

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к способам и средствам повышения стабильности и безопасности внебереговых (морских) систем разведки и добычи и в своем конкретном неограничивающем варианте к системе и способу удерживания одиночной райзерной системы, установленной совместно с камерой с регулируемой плавучестью или ее эквивалентом.

Предшествующий уровень техники

В целях поиска и извлечения запасов углеводородов в мире предпринимались многочисленные попытки с использованием очень большого количества различных систем и способов. Первоначально эти усилия ограничивались наземными операциями, в которых применялись простые, но эффективные методы бурения, обеспечивающие удовлетворительное извлечение ресурсов из крупных продуктивных месторождений. Однако по мере того как количество известных продуктивных месторождений сокращалось, в поисках новых ресурсов стало необходимым производить разведку все более удаленных месторождений и переходить к морскому (внебереговому) бурению. Со временем разработка мощных систем бурения и совершенствование техники обработки сигналов сделали для нефте- и газодобывающих компаний возможным осуществлять разведку пригодных для извлечения углеводородных ресурсов практически в любой точке мира.

Первоначально усилия по глубоководной разведке и добыче предусматривали осуществление дорогостоящих крупномасштабных операций по бурению в сочетании с использованием систем накопления и транспортировки на базе танкеров. Такой принцип, в первую очередь, был обусловлен тем, что большинство зон морского бурения ассоциируются со сложными и опасными морскими условиями. Как следствие, крупномасштабные операции обеспечивали наиболее стабильный и экономически эффективный подход к разведке и добыче углеводородных ресурсов. Однако предпочтение, отдаваемое крупным установкам, имеет тот главный недостаток, что организации, проводящие разведку и добычу, имеют мало стимулов к использованию небольших месторождений. Действительно, потенциальный возврат вложенных финансовых средств обычно осложняется длительным разрывом во времени между разведкой и началом добычи (составляющим, как правило, от 3 до 7 лет). Кроме того, использование обычных платформ и применяемого совместно с ними оборудования для бурения и добычи требует крупных инвестиций. Далее, сложности правовой регламентации и регулирования, а также желание избегать каких-либо рисков, характерное для данной отрасли, привело к стандартизации, которая оставляет операторам мало возможностей внести существенные изменения в преобладающий подход. В результате операции по морскому бурению традиционно осложнялись наличием больших разрывов во времени между инвестициями и получением прибыли, недопустимыми перерасходами средств и медленными и негибкими стратегиями добычи, определяемыми условиями работы.

Относительно недавно были обнаружены морские месторождения, применительно к которым становится возможным избежать значительной части опасностей и нестабильностей, свойственных операциям по добыче. Например, в шельфовых зонах Западной Африки, Индонезии и Бразилии были идентифицированы такие потенциальные участки для бурения, для которых окружающие морские и погодные условия являются сравнительно мягкими и спокойными по сравнению с другими, менее стабильными зонами, например, в Мексиканском заливе или в Северном море. Ожидается, что эти недавно найденные участки способны обеспечить благоприятные производственные показатели и высокий уровень успешных результатов разведки, а также позволяют организовать добычу с использованием простых технологий бурения, подобных применяемым на наземных или прибрежных установках.

Однако в соответствии с логарифмически нормальным ("логнормальным") распределением пригодные к эксплуатации запасы имеют тенденцию быть распределенными по большому количеству малых месторождений. При этом каждое из них способно дать меньше, чем это обычно требуется для того, чтобы оправдать затраты на традиционную крупномасштабную добычу. По данной причине подобные области до настоящего времени оставались недоразведанными и, соответственно, их потенциал использовался неполностью. Как следствие, хотя уже обнаружено большое количество потенциально продуктивных малых месторождений, по экономическим соображениям они остаются неразработанными. С учетом этого обстоятельства, разведочные и добывающие организации адаптировали свои технологии в стремлении достичь более высокой прибыльности за счет уменьшения масштаба операций, а также использования других методов сокращения затрат. В результате добыча из меньших месторождений становится более привлекательной в финансовом отношении, а временной разрыв между инвестированием и получением прибыли сокращается.

Например, в опубликованной патентной заявке US 2001/0047869 A1, а также в ряде других заявок и патентов, связанных с указанной заявкой, предложены различные способы бурения глубоководных скважин, согласно которым буровая система может настраиваться таким образом, чтобы достичь коэффициента нефтеотдачи, более высокого, чем в традиционных технологиях с фильтрованными скважинами. Однако система, описанная в этих патентных публикациях, не может быть настроена в процессе завершения бурения, испытаний и эксплуатации скважины. Кроме того, данная система неэффективна в случаях, когда ствол скважины начинается в вертикальном направлении у границы ила на морском дне. Известная система непригодна также в условиях широкого диапазона поверхностных нагрузок и, следовательно

имеет ограниченные возможности в отношении гибкости, которая представляется желательной для буровиков в процессе реальной проходки. При этом она не позволяет реализовать серьезные меры по обеспечению безопасности с целью создания требуемых условий работы буровых бригад или защиты капиталовложений инвесторов.

В патенте США № 4233737 описан способ, направленный на решение проблем, ассоциированных с традиционными операциями бурения в вертикальном направлении. Данный способ предусматривает размещение группы взаимосвязанных горизонтальных труб в виде плети непосредственно над морским дном (в совокупности с противовыбросовым превентором и другим необходимым оборудованием). Затем с помощью привода или дистанционно управляемого механизма эта плеть с усилием вводится в горизонтальном направлении в зону бурения. Однако данная система является недостаточно гибкой в том отношении, что она не может быть использована на практике на завершающих этапах бурения и испытания скважины. Способ, предлагаемый в данном патенте, кроме того, не в состоянии обеспечить требуемую функциональность на этапах добычи или выполнения операций для увеличения дебита скважины. Можно также заключить, что названный патент не предлагает каких-либо систем и способов, направленных на обеспечение безопасности персонала или защиту капиталовложений оператора в процессе разведки и добычи. Таким образом, решения по данному патенту могут быть полезными только на начальных стадиях проходки скважины, т. е. их нельзя рассматривать в качестве системных решений для обеспечения безопасности и обслуживания операций глубоководной разведки или добычи.

Другие операторы внебереговых установок предпринимали попытки решить проблемы, связанные с глубоководным бурением, за счет "повышения исходного уровня" подповерхностной скважины путем размещения погруженного устья скважины над автономной жесткой трубчатой конструкцией, которая удерживается в напряжении с помощью заполненной газом камеры, обладающей плавучестью (подъемной силой). Например, как можно видеть из патента США № 6196322 В1, фирма Atlantis Deepwater Technology Holding Group разработала систему, названную "искусственным подповерхностным основанием" (ИПО). Данная система, по существу, представляет собой заполненную газом камеру, которая обладает плавучестью, связана с одним или более сегментами колонны труб и устанавливается на глубине от 180 до 300 м от поверхности воды. После того, как головка ИПО будет укомплектована противовыбросовым превентором (на стадии бурения) или устьевой эксплуатационной арматурой (на стадии добычи), система ИПО сообщает подъемную силу и натяжение нижнему соединительному компоненту и всем находящимся внутри него трубопроводным компонентам. Противовыбросовый превентор и водоотделяющая колонна (райзер) на стадии бурения и устьевая эксплуатационная арматура на стадии добычи поддерживаются за счет подъемной силы, создаваемой камерой, обладающей плавучестью. Смещения головки скважины контролируются в допустимых пределах за счет вертикального натяжения, создаваемого благодаря плавучести ИПО.

Однако система ИПО фирмы Atlantis обладает несколькими практическими недостатками. Например, указанный патент США № 6196322 прямо ограничивает зону установки камеры, обладающей плавучестью, глубинами, на которых влияние поверхностных волн пренебрежимо мало, т. е. доставляющими более 150 м от поверхности воды. Специалистам в соответствующей отрасли техники будет понятно, что размещение камеры на таких глубинах представляет собой дорогостоящее и довольно рискованное решение. Действительно, установка и поддержание системы в заданном положении могут в этом случае производиться только глубоководными водолазами или дистанционно управляемыми аппаратами. Кроме того, для того чтобы инициировать добычу из скважины, между верхней частью камеры и днищем взаимодействующего с ней надводного судна должна быть дополнительно установлена сравнительно дорогостоящая транспортная система.

Известная система ИПО непригодна также для применения совместно с системой якорения, использующей несколько якорей, даже в ситуациях, когда существует значительная вероятность столкнуться с грунтами, представляющими сложности при бурении. Более того, известная система не содержит каких-либо управляющих средств для регулировочных настроек либо вертикального натяжения, либо глубины погружения головки скважины при выполнении операций добычи и капитального ремонта скважины. Кроме того, в указанном патенте содержатся прямые рекомендации против использования поперечных стабилизаторов, которые позволили бы устанавливать головку скважины на малых глубинах, на которых проявляется более сильное влияние со стороны приливных сил и поверхностных волн. В данном патенте не рассматриваются какие-либо средства безопасности, способные обеспечить защиту персонала и эксплуатационного оборудования в случае внезапного, непреднамеренного освобождения колонны труб для транспортирования флюида.

Вместе с тем, в опубликованной патентной заявке US 2006/0042800 описаны способ и система для установки системы морской разведки и морской добычи, в которой обсадная колонна связана с камерой с регулируемой плавучестью и со скважиной, пробуриваемой в дне водного резервуара. Нижний соединительный компонент связывает обсадную колонну скважины с камерой, а верхний соединительный компонент связывает камеру с регулируемой плавучестью с компонентом для перекрытия скважины. Камера с регулируемой плавучестью позволяет оператору изменять положение данного компонента по высоте и тем самым варьировать вертикальное натяжение, передаваемое на колонны буровых и эксплуа-

тационных труб в процессе операций разведки и добычи. В данной заявке описаны также система и способ регулировки высоты (т. е. глубины) головки скважины при поддержании ассоциированных с ней вертикальных и поперечных сил, по существу, постоянными. Кроме того, описаны различные компоненты для перекрытия скважины, стабилизаторы поперечных смещений и средства якорения, а также различные варианты осуществления изобретения. При этом, однако, уделяется мало внимания вопросам безопасности, важным в случае непреднамеренного освобождения компонентов системы.

В то же время, известные системы морской (внебереговой) разведки и морской добычи, особенно использующие конфигурации с так называемым одиночным райзером, могут быть подвержены потенциально катастрофическим авариям системы, которые способны приводить к повреждению или разрушению буровых платформ и надводных судов, расположенных над райзерной системой (например понтонной буровой установкой, находящейся на поверхности океана и связанной с райзерной системой).

В частности, могут выйти из строя любые из присоединенных к райзерной колонне компонентов для соединения с обсадной колонной и/или с головкой скважины, и/или с обладающей плавучестью камерой, что приведет к созданию небезопасных условий в результате внезапного высвобождения сил, обеспечивающих плавучесть и натяжения, и как следствие, перемещения подводной части системы к поверхности воды. В случае подобного высвобождения компоненты системы, в частности обладающая плавучестью камера, связанная с райзерной колонной высотой более тысячи метров, движется в сторону поверхности и может удариться о платформу и/или о надводные суда, обслуживающие внебереговую скважину. В контексте изобретения следует отметить, что, хотя многие описываемые далее варианты изобретения относятся конкретно к системе с единственным райзером и к ее функциональным эквивалентам, специалистам будет понятно, что настоящее изобретение применимо практически к любым типам морских систем разведки и добычи в отношении ограничения и контроля различных неблагоприятных эффектов, связанных с внезапным освобождением компонентов таких систем от нагрузки.

Сущность изобретения

В соответствии с первым аспектом изобретения предлагается способ удерживания подповерхностной райзерной системы от освобождения и, в известной степени, контролирования процесса такого освобождения. Способ по изобретению включает операции установки одного или более закрепляющих элементов в одной или более выбранных точках, расположенных по длине райзерной системы, и установки одного или более удерживающих элементов, связанных с указанным закрепляющим элементом или с указанными закрепляющими элементами.

Предлагается также система для удерживания подповерхностной райзерной системы от освобождения. Система по изобретению содержит один или более закрепляющих элементов, установленных по длине райзерной системы и/или в выбранных точках вблизи морского дна, в частности ниже уровня ила.

Описаны также способ и система для удерживания подповерхностной райзерной системы от освобождения и для контролирования такого освобождения. Согласно этому аспекту изобретения приемная станция снабжена одним или более средствами для поглощения или изменения направления силы, прикладываемой со стороны непреднамеренно освобожденного компонента, входящего в состав системы транспортирования флюида.

