

**АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ И ОСОБЕННОСТЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТУРЕЛЬНЫХ СИСТЕМ
УДЕРЖАНИЯ БУРОВЫХ СУДОВ ДЛЯ ЗАМЕРЗАЮЩИХ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ**

В.А. Сычев, Д.И. Геращенко

Научный руководитель - старший преподаватель А.В. Епихин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Актуальность разработки и совершенствования бурового оборудования для сооружения скважин на шельфе замерзающих морей не вызывает сомнений, поскольку объемы бурения на шельфе и глубоководье растут постоянно. В данный момент времени применяются различные способы удержания технологической платформы на её месте. Способ удержания зависит от характеристик самой платформы и района, в котором она эксплуатируется. В данной статье отображен состав конструкции турельных систем удержания и проанализирован их функционал, особенности эксплуатации и возможности технического совершенствования.

Состав турельной системы удержания (ТСУ) представлен нижеследующими элементами.

Турель – стационарный элемент ТСУ, вокруг которого вращается корпус, соединяемый через БСУР и якорную систему удержания с морским дном. Предназначена для изменения ориентации платформы под воздействием внешних нагрузок (волновая, ветровая, ледовая, течения). Турель через подшипники опирается на корпусные конструкции. На период проведения ремонтных работ турель оборудована запорным устройством, фиксирующим положение корпуса и препятствующим вращению ПНК СТ под воздействием внешних нагрузок. Указанное устройство планируется задействовать, например, для замены элементов основного подшипника ТСУ.

В нижней части турели располагается система отсоединения для разъединения потоков жидкостей, газов, электрических и оптических линий. Конструкция турели располагает достаточной прочностью и жесткостью для передачи нагрузок от якорной системы на корпус.

Буй-системы удержания райзеров (БСУР) - это стационарный элемент турели, предназначенный для крепления райзеров и шлангокабелей. БСУР фиксируется к турели посредством запорного устройства и соединяется с якорной системой так называемой якорной оттяжкой БСУР, проходящей между соединительным элементом БСУР и соединительным элементом турели (рис. 3). После отсоединения БСУР обеспечивает удержание якорных оттяжек, райзеров и шлангокабелей на глубине не менее 100 м ниже поверхности моря.

Кожух - это поворотный элемент ТСУ, жестко сопряженный с корпусом и совершающий вместе с ним вращательные движения вокруг стационарной турели. Кожух представляет собой вертикальную цилиндрическую конструкцию, отделяющую турель от корпуса и служащую опорой для размещения подшипников и турели. Кожух имеет диаметр 23 м, располагается вокруг турели и является также водонепроницаемым барьером в примыкающие отсеки корпуса. Нижняя часть кожуха входит в ледовый пояс, образуя единую конструкцию.

Подшипники ТСУ - это элемент ТСУ, обеспечивающий способность ориентации платформы относительно стационарных элементов турельной системы под воздействием внешних нагрузок (рис. 2). Подшипники также предназначены для распределения усилия, передаваемого с корпуса на турель. Подшипники служат опорой для турели и обеспечивают требуемый коэффициент трения в системе «турель – кожух» для обеспечения ориентации платформы.

Предусмотрено три узла подшипников:

- вертикальный верхний подшипник – воспринимает все вертикальные нагрузки и вертикальные нагрузки, создаваемые опрокидывающим моментом;
- горизонтальный верхний подшипник – воспринимает горизонтальные нагрузки, создаваемые опрокидывающим моментом и вызываемые горизонтальными ускорениями нагрузки от поворотных столов и части турели;
- нижний подшипник – воспринимает горизонтальные нагрузки от якорной системы и вызываемые горизонтальным ускорением нагрузки от части турели.

Распределение нагрузок между горизонтальным верхним подшипником и нижним подшипником определяется податливостью конструкции на участке между нижним и верхним подшипником. Нижний подшипник включается в работу при увеличении горизонтальной составляющей внешней нагрузки свыше 2500 т.

Поворотный стол - это стационарный элемент, расположенный над турелью и служащий для размещения основной части оборудования ТСУ, включая подъемное оборудование БСУР и вспомогательные лебедки для замены элементов якорной и райзерной систем. На поворотном столе также расположены трубопроводы и манифольды. Поворотный стол жестко соединен с турелью. В стандартной конструкции ТСУ предусмотрено наличие поворотного стола, состоящего из пяти палуб.

На верхней палубе расположен вертлюжный блок. На четвертой палубе расположены манифольды и трубная обвязка для перераспределения потоков пластового продукта перед входом в вертлюжный блок. На третьей палубе расположены камеры запуска и приема средств очистки и диагностики (СОД) для удаления накопившейся жидкости и примесей в добычных райзерах и внутрипромысловых трубопроводах. Обвязка предусматривает возможность использования СОД с возвратом через добычной райзер. В связи с использованием СОД предусмотрены соответствующие технические средства для отвода газов, дренажа и продувки, а также оборудование одной камеры для пуска и одной камеры для приема СОД. На второй палубе располагается вспомогательное оборудование систем ТСУ. На первой палубе расположено основное и вспомогательное подъемное оборудование (лебедки) для подъема БСУР и замены райзеров, шлангокабелей и якорных оттяжек.

