения [Герасимов Е. М. Заявка № 2013111241/11. Способ разрушения ледяного поля и устройство для его реализации].

1. Способ разрушения ледяного поля с использованием различных устройств разрушения льда посредством последовательно повторяемого воздействия инструментов разрушения, приводимых в движение электрическим или гидравлическим двигателем, отличающийся тем, что в качестве источника энергии двигателя используют энергию напора ледяного поля путём перевода кинетической энергии напора ледяного поля в потенциальную энергию с последующим её превращением в механическую энергию падающего тела для разрушения участка ледяного поля; при этом наиболее ответственный участок защищаемого объекта дополнительно защищён инструментом разрушения, использующим способ разрушения морского льда посредством облучения толщи морского льда высокочастотной энергией.

2. Устройство разрушения ледяного поля, снабжённое множеством устройств для локализованного разрушения плавучего льда, каждое из которых содержит инструмент разрушения, имеющий, по меньшей мере, одну заострённую часть, выполненную с возможностью раскалывать плавучий лёд посредством повторяемого воздействия при поступательном и/или вертикальном поворотном движении инструмента разрушения относительно продольного борта, причём указанная заострённая часть при движении сверху вниз входит в контакт с поверхностью плавучего льда локализованным образом; при этом инструмент разрушения приводится в поступательное и/или поворотное движение с помощью направляющей конструкции поступательного движения и/или направляющей конструкции поворотного движения, установленной на продольном борту защищаемого объекта, отличается тем, что инструмент разрушения связан механической передачей с подпружиненной платформой, расположенной перпендикулярно напору ледового поля, имеющей спусковой механизм освобождения инструмента разрушения, срабатывающий при максимальном сжатии ледяным напором подпружиненной платформы, воспринимающей кинетическую энергию плавучего льда. Устройство по п. 2. отличается тем, что наиболее ответственный участок защищаемого объекта имеет бандажную конструкцию, снабжённую высокочастотным инструментом разрушения льда, имеющую подводный подпружиненный датчик включения генератора, расположенного в надводной части защищаемого объекта.

Мы считаем, что этим устройством может быть обеспечена ледостойкость предлагаемой нами универсальной морской платформы. При этом российским предпринимателям под силу изготовление все элементов морской платформы, включая полный набор противобортных устройств. Все дело в Заказчике, который на сегодняшний день отсутствует.

Выводы

1. Безаварийное и экологически безопасное освоение углеводородных месторождений арктического шельфа требует дополнительных затрат и немалозначительно без постоянного государственного контроля и государственных гарантий безопасности разработки.

2. Принятая при капиталистическом способе эксплуатации месторождений судебная практика компенсации ущерба, нанесённого аварией и оценённого постфактум, для условий Арктики совершенно неприемлема, так как размеры загрязнения могут быть чрезвычайно высокими, а способы их устранения для условий Арктики ещё не разработаны.

3. Эти проблемы лучше всего решает российская концепция устойчивого развития с предварительной проработкой вариантов ликвидации любых осложнений. А их будет значительно меньше, если использовать предлагаемое нами новое оборудование и универсальные платформы, способы разработки месторождений с береговым контролем всех технологических процессов, включая процесс промышленной обработки скважинного флюида, сейчас ошибочно сконцентрированного на морской платформе с огромными рисками развития аварийного процесса.

Статья поступила в редакцию 08.09.2017

Список литературы

1. Герасимов Е. М. Способ разработки углеводородных месторождений арктического шельфа и технические решения для реализации способа. Патент РФ № 2529683, Е 21В 43/01, Б. И. № 27 27.09.2014.

2. Герасимов Е. М., Искуснов В. П. Полупогружная буровая платформа катамаранного типа. Патент РФ № 2529098. В63В 35/44, В 63В 35/34, В 21В 43/01 Б. И. № 17, 20.09.2014.

3. Искуснов В. П. Устройство транспортировки нефти по магистральным трубопроводом. Патент РФ на полезную модель № 124942.

4. Искуснов В. П. Устройство транспортировки газа по магистральным трубопроводам. Патент РФ на полезную модель № 82290.

5. Герасимов Е. М., Искуснов В. П. Нагреватель трубопровода. Патент № 2525561, F 16L53/00; F28D21/00; F17D 1/18. Б. И. № 23 20.08.2014.

6. Герасимов Е. М. Проблемы освоения арктического шельфа [Электронный ресурс] // Нерешённые проблемы газовой промышленности. Режим доступа: <http://gas-prom.ucoz.ru>.

7. Герасимов Е. М. Способ консервации устья аварийно-фонтанирующей глубоководной нефтегазовой скважины и устройство для его реализации. Патент РФ 2431032. Е21В 33/064, Е 21В 33/04. Б. И. № 28 10.10.2011.

8. Герасимов Е. М. Способ перекрытия открыто фонтанирующей глубоководной нефтегазовой скважины и устройства для его реализации. Патент РФ. № 2441134. Е 21В 33/064, Е21В 29/02. Б. И. № 3 27.01.2012.

9. Герасимов Е. М., Бабиев Г. Н. Устройство для перекрытия открыто фонтанирующей скважины. А. С. СССР 1327608. D 21В 35/00 ДСП.