Перечень фигур чертежей

На фиг. 1 представлена на виде сбоку морская система разведки и добычи, плавучая мобильная буровая установка которой соединена с верхней секцией райзера (далее - верхний райзер) и с противовыбросовым превентором. Противовыбросовый превентор, в свою очередь, соединен с обычной одиночной райзерной колонной. Одиночная райзерная колонна использует обладающий плавучестью компонент для того, чтобы поддерживать эту колонну, отходящую от головки скважины, расположенной у морского дна.

На фиг. 2 одиночная райзерная колонна, снабженная обладающим плавучестью компонентом, показана, на виде сбоку, без верхнего райзера и противовыбросового превентора. Райзерная колонна отходит от головки скважины, расположенной у морского дна, причем над колонной расположен мобильный морской буровой или эксплуатационный модуль.

На фиг. 3 морская система разведки и добычи, снабженная верхним райзером и противовыбросовым превентором, показана в момент катастрофической аварии с высвобождением сил (проиллюстрированных направленными вверх стрелками), ориентированных по длине райзерной колонны.

На фиг. 4 морская система разведки и добычи, изображенная без верхнего райзера и противовыбросового превентора, показана в момент катастрофической аварии или непреднамеренного высвобождения сил, направленных вдоль одиночной райзерной колонны. Данная фигура иллюстрирует возможные дополнительные точки соударения обладающего плавучестью компонента с расположенным над ним плавучим модулем.

На фиг. 5 показана одиночная райзерная колонна, не имеющая верхнего райзера и противовыбросового превентора, но снабженная обладающим плавучестью компонентом, поддерживающим райзерную колонну, которая отходит от головки скважины, расположенной у морского дна, и снабжена средствами удерживания согласно изобретению.

На фиг. 6 показана морская система разведки и добычи, в которой мобильный морской плавучий

модуль соединен с верхним райзером и противовыбросовым превентором, соединенным, в свою очередь, с одиночной райзерной колонной. В данном варианте изобретения и плавучий модуль, и одиночная райзерная колонна используют независимые системы удерживания и контроля.

На фиг. 7 показана морская система разведки и добычи, в которой мобильный морской плавучий модуль механически связан с верхним райзером и противовыбросовым превентором. В свою очередь, противовыбросовый превентор соединен с одиночной райзерной колонной. В другом варианте изобретения между плавучим модулем и верхним райзером установлены одно или более удерживающих и контрольных устройств.

Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения

Как показано на прилагаемых фиг. 1-4, некоторые морские системы разведки и добычи, особенно использующие конфигурации с одиночной райзерной колонной, потенциально подвержены различным авариям, способным привести к повреждению или разрушению буровых платформ, связанных с такой колонной, и надводных судов, расположенных над ней (например плавучих буровых платформ понтоного типа, находящихся на поверхности океана и имеющих связь с райзерной системой).

Возможен, в частности, выход из строя любых компонентов такого типа, как соединительные компоненты, в том числе компоненты для соединения райзера с головкой скважины, и обладающие плавучестью камеры, подсоединенные к райзерной колонне. В результате возникает опасное состояние, связанное с внезапным высвобождением сил, обеспечивавших плавучесть и натяжение в погруженной системе разведки или добычи, всплывающей на поверхность моря. В случае такого высвобождения компоненты системы, например обладающая плавучестью камера, связанная с райзерной колонной весом десятки тысяч ньютонов, могут всплыть на поверхность и столкнуться с ассоциированной платформой или с надводным судном, обслуживающим скважину.

В качестве примера на фиг. 1 представлена морская система разведки и добычи, в которой мобильная морская буровая установка 1 подсоединена к верхнему райзеру 2 и к противовыбросовому превентору 3, которые присоединены также к одиночной райзерной системе 4 на основе райзерной колонны 6. Для поддержания райзерной колонны 6 (т. е. нижнего сегмента райзера), установленной на головку 7 скважины, расположенную у морского дна, используется обладающий плавучестью компонент (обладающая плавучестью камера) 5. Головка 7 скважины присоединена к верхней части обсадной колонны 8, выступающей из слоя ила или морского дна 9.

На практике мобильная установка 1 может иметь в своем составе любое количество судов или конструкций, используемых в качестве морских станций для приема углеводородов, добываемых из морских скважин. Более конкретно, в дополнение непосредственно к оборудованию для морского бурения подобные установки могут иметь в своем составе корабли или другие морские суда для приема углеводородов; временные или постоянные сооружения для разведки и добычи, например вышки; понтоны для таких вышек; танкеры; судно для добычи, хранения и отгрузки нефти; суда для добычи углеводородов, а также другие комплексы и модули, которые должны быть известны специалистам данной отрасли.

Должно быть понятно, что у верхнего райзера 2 могут иметься различные конструктивные или функциональные эквиваленты, облегчающие перенос углеводородов от райзерной колонны 6 к приемной станции. Так райзер 2 может содержать гибкие буровые трубы, наружную колонну труб или жесткие трубы, либо заключенные в наружные трубы или каркас, либо служащие средствами для переноса углеводородов. В контексте изобретения все подобные средства для переноса флюидов будут в целом именоваться, как "райзер."

Аналогично верхнему райзеру 2, одиночная райзерная система 4, в зависимости от конкретных оперативных требований, облегчает подоединение одной или более головок скважины к одной или более подповерхностным скважинам и/или к райзерной колонне, компоненту, обладающему плавучестью, и т.д. У райзерной системы 4 также могут иметься различные конструктивные или функциональные эквиваленты, облегчающие перенос флюидов из скважины к приемной станции, расположенной у поверхности или вблизи нее. В некоторых вариантах эта станция может быть одиночной и находящейся под постоянным действием сил, обеспечивающих ее плавучесть. Райзерная колонна обычно содержит одно или более известных средств переноса флюидов, например колонну или сборку райзерных труб или иной подходящий соединительный компонент, например на основе жестких труб или отрезка гибкой трубы. Компонент 5, обладающий плавучестью, обычно находится в погруженном состоянии, причем он может содержать обладающую плавучестью камеру, расположенную в верхней части райзерной колонны. Плавучесть данного компонента создает растягивающие усилия, действующие на райзерную колонну, образующую в результате своего рода погруженную платформу, на которой могут быть собраны или к которой могут быть прикреплены головка скважины, противовыбросовый превентор, верхний райзер и/или другие компоненты, связанные с приемной станцией.

На фиг. 2 показана одиночная райзерная система 4, связанная с обладающим плавучестью компонентом 5. В этой системе отсутствуют обычно используемые верхний райзер и/или противовыбросовый превентор. Вместо них система снабжена компонентом для перекрытия скважины, например шариковым клапаном или срезной плашкой. Обладающий плавучестью компонент (например в виде обладающей плавучестью камеры) 5 обеспечивает возможность подсоединения райзерной колонны 6, отходящей от

головки 7 скважины, к мобильной морской буровой установке 1 или к иному соответствующему разведочному или эксплуатационному модулю, расположенному над колонной. Как можно видеть, растягивающим усилиям, приложенным к райзерной колонне 6 в результате подсоединения к ней обладающего плавучестью компонента 5, противодействует только головка 7 скважины, зафиксированная относительно морского дна верхней частью обсадной колонны 8.

На фиг. 3 морская система разведки и добычи, имеющая верхний райзер 2 и противовыбросовый превентор 3, показана в начальный период непреднамеренного освобождения конструкции в направлении оси райзерной колонны 6, т. е. в направлении действия высвобождаемых сил, которые иллюстрируются вертикальными стрелками 10. Как видно из фиг. 3, проиллюстрированная авария в единственной точке заставит обладающий плавучестью компонент 5 быстро и с большой силой устремиться к поверхности. Фактически любая подобная авария или иное событие, имеющее место между указанным компонентом 5 и обсадной трубой 8 скважины и приводящее к освобождению райзерной системы 4, вызовет быстрое, подобное выбрасыванию, движение освобожденных компонентов прямо в направлении мобильной морской буровой установки 1. Например, авария или отделение от морского дна компонента, к которому присоединена головка скважины, или отделение головки 7 скважины от обсадной колонны 8 освободит определенную часть райзерной колонны 6, а также весь обладающий плавучестью компонент 5. В результате ассоциированные с этим компонентом силы, обеспечивающие плавучесть, будут приложены и к противовыбросовому превентору 3, и к верхнему райзеру 2. Очевидно, что могут произойти очень серьезные повреждения, если верхний райзер 2, ускорившись, натолкнется на мобильную морскую буровую установку 1 с возникновением точки 11 соударения, в которой будут сконцентрированы ударные нагрузки и которая не рассчитана на то, чтобы выдержать резкое и неожиданное приложение таких громадных усилий. Другими примерами точек аварии или иного освобождения компонентов системы могут служить точка 12 вблизи основания райзерной колонны 6, точка 12' на любом участке райзерной колонны 6 и точка 12'' вблизи верхнего края райзерной колонны 6, т. е. в непосредственной близости от обладающего плавучестью компонента 5. Таким образом, внезапное освобождение райзерной колонны приведет к высвобождению всех ранее скомпенсированных сил плавучести и натяжения, присутствовавших в системе. Это вызовет скачкообразное движение верхнего райзера 2 вверх и, возможно, нанесет повреждения мобильной морской буровой установке 1.

На фиг. 4 показана приемная станция 1' до монтажа сборки верхнего райзера и противовыбросового превентора в случае катастрофического выхода из строя или непреднамеренного освобождения компонентов в какой-либо точке по длине райзерной системы 4. Показаны также потенциальные точки 13, 13' удара со стороны обладающего плавучестью компонента 5 в корпус или в поддерживающие компоненты приемной станции 1'. Можно видеть, что в райзерной системе 4 имела место катастрофическая авария, в результате которой произошло разламывание райзерной колонны 6 в точке 14''. В зависимости от ориентации колонны 6 в момент аварии система обладающая плавучестью камера 5, которая была прикреплена к райзерной колонне 6, чтобы обеспечить необходимое натяжение в процессе разведки и добычи, неожиданно начинает двигаться вместе со связанной с ней райзерной колонной (длиной до одного километра и более) к поверхности воды, где ударяет в расположенную над ней по вертикали точку 13, находящуюся в нижней части приемной станции 1'. Как следствие, вновь возникает небезопасная ситуация для всей приемной станции, в результате которой возможна утрата всего или значительной части используемого оборудования, а также персонала.

Альтернативно или одновременно авария может происходить и в других точках, например в точках 14 и/или 14'. Как легко согласятся специалисты в данной области, подобные аварии могут иметь место в результате механических повреждений, ухудшения качества материала вследствие коррозии и т. д. или под действием изгибающих усилий, действующих на райзерную колонну 6. Поперечные нагрузки типа обусловленных встречными течениями, привязанными к определенным глубинам, также могут привести к изгибанию или отламыванию. Кроме того, они могут вызвать поперечные смещения или изменения угла приложения сил по сравнению с вертикальным направлением в отсутствие этих факторов. Как показано на фиг. 4, наклоненный описанным образом или имеющий поперечное смещение райзер 6' мог бы ударить в понтон или поперечную связь в точке 13' соударения и серьезно повредить приемную станцию 1' и/или другие плавучие объекты, такие как суда обслуживания или плавучие трубопроводы.

В вариантах изобретения, как показано на фиг. 5-6, предусмотрена система контроля катастрофического освобождения. Она содержит сеть удерживающих элементов (например в виде цепей, тросов, линий с регулируемым натяжением), расположенных между средствами закрепления и одной или более заданными точками, расположенными по длине райзерной колонны. Количество возможных точек закрепления и средства, которые могут быть применены для осуществления соединения, наглядно представлены на чертежах. Однако специалисту будет понятно, что изобретение охватывает большое количество других вариантов соединительных средств и точек закрепления. Конкретный выбор таких средств и точек определяется параметрами, специфичными для конкретного случая, например состояниями моря, на которые рассчитана установка, свойствами материалов, использованных для ее осуществления, уровнем и частотой волнения на море и приливных явлений и т. д. Используя попарное распределение соединительных средств и точек закрепления с учетом других операционных параметров, можно создать сис-

тому, в которой райзер и/или райзерная колонна будут удержаны даже в случае аварий в системе, которые в противном случае были бы катастрофическими.

Применительно к конкретному варианту изобретения по фиг. 5 иллюстрируется система контроля непреднамеренного освобождения одиночных райзерных систем, содержащая множество точек 100-109 закрепления, расположенных на райзерной системе вместе с удерживающими элементами 200-209, связанными с точками закрепления. В представленном на чертежах состоянии райзерная система 4 еще не связана с расположенным над ней плавучим модулем 1', т.е. райзер или противовыбросовый превентор еще не подсоединен к данному модулю. Обладающая плавучестью камера 5 связывает райзерную колонну 6 с придонной головкой 7 скважины, причем конкретный практический вариант расположения удерживающих элементов показан на чертеже только в качестве примера.

Показанные на чертеже точки 100-109 закрепления указывают на расположение соответствующих средств закрепления. В данном варианте эти средства расположены на райзерной колонне, на компоненте, обладающем плавучестью, и на нижних частях райзерной системы 4. В представленном варианте на райзерной колонне 6 в составе райзерной системы 4 расположены точки 101-106 закрепления. Точки 100 закрепления расположены на обладающем плавучестью компоненте 5, а точки 107 закрепления - на головке 7 скважины. Дополнительные (необязательные) или альтернативные точки закрепления могут находиться на морском дне. Они могут быть расположены на основании или на соответствующих грузах или находиться на морском дне или на поверхности слоя ила (в последних случаях должны быть использованы средства якорения, условно показанные, как точки 109 закрепления). Дополнительные или альтернативные точки 108 закрепления могут находиться на компоненте 8, соответствующем обсадной колонне скважины.

Удерживающие элементы могут быть выполнены с использованием различных известных деталей и материалов, выбор которых зависит от конкретных конструктивных условий, характеристик окружающей среды, а также от операционных требований по нагрузке. Конкретные примеры включают цепи, тросы, веревки, эластичные ленты, пружины растяжения, в том числе с ограничением степени растяжения. В любом случае различные удерживающие элементы устанавливаются между точками закрепления, так что один конец удерживающего элемента будет закреплен в первой точке закрепления, а другой его конец - во второй такой точке. Множество удерживающих элементов 200-209 связывают различные участки райзерной колонны 6 от головки 7 скважины до обладающего плавучестью компонента 5. Тем самым формируется множество точек привязки сети удерживающих элементов, распределенных по различным частям райзерной системы 4.

Указанная сеть удерживающих элементов может выполняться во множестве различных вариантов. В примере по фиг. 5 взаимосвязанные удерживающие элементы 201-209 расположены в форме цепи (гирлянды), т.е. в каждой точке закрепления или вблизи нее расположена пара удерживающих элементов. Так, удерживающий элемент 201 подсоединен к точкам 101, 102 закрепления, а удерживающий элемент 202 подсоединен к точкам 102, 103 закрепления. Аналогично, удерживающий элемент 203 подсоединен к точкам 103, 104 закрепления, удерживающий элемент 204 подсоединен к точкам 104, 105 закрепления, удерживающий элемент 205 подсоединен к точкам 105, 106 закрепления, удерживающий элемент 206 подсоединен к точкам 106, 107 закрепления и т. д. В рассматриваемом варианте завершающий удерживающий элемент 200 подсоединен к точке 100 закрепления, находящейся на обладающем плавучестью компоненте 5. Удержание райзерной системы с использованием цепей, кабелей, линий с регулируемым натяжением и др., прикрепленных как к якорю, так и к одной и более выбранных точек вдоль райзерной колонны, предотвратит освобождение райзерной колонны с ударом об ассоциированную буровую платформу или надводное судно. В представленном варианте с одной или более точек 106, 107, 108 и 109 закрепления связаны избыточные концевые удерживающие элементы. Описанная сеть формирует непрерывную цепь (в данном примере цепную конструкцию 20 из взаимосвязанных звеньев, проходящую по всей длине райзерной колонны 6), идущую от компонента, обладающего плавучестью, к породам на морском дне.

Хотя на фиг. 5 показаны две отдельные цепи 20 и 20', составленные из удерживающих элементов, специалисту будет понятно, что в каких-то случаях будет достаточно и одной цепи 20. Вместе с тем, могут быть добавлены и другие (не изображенные) цепи из удерживающих элементов, связывающие отдельные подобные элементы в структуру типа сети. Например, с одной точкой закрепления может быть связано несколько удерживающих элементов; альтернативно, эти элементы могут располагаться в непосредственной близости друг от друга. При этом сеть из удерживающих элементов может служить для формирования множества взаимосвязанных звеньев, в котором каждое конкретное звено может быть связано или не связано с каким-либо иным звеном. В другом варианте некоторые удерживающие элементы расположены с взаимным смещением, так что различные индивидуальные удерживающие элементы необязательно связаны с общей точкой закрепления, но все же образуют непрерывную цепь по длине райзерной колонны. Еще в одном варианте сеть из удерживающих элементов покрывает по длине лишь часть райзерной системы.

На фиг. 5 показана также пара средств закрепления и соответствующие соединения для различных удерживающих элементов. Так, точки 101 и 102 закрепления расположены сравнительно близко одна от

другой Эти точки 101, 102 соединены соответствующим удерживающим элементом 201. По меньшей мере, в одном из вариантов на части наружной стенки райзерной колонны 6 между точками 101, 102 закрепления может иметься фланец или иной стык, т. е. специально предусмотренный участок, представляющий собой место потенциального разрушения или изгиба и требующий использования дополнительных средств для повышения безопасности.

Подводя итоги сказанному, модифицированная райзерная система, будучи защищена одной или более сетями удерживающих элементов, предотвращает непреднамеренное быстрое освобождение (выбрасывание на поверхность) обладающего плавучестью компонента и связанной с ним райзерной колонны. Тем самым предотвращается возможное ударное столкновение с приемной станцией или с соответствующей буровой платформой, или с расположенным поблизости судном.

Как показано на фиг. 6-7, дополнительные средства безопасности предусмотрены также для находящихся поблизости надводных судов или платформ, что повышает безопасность операторов, когда в результате непреднамеренного освобождения колонны труб или других компонентов они достигают поверхности, несмотря на наличие подповерхностных средств безопасности, описанных выше. Например, у нижней части буровой установки или платформы может (могут) быть установлен (установлены) один или более цилиндров или других устройств для поглощения и рассеяния энергии направленного вверх удара со стороны одного или более освобожденных компонентов райзерной системы. Приемлемые устройства для поглощения энергии удара могут содержать также систему пружин, гидро- или пневмоцилиндров и т. д. В оптимальном варианте эти устройства расположены таким образом, чтобы как можно меньшего их количества было достаточно для поглощения и ослабления даже максимального силового воздействия, к которому способно привести внезапное неконтролируемое освобождение райзера. Например, система пружин или цилиндров может быть установлена в нижней части буровой установки под углом, примерно равным 45° (относительно наиболее вероятного направления удара райзера), чтобы поглощать и рассеивать ударные нагрузки. Однако альтернативно этой, оптимальной, конфигурации может быть использована и любая другая система (любые другие системы) для поглощения ударных усилий, пригодная (пригодные) для размещения на буровой установке или платформе или даже на днище судна, причем углы наклона подобных систем могут быть различными.