Ледовый пояс - это элемент ТСУ, расположенный под килем и жестко соединенный с корпусом. Ледовый пояс предназначен для защиты турели и якорной системы удержания от воздействия льда.

Вертлюжный блок предназначен для обеспечения передачи жидкостей, газов, электроэнергии и оптических сигналов между стационарными и поворотными элементами ТСУ. Вертлюжный блок имеет вертикальную модульную компоновку и состоит из частей турели при неограниченном угле поворота платформы.

Пассивные приводы вертлюга устанавливаются между роторами каждого его отдельного модуля и конструкцией обслуживания поворотных столов с целью свести к минимуму напряжения на подходящие трубопроводы технологического комплекса.

Система удержания - это стационарный элемент турельной системы, предназначенный для передачи внешней нагрузки на якорные фундаменты и формирования обратного усилия для удержания платформы в заданном положении при подсоединенном БСУР. Система удержания поддерживает БСУР в погруженном состоянии после отсоединения ПНК СТ на заданной глубине. Как отмечалось выше, в данной системе удержания применено уникальное решение крепления якорных оттяжек не к БСУР, а непосредственно к турели. БСУР соединяется с системой удержания посредством дополнительной оттяжки, называемой линией БСУР, которая в условиях нормальной эксплуатации не включена в работу системы удержания.

Таким образом, при отсоединении ПНК СТ на начальном этапе в процессе опускания БСУР к нему крепятся только райзеры и шлангокабели, но не якорные оттяжки (которые остаются закрепленными на турели). На последнем этапе отсоединения все якорные оттяжки отсоединяются от турели и включаются в работу линии БСУР, которая крепится непосредственно к БСУР.

Якорные фундаменты - это стационарный элемент системы удержания, предназначенный для восприятия всех результирующих нагрузок с последующей их передачей на якорные фундаменты, закрепленные в грунт. Возможно использование нескольких типов якорных фундаментов. Окончательный выбор типа должен осуществляться на основании уточненных геологических данных в местах их предполагаемой установки.

Во время планового отсоединения давление во всех промысловых трубопроводах сбрасывается с помощью вспомогательной системы. Продувочная арматура для сброса давления размещается на верхнем строении и обеспечивает отвод газа на факел. Промысловый трубопровод и райзер подключаются к вспомогательной системе путем открытия отсечного клапана, соединяющего коллектор турели и манифольд вспомогательной системы. При экстренном отсоединении промысловые трубопроводы остаются под давлением, а сброс давления осуществляется только на участке между арматурами аварийного останова БСУР и останова турели. Для обеспечения быстрого сброса давления (расчетное время сброса давления – 15 с.) предусмотрен сброс газообразных углеводородов на факел через ту же вспомогательную систему, что и при плановом отсоединении. Вспомогательная система сброса давления также используется во время запуска СОД в подводные промысловые трубопроводы.

Утилизируемая вода под высоким давлением подается с технологического комплекса и закачивается в подводные скважины. Для этого вода перекачивается через отдельный канал во вспомогательной секции вертлюжного блока и далее через стыковочную плиту подается в шлангокабель. В состав блока стыковочной плиты входит быстроразъемный соединитель небольшого диаметра для каждого шлангокабеля.

Ниже приведены основные этапы эксплуатации судна с турельной системой. На рисунке 1 приведена схема транспортировки наделки с якорной системой позиционирования на буровом судне.