10. Герасимов Е. М. Устройство для перекрытия открыто фонтанирующей скважины. А. С. СССР № 12005604 Е 21 В 35/00 ДСП.
11. Герасимов Е. М., Бабиев Г. Н. Устройство для перекрытия открыто фонтанирующей скважины. А. С. СССР № 13276708 Е 21 В 35/00 ДСП.
12. Герасимов Е. М. Гигиена труда при выполнении работ с опасными и особо вредными условиями труда на объектах газовой промышленности. Т. 3 [Электронный ресурс] // Нерешённые проблемы газовой промышленности. Оренбург, 2004. 204 с. Режим доступа: <http://gas-prom.ucoz.ru>.
13. Герасимов Е. М. Аварийный газовый фонтан. Проблемы и пути их решения. Эксперименты на управляемой модели. Т. 3 [Электронный ресурс] // Нерешённые проблемы газовой промышленности. Оренбург, 2004. 204 с. Режим доступа: <http://gas-prom.ucoz.ru>.
14. Герасимов Е. М., Бабиев Г. Н., Серебренников А. М. Способ нейтрализации зарядов статического электричества. А. С. СССР № 1106029 Н 053/04 Б. И. № 28 1984 (30.07.84).
15. Герасимов Е. М. А. С. СССР № 1233851. Теплозащитный костюм. А41 D13/00, А 62 В 17/00, Б. И. № 20, 1986 (30.05.86).
16. Герасимов Е. М. Способ разрушения ледяного поля и устройство для его реализации. Заявка на изобретение. № 2013111241/11. Режим доступа: http://gaz-prom.ucoz.ru/index/problemy_osvoenija_arkticheskogo_shelfa/0-16.
17. Герасимов Е. М. Нерешённые проблемы газовой промышленности. Режим доступа: http://gazrom.ucoz.ru/index/proektiruемое_raspredelenie_objazatelstv_po_izgotovleniju_funktionalnykh_blokov_morskoj_platformy/0-18.

List of reference

1. Gerasimov, E. M., *Method for the development of hydrocarbon deposits of the Arctic continental shelf and technical solutions for implementing the method*, patent RF no. 2529683, E 21B 43/01, B. I. no. 27 27.09.2014.
2. Gerasimov, E. M., Iskusnov, V. P., *Semi-submersible drilling platform of catamaran type*, patent RF no. 2529098. B63B 35/44, B 63B 35/34, B 21B 43/01 B. I. no. 17, 20.09.2014.
3. Iskusnov, V. P., *The device for transportation of oil through the main pipeline*, RF patent for utility model no. 124942.
4. Iskusnov, V. P., *The device for transporting gas through trunk pipelines*, RF patent for utility model no. 82290.
5. Gerasimov, E. M., Iskusnov, V. P., *Pipeline heater*, patent RF no. 2525561, F 16L53/00; F28D21/00; F17D 1/18. B. I. no. 23 20.08.2014.
6. Gerasimov, E. M., "Problems of the Arctic continental shelf development", *Unsolved problems of the gas industry*, <http://gas-prom.ucoz.ru>.
7. Gerasimov, E. M., *The method of suspension of the heel of an emergency gushing deep-sea oil and gas well and the device for its implementation*, patent RF no. 2431032. E21B 33/064, E 21B 33/04. B. I. no. 28 10.10.2011.
8. Gerasimov, E. M., *The method of overlapping an openly flowing deep-sea oil and gas well and the device for its implementation*, patent RF no. 2441134. E 21B 33/064, E21B 29/02. B. I. no. 3 27.01.2012.

9. Gerasimov, E. M., Babiev, G. N., *Device for covering the openly flowing well*. certificate of authorship USSR no. 1327608. D 21B 35/00 ДСП.
10. Gerasimov, E. M., *Device for covering the openly flowing well*, certificate of authorship USSR no. 12005604 E 21 B 35/00 DSP.
11. Gerasimov, E. M., Babiev, G. N., *Device for covering the openly flowing well*. certificate of authorship USSR no. 13276708 E 21 B 35/00 DSP.
12. Gerasimov, E. M., “Hygiene of labor in the performance of work with hazardous and especially harmful working conditions at gas industry facilities”, *Unsolved problems of the gas industry*. v. 3, Orenburg, 2004, 204 p., <http://gas-prom.ucoz.ru>.
13. Gerasimov, E. M., “Emergency gas fountain. Problems and ways to solve them. Experiments on a controlled model”, *Unsolved problems of the gas industry*. v. 3, Orenburg, 2004, 204 p., <http://gas-prom.ucoz.ru>.
14. Gerasimov, E. M., Babiev, G. N., Serebrennikov, A. M., *The method of neutralization of charges of static electricity*. Certificate of authorship USSR no. 1106029 H 053/04, B. I. no. 28 1984 (30.07.84).
15. Gerasimov, E. M., *Heat-Protective Suit*, certificate of authorship USSR no. 1233851. A41 D13/00, A 62 B 17/00, B. I. № 20, 1986 (30.05.86)
16. Gerasimov, E. M., *The method of the ice sheet destruction and the device for its implementation*. Application for invention no. 2013111241/11, http://gaz-prom.ucoz.ru/index/problemy_osvoenija_arkticheskogo_shelfa/0-16.
17. Gerasimov, E. M., *Unsolved problems of the gas industry*, http://gazrom.ucoz.ru/index/proektiruemoe_raspredelenie_objazatelstv_po_izgotovleniju_funktionalnykh_blokov_morskoj_platformy/0-18.