На фиг. 6 представлен пример морской системы разведки и добычи, в которой плавучая установка 1' подсоединена к верхнему райзеру 2 и к противовыбросовому превентору 3. Противовыбросовый превентор 3 механически связан с одиночной райзерной системой 4. В одном варианте как плавучая установка 1', так и райзерная система 4 используют отдельные удерживающие системы. В случае освобождения или аварии райзерной системы и в отсутствие или при неспособности сети удерживающих элементов райзерной системы 4 задержать непреднамеренное выбрасывание в направлении поверхности подповерхностных компонентов этой системы, одно или более поглощающих средств, размещенных на находящейся над этой системой плавучей установке 1', обеспечивают поглощение, отклонение и иное ослабление или подавление энергии удара, ассоциированной с освобождением обладающего плавучестью компонента 5 и связанной с ним райзерной колонны 3. Как показано на фиг. 6, на нижней части инфраструктуры плавучей установки 1' под углом примерно 45° размещены гидравлические пружины 300. Эти пружины могут использоваться отдельно или в сочетании с множеством нижерасположенных удерживающих элементов 200-209 (см. фиг. 5), установленных на райзерной системе 4. Могут быть предусмотрены и другие средства поглощения энергии, например пружины, включая пружины растяжения, в том числе с ограничением степени растяжения, и/или гидро- или пневмоцилиндры, включая вентилируемые пневмоцилиндры.

В альтернативном варианте гидравлические пружины 300 расположены под углом (выбранным в интервале примерно $30-45^\circ$) относительно наиболее вероятного направления удара райзера. В этом варианте данное направление является вертикальным и ориентированным в сторону центра нижней части установки 1', поскольку головка 7 скважины расположена непосредственно под данной установкой 1'. Именно поэтому гидравлические пружины 300 на нижней стороне надводной части установки 1' наклонены на угол, лежащий в интервале примерно $30-45^\circ$ относительно продольной, вертикальной оси подповерхностных райзерных компонентов 2, 6. Однако должно быть понятно, что головка 7 скважины или ассоциированная с ней райзерная система 4 могут иметь поперечное смещение относительно приемной станции, так что вероятное направление удара со стороны райзера для конкетной приемной станции может соответствовать углам подъема различных компонентов райзерной системы.

Чтобы ослабить или устранить направленные вверх ударные воздействия, происходящие в результате внезапного, непредусмотренного освобождения райзерной системы, могут применяться и иные технические средства. Так, механические средства для непосредственной стабилизации непреднамеренно освобожденного компонента, обладающего плавучестью, будут способствовать ограничению углового разброса точек возможного ударного воздействия и позволят ослабить уровень нагрузок до момента удара. Подобные средства, будучи связаны либо с расположенными на приемной станции средствами для поглощения ударного воздействия и/или с сетью удерживающих элементов на райзерной системе, будут уменьшать вероятность серьезного повреждения или разрушения в случае аварии, приводящей к непредусмотренному освобождению райзерной системы.

Одно средство для стабилизации компонента, обладающего плавучестью, представляет собой средство, ограничивающее вращение этого компонента в случае его неудовлетворительного закрепления или непреднамеренного выбрасывания на поверхность. Согласно одному из примеров по периферии цилиндрических наружных поверхностей данного компонента устанавливается множество лопаток (не изображены). В другом примере по периферии цилиндрических наружных поверхностей компонента 5 расположены выступающие из этих поверхностей стабилизаторы. В одном из конкретных вариантов множество плоских или изогнутых стабилизаторов, расположенных по периферии цилиндрических наружных поверхностей данного компонента, обеспечивают сопротивление вращающим усилиям, которые иначе были бы неконтролируемыми, что могло бы привести к избыточной нагрузке на удерживающие элементы 200-209 (см. фиг. 5). Таким образом, лопатки, стабилизаторы и иные подобные элементы придают дополнительную стабильность системам, снабженным камерами с регулируемой плавучестью, которые установлены динамично и одновременно с этим ограничены по перемещению, благодаря тому, что эти элементы противодействуют влиянию встречных подповерхностных течений и тем самым тормозят вращение подобных камер. Такое ограничение вращения, в свою очередь, существенно ослабляет или устраняет усилия сдвига, приложенные к райзерной колонне 6 и к погруженной головке 7 скважины.

Еще одно средство стабилизации непредусмотренного освобождения обладающей плавучестью камеры представляет собой средство для ее заполнения в случае освобождения райзерной системы. В одном из примеров на верхних поверхностях компонента, обладающего плавучестью, установлена серия запоров, чувствительных к давлению. Запоры разрушаются, когда давление снаружи компонента, обладающего плавучестью, значительно превосходит давление внутри данного компонента (это соотношение будет иметь место в случае быстрого и неконтролируемого движения к поверхности райзерной системы, снабженной таким компонентом). В данном варианте морская вода заполняет компонент, обладающий плавучестью, и тем самым уменьшает силу, обусловленную плавучестью, в процессе приближения райзерной системы к поверхности воды. Средство для облегчения заполнения камеры может срабатывать непосредственно (например, в случае выполнения запоров из материала, существенно менее прочного, чем материалы окружающих их элементов камеры, так что запоры будут разрушаться в процессе освобождения системы). Возможно также не прямое срабатывание, когда разрушение запоров инициируется датчиком дифференциального давления или аналогичным устройством.