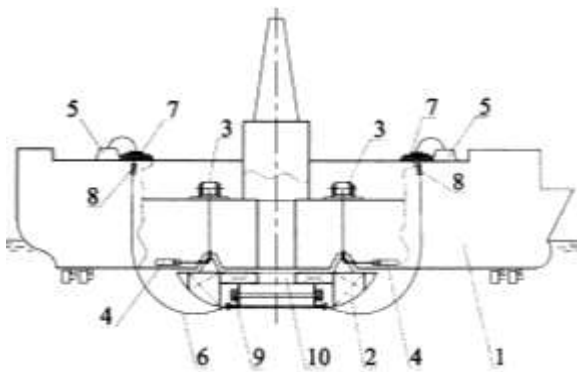


Рис. 1 Транспортировка судна с турельной системой

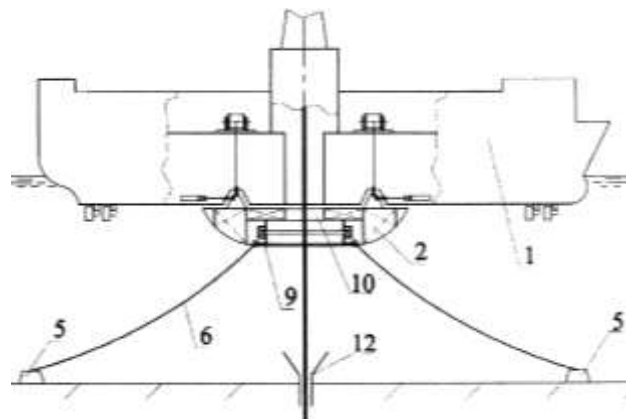


Рис. 2 Судно с турельной системой установленной над точкой бурения

На буровом судне 1 наделка 2 с якорной системой позиционирования подтянута к днищу судна при помощи устройств подтягивания 3 и соединена с судном при помощи устройства крепления по-походному 4. Становые якоря 5 и якорные цепи 6 уложены в бухты 7, хранящиеся на палубе судна 1. При помощи скоб 8 становые якоря 5 соединяются со смычками якорных канатов, присоединенных к турели 9, установленной в нижней части надделки 2 вокруг сквозного выреза 10 для прохода буровых труб. Как вариант, становые якоря с цепями могут транспортироваться на вспомогательном судне-завозчике якорей, с которого после установки концы якорных цепей передаются на буровое судно.

На рисунке 2 показана схема стоянки бурового судна над точкой бурения при помощи надделки-понтон, оборудованной системой якорного позиционирования.

Судно 1 встает на стантовые якоря 5 и удерживается в точке бурения при помощи якорных цепей 6, закрепленных на турели 9. Буровая колонна свободно проходит через сквозной вырез 10 в скважину 12.

На рисунке 3 показано положение наделки в отсоединенном состоянии.

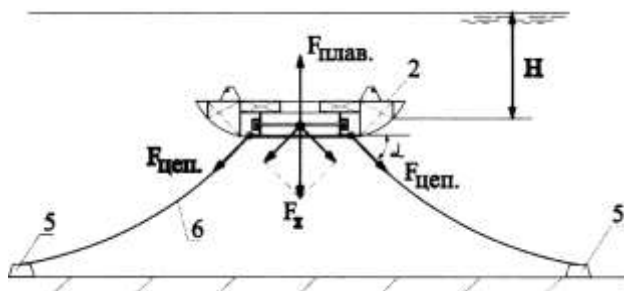


Рис. 3 Положение наделки в отсоединённом состоянии

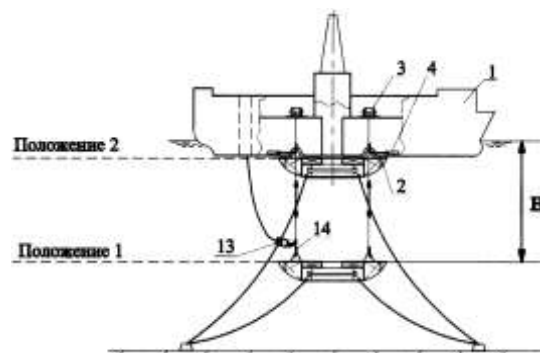


Рис. 4 Схема возвращения судна на точку бурения

После отсоединения от судна наделка 2 под действием суммарной силы F_{Σ} натяжения цепей 6 начинает погружаться. По мере погружения силы натяжения цепей будут уменьшаться и на глубине H , когда равнодействующая F_{Σ} сравняется с силой плавучести наделки $R_{\text{плав}}$, погружение наделки прекратится.

Как вариант, реализация выполнения наделки с якорной системой в виде оставляемого блока под водой представляется целесообразной для арктических судов, которым приходится уходить с точки бурения на зимний период с тяжелой ледовой обстановкой и возвращаться в следующую навигацию для продолжения бурения.

На рисунке 4 показана схема присоединения наделки к буровому судну после его повторного возвращения в точку бурения. Судно 1 встает над заякоренной наделкой 2, находящейся в положении 1 на глубине H , при помощи телеуправляемого необитаемого подводного аппарата 13 производится подсоединение подъемных захватов 14 устройства подтягивания 3. После подтягивания наделки 2 к днищу судна 1 в положение 2 производится закрепление наделки при помощи устройства крепления по-походному 4. Далее работа бурового судна осуществляется из положения 2 в последовательности, приведенной в описании рисунка 2.

Проведенный анализ позволил сделать вывод о целесообразности применения технологических платформ судового типа с ТСУ при комбинированном виде обустройства морских нефтегазовых месторождений арктического и дальневосточного шельфов на глубинах свыше 50 м. Это обусловлено тем, что технологические платформы судового типа характеризуются наличием больших площадей для размещения оборудования, объемов для хранения жидких углеводородов, что позволяет использовать апробированные на суше технологии разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений с применением современных методов повышения нефтеотдачи и обеспечением высокого коэффициента извлечения нефти (КИН).

Литература

1. Бережной К.Г., Вербицкий С.В. Типы морских технологических платформ: их преимущества и недостатки // Морские интеллектуальные технологии. 2015. № 3 (29). С. 33–46.
2. Правила классификации, постройки и оборудования морских плавучих нефтегазодобывающих комплексов. СПб.: Российский морской регистр судоходства, 2011. 162 с.
3. Wall M., Pugh H.R., Reay A., Krol J. Failure modes, reliability and integrity of floating storage unit (FPSO, FSU) turret and swivel systems. Offshore Technology Report, 2001.
4. William L. Leffler, Richard Pattarozzi, Gordon Sterling. Deepwater petroleum exploration and production: a nontechnical guide. 2nd ed., 2011.