

ФЛОТ И КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ
FLEET AND SHIPBUILDING

Тарануха Н. А., Миронов А. С.
N. A. Taranukha, A. S. Mironov

**ОБЗОР И КЛАССИФИКАЦИЯ СТАЦИОНАРНЫХ МОРСКИХ ПЛАТФОРМ
ДЛЯ РАБОТЫ НА ШЕЛЬФЕ**

**OVERVIEW AND CLASSIFICATION OF PERMANENT OFFSHORE PLATFORMS
FOR SHELF WORKING**

Тарануха Николай Алексеевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой кораблестроения Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27; тел. 7 (4217) 54-30-74. E-mail: taranukha@knastu.ru.

Mr. Nikolay A. Taranukha – Doctor of Engineering, Professor, Head of the Shipbuilding Department, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur); 681013, 27 Lenin Str.; tel. 7 (4217) 54-30-74. E-mail: taranukha@knastu.ru.

Миронов Андрей Сергеевич – студент-магистр направления 26.04.02 – Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27. E-mail: mironswim@mail.ru.

Mr Andrey S. Mironov – Master's Degree Student major in shipbuilding, ocean engineering and system engineering of naval infrastructure (26.04.02), Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur); 681013, 27 Lenin Str. E-mail: mironswim@mail.ru.

Аннотация. Данная статья посвящена стационарным морским платформам для работы на шельфе. Представлен рисунок-схема, показывающий классификацию стационарных морских платформ (СМП) по группам. В рисунке-схