



Рис.3 Распределение эквивалентных напряжений по Мизесу. Вид сбоку

Литература

1. Марочник сталей и сплавов. 2-ое изд., доп. и испр. / А. С. Зубченко, М. М. Колосков, Ю. В. Каширский и др. – М.: Машиностроение, 2003 – 784с.
2. Пазяк, М. А. К вопросу импорта твердотельных моделей в ПК ANSYS / М. А. Пазяк, И. В. Билянская, Т. Е. Лобкова // Новые информационные технологии в нефтегазовой отрасли и образовании: материалы VIII Международной научно-технической конференции – Тюмень, 2019. – С. 29-31.
3. Сызранцева, К.В. Компьютерный анализ нагруженности и деформативности элементов нефтегазового оборудования: Монография / К. В. Сызранцева. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2009 – 124 с.
4. Чигарев, А.В. ANSYS для инженеров: справ. пособие / А.В. Чигарев, А.С. Кравчук, А.Ф. Смалюк. – М.: Машиностроение-1, 2004 – 512с.

**АНАЛИЗ СИСТЕМ УДЕРЖАНИЯ СУДОВЫХ БУРОВЫХ ПЛАТФОРМ НА ТОЧКЕ БУРЕНИЯ ПРИ БУРЕНИИ В АРКТИЧЕСКИХ МОРЯХ**

**Д.И. Геращенко, В.А. Сычев**

Научный руководитель - старший преподаватель А.В. Епихин

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

В настоящее время при разработке нефтяных и газовых месторождений замерзающих морей, в частности областей, акватории Баренцового и Охотского морей, используют ледостойкие платформы судового типа, что позволяет вести разработку месторождения на протяжении всего года, с применением современных методов повышения нефтеотдачи и полноценной подготовки продукции скважин к транспорту. Стоит отметить, что при разработке месторождений при помощи таких платформ, возникает необходимость постоянного мониторинга и контролирования, отсюда возникает одна из актуальных проблем: надёжное удержание технологической платформы на точке установки. 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 отображены существующие системы удержания платформ судового типа их особенности и возможность использования при обустройстве морских нефтегазовых месторождений.

При освоении глубоководных нефтегазовых месторождений замерзающих морей одним из перспективных является комбинированный вид их обустройства с применением плавучих технологических платформ судового типа (рис. 1).

Одной из важных проблем при использовании комбинированного вида обустройства является организация надёжного удержания технологической платформы на точке ее установки. В зависимости от типа платформы и района ее применения используются различные технологии удержания.

Широкие возможности применения технологических платформ судового типа по классификации Российского морского регистра судоходства – плавучий нефтегазодобывающий комплекс судового типа (ПНК СТ) в различных районах Мирового океана как на мелководных, так и на глубоководных месторождениях обусловили разнообразие схем их систем удержания (швартовки).

В зависимости от глубины месторождения используют разные системы швартования, а именно:

- якорная система позиционирования;
- система динамического позиционирования.



**Рис. 1 Комбинированный вид обустройства морского нефтегазового месторождения Система динамического позиционирования**

Удержание бурового судна на позиции с помощью системы динамической стабилизации применяется для судов любого класса при глубине моря свыше 300 м и осуществляется автоматически (или вручную) посредством измерительного, информационно-командного и двигательного комплексов.

В измерительный комплекс входят приборы акустической системы, которые используются для стабилизации судна в режиме бурения, при выводе судна на скважину, для определения положения водоотделяющей колонны относительно устья скважины. Работа акустической системы основана на регистрации импульсов, посылаемых от донных маяков, располагаемых вблизи устья скважины, и их приёме гидрофонами под днищем судна.

В качестве дублирующей системы применяют инклинометр. В информационно-командный комплекс входят 2 вычислительные машины, получающие одновременно информацию о положении судна и состоянии окружающей среды; при этом одна из них работает в командном режиме, управляя двигателями, вторая (резервная) — автоматически (при выходе из строя первой). Двигательно-рулевой комплекс включает главные двигатели судна, подруливающие устройства и систему управления ими. Усилия продольного упора на судне создаются гребными винтами регулируемого шага, поперечного — специальными винтами регулируемого шага, устанавливаемыми в поперечных тоннелях в корпусе судна. Изменение величины и направлений упоров осуществляется регулированием шага винтов по команде вычислительной машины или вручную с пульта управления двигательной системой.

#### **Якорная система позиционирования**

Якорная система используется для бурового судна при глубине моря до 300 м, включает тросы и цепи, специальные якоря, якорные лебёдки с усилием по 2МН, оборудованные контрольно-измерительной аппаратурой. Расстановка якорей и их уборка производятся со вспомогательных судов. Якорные системы не требуют расхода мощности энергоустановки судна на позиционирование, что определяет целесообразность их применения.

Как правило, удержание буровых судов с системами якорного позиционирования производится на якорях-массивах, устанавливаемых при помощи судна-завозчика якорей. Как правило, используется 8 якорей (9-13 т).

Благодаря якорной системе, судно, оборудованное производственной, отгрузочной и хранилищной площадками, может вращаться вокруг вертикальной оси, в результате при воздействии ветра, его влиянию будет подвержена минимальная площадь. Буровая шахта (англ. moonpool) проходит через весь корпус судна, расширяясь к низу. На палубе располагаются силовые установки и техническое оборудование. Нефть, добытая, а затем очищенная, хранится в резервуарах корпуса, впоследствии же ее загружают в челночные грузовые танкеры.

Недостатком такой якорной системы является большое время, необходимое для снятия судна с якорей, а в случае экстренного ухода единственным решением является отдача якорных цепей, что приводит к потере дорогостоящих якорей и цепей.

#### **Якорная система позиционирования, включающая в себя турельную систему**

Для увеличения манёвренности и сокращения времени работы при уходе с точки бурения используют т.н. якорные системы круговой ориентации судна (специально встроенная в центре корпуса судна турель с площадкой, на которой смонтировано всё якорное устройство, включая лебёдки).

Турельная якорная система отличается от стандартной якорной системы, возможностью отсоединения бурового судна от точки бурения и обратное возвращение на неё. Якорные системы удержания турельного типа могут быть как внешними, так и внутренними, размещаемыми внутри корпуса платформы (рис. 2).



Рис. 2 Якорные системы удержания турельного типа: а) внешняя турель; б) внутренняя турель

Внешняя турель – расположение точки швартовки к якорной системе удержания на выносной консоли (рис. 2а). При данном варианте имеет место потери в грузоподъёмности по причине наличия дополнительных корпусных надделок и подкреплений для консоли, но в то же время вместимость внутри корпуса на расположение оборудования расходует минимально – значительная масса и минимальная вместимость корпуса.

Внутренняя турель - расположение значительного по массе и объёму турельного устройства внутри корпуса (рис. 3б). Имеет место значительная масса и вместимость корпуса. Внутренние якорные системы удержания турельного типа, как правило, размещаются в носовой оконечности ПНК СТ на расстоянии от носа не более 1/3 длины корпуса.

Они позволяют устанавливать ПНК СТ на глубинах от 30 до 500 м. Благодаря турели платформа может пассивно вращаться вокруг оси турели на 360°, под воздействием сил ветра, волнения и течения занимать положение, соответствующее минимальной равнодействующей от этих сил, благодаря чему минимизируются нагрузки на якорную систему удержания, уменьшаются величины крена и дифферента ПНК СТ.

Комбинированный вид обустройства морских нефтегазовых месторождений отдельных районов арктического и дальневосточного шельфов позволяет использовать апробированные на суше технологии разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений с применением современных методов повышения нефтеотдачи и обеспечением высокого КИН. Для размещения оборудования по подготовке нефти, газа и воды, а также хранению добытой нефти на глубинах свыше 50 м целесообразно использовать технологические платформы судового типа, которые характеризуются наличием больших площадей для размещения оборудования, объёмов для хранения жидких углеводородов, мобильностью и другими преимуществами перед платформами другого типа. Одним из наиболее ответственных элементов таких морских сооружений является турельная система удержания, которая, по сути, является ключевым компонентом в технологической цепочке «пласт – скважина – система сбора – система подготовки на морском месторождении», обеспечивая:

- удержание платформы на точке установки;
- подачу продукции скважин к технологическому комплексу на платформе;
- передачу сигналов управления и реагентов к подводному добычному комплексу;
- отсоединение платформы при необходимости ее отхода и обратное подсоединение.

Таким образом, развитие и совершенствование конструкций турельных систем является одним из технических приоритетов при создании оборудования для освоения арктических морских месторождений.

#### Литература

1. Правила классификации, постройки и оборудования морских плавучих нефтегазодобывающих комплексов. СПб.: Российский морской регистр судоходства, 2011. 162 с.;
2. 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.;
3. William L. Leffler, Richard Pattarozzi, Gordon Sterling. Deepwater petroleum exploration and production: a nontechnical guide. 2nd ed., 2011.;
4. Бережной К.Г., Вербицкий С.В. Типы морских технологических платформ: их преимущества и недостатки // Морские интеллектуальные технологии. 2015. № 3 (29). С. 33–46.