На фиг. 7 представлена морская система разведки и добычи, в которой плавучий эксплуатационный модуль 1' соединен со сборкой: верхний райзер 2 - противовыбросовый превентор. Противовыбросовый превентор, в свою очередь, механически связан с расположенной под ним райзерной колонной 6. В данном варианте удерживающие элементы могут быть введены между плавучим эксплуатационным модулем 1' и верхним райзером 2. Как это показано на чертеже, гидравлические пружины 300' расположены на нижней части инфраструктуры эксплуатационного модуля 1'. Могут быть применены и другие средства, такие, например, как пружины, включая пружины растяжения, в том числе с ограничением степени растяжения, и/или гидро- или пневмоцилиндры, включая вентилируемые пневмоцилиндры. В приведенном примере гидравлические пружины 300' ориентированы вниз в направлении центральной оси под углом, составляющим примерно 30-45° относительно наиболее вероятного направления удара райзера.

Приведенное описание является только иллюстративным материалом и не предусматривает раскрытие всех возможных вариантов изобретения. Кроме того, хотя изобретение было представлено и подробно описано на примере нескольких вариантов его осуществления, специалистам в соответствующей области будет понятно, что, не выходя за границы изобретения, из этих вариантов можно исключить некоторые элементы или внести в них различные изменения, модификации и дополнения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ удерживания от освобождения подповерхностной одиночной райзерной системы, зафиксированной относительно морского дна, причем райзерная система облегчает перенос флюидов и находится под постоянным действием сил, обеспечивающих ее плавучесть, в котором

устанавливают множество закрепляющих элементов во множестве выбранных точек, расположенных по длине райзерной системы, и

устанавливают множество удерживающих элементов, связанных с множеством закрепляющих элементов таким образом, что, в случае аварии или иного непреднамеренного освобождения по длине райзерной системы, посредством множества удерживающих элементов предотвращают освобождение райзерной системы и ее удар об ассоциированную плавучую установку или судно, находящиеся на поверхности воды.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что при выполнении операции установки закрепляющих элементов осуществляют соединение одного или более закрепляющих элементов с компонентом, связанным с райзерной системой и обладающим плавучестью.

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что при выполнении операции установки закрепляющих элементов указанное соединение производят на:

а) по меньшей мере одной поверхности указанного компонента, обладающего плавучестью; и/или

b) по меньшей мере одним продольным участке верхнего сегмента райзера, установленного над указанным компонентом, обладающим плавучестью; и/или

c) по меньшей мере одним продольным участке нижнего сегмента райзера, установленного под указанным компонентом, обладающим плавучестью; и/или

d) по меньшей мере одним участке обсадной колонны скважины; и/или

e) по меньшей мере одним участке морского дна; и/или

f) по меньшей мере одним участке морского дна, расположенном ниже уровня ила.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что при выполнении операции установки множества удерживающих элементов удерживающий элемент устанавливают:

a) между первой и второй выбранными точками, расположенными на продольном участке райзерной системы; и/или

b) между компонентом, обладающим плавучестью, и выбранной точкой на продольном участке райзерной системы; и/или

c) между выбранной точкой на продольном участке райзерной системы и головкой скважины, связанной с указанной райзерной системой; и/или

d) между выбранной точкой на продольном участке райзерной системы и выбранной точкой, расположенной ниже головки скважины, связанной с указанной райзерной системой; и/или

e) между выбранной точкой на продольном участке райзерной системы и выбранной точкой, расположенной ниже уровня ила на морском дне.

5. Способ по п.1, отличающийся тем, что при выполнении операции установки множества закрепляющих элементов по меньшей мере один закрепляющий элемент устанавливают между первой и второй выбранными точками, расположенными на одном или более продольных участках райзерной системы в непосредственной функциональной близости одна к другой с образованием эффективной пары точек закрепления.

6. Способ по п.5, отличающийся тем, что при выполнении операции установки множества удерживающих элементов между первой и второй выбранными точками, образующими эффективную пару точек закрепления, устанавливают по меньшей мере один дополнительный удерживающий элемент.

7. Система для удерживания от освобождения подповерхностной одиночной райзерной системы, зафиксированной относительно морского дна, причем райзерная система облегчает перенос флюидов и находится под постоянным действием сил, обеспечивающих ее плавучесть, содержащая

множество закрепляющих элементов, установленных во множестве выбранных точек, расположенных по длине райзерной системы, и

множество удерживающих элементов, связанных с указанным множеством закрепляющих элементов.

8. Система по п.7, отличающаяся тем, что содержит один или более закрепляющих элементов, соединенных с компонентом, связанным с райзерной системой и обладающим плавучестью.

9. Система по п.8, отличающаяся тем, что содержит один или более закрепляющих элементов, установленных на:

a) по меньшей мере одну поверхность компонента, обладающего плавучестью; и/или

b) по меньшей мере одним продольным участке верхнего сегмента райзера, установленного над указанным компонентом, обладающим плавучестью; и/или

c) по меньшей мере одним продольным участке нижнего сегмента райзера, установленного под указанным компонентом, обладающим плавучестью; и/или

d) по меньшей мере одним участке ассоциированной обсадной трубы скважины; и/или

e) по меньшей мере одним ассоциированным участке морского дна; и/или

f) по меньшей мере одним участке морского дна, расположенном ниже уровня ила.

10. Система по п.7, отличающаяся тем, что содержит по меньшей мере один удерживающий элемент, установленный:

a) между первой и второй выбранными точками, расположенными на продольном участке райзерной системы; и/или

b) между компонентом, обладающим плавучестью, и выбранной точкой на продольном участке райзерной системы; и/или

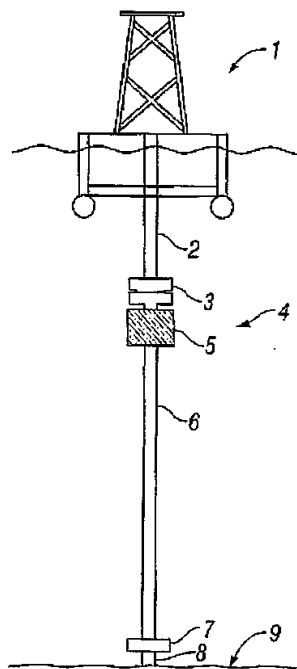
c) между выбранной точкой на продольном участке райзерной системы и головкой скважины, связанной с указанной системой; и/или

d) между выбранной точкой на продольном участке райзерной системы и выбранной точкой, расположенной ниже головки скважины, связанной с указанной системой; и/или

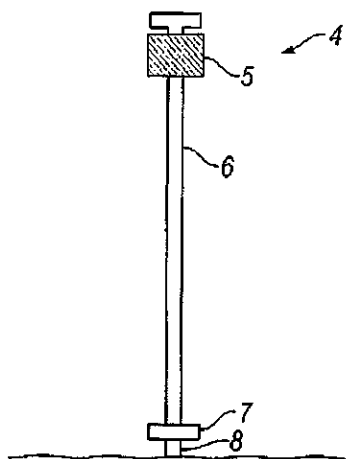
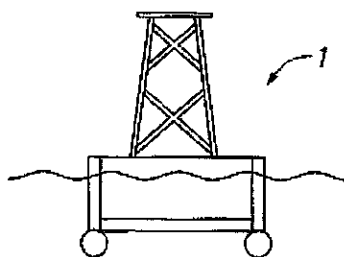
e) между выбранной точкой на продольном участке райзерной системы и выбранной точкой, расположенной ниже уровня ила на морском дне.

11. Система по п.7, отличающаяся тем, что содержит по меньшей мере один закрепляющий элемент, установленный между первой и второй выбранными точками, расположенными на одном или более продольных участках райзерной системы в непосредственной функциональной близости одна к другой с образованием эффективной пары точек закрепления.

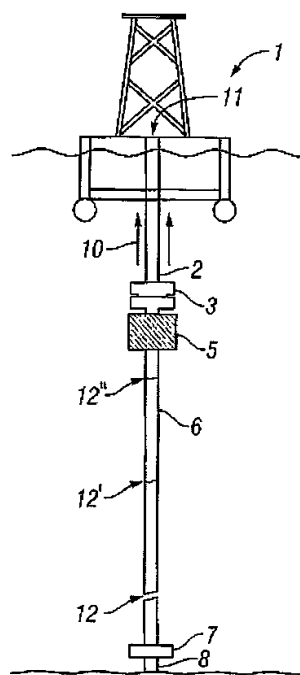
12. Система по п.11, отличающаяся тем, что между первой и второй выбранными точками, образующими эффективную пару точек закрепления, установлен по меньшей мере один дополнительный удерживающий элемент.



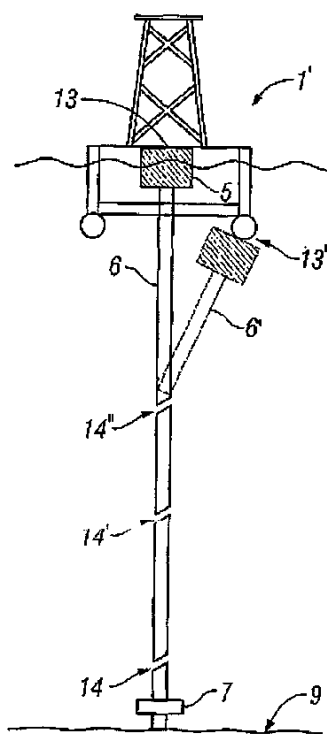
Фиг. 1



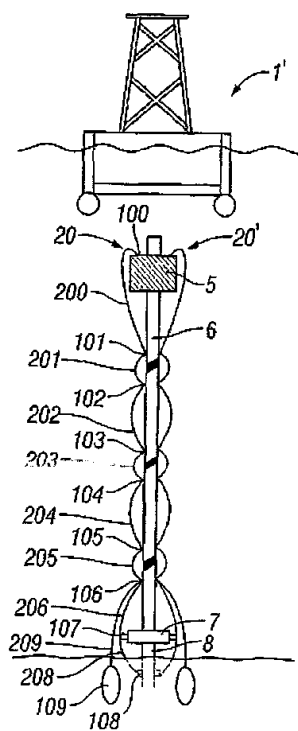
Фиг. 2



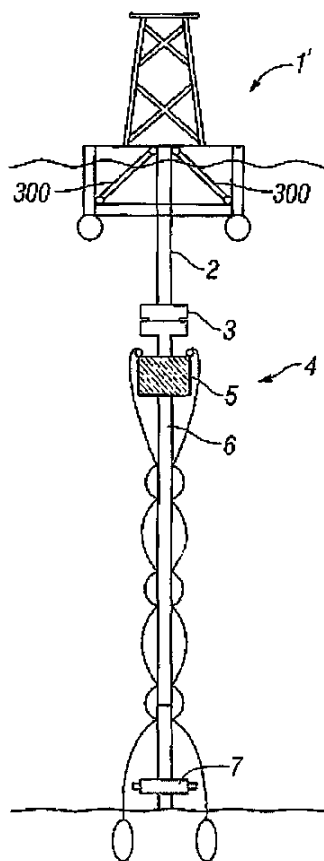
Фиг. 3



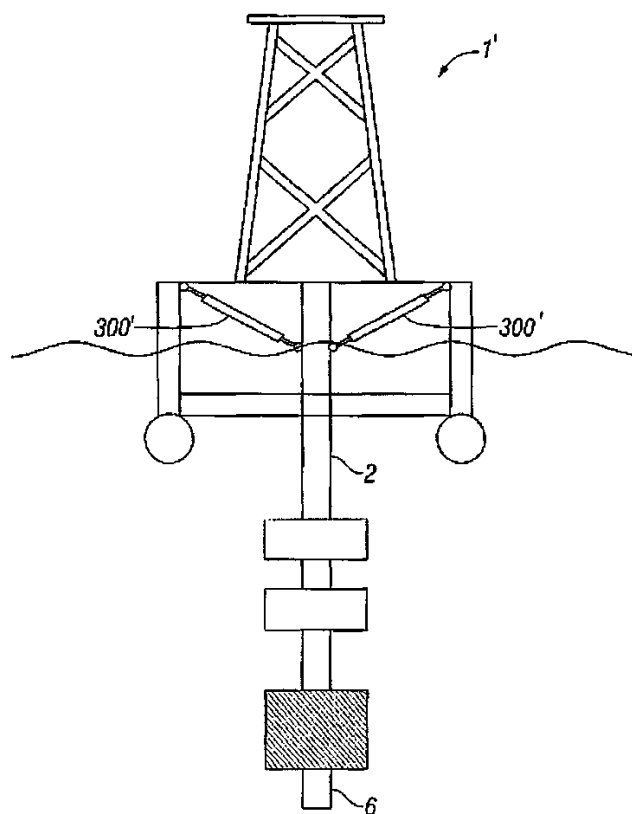
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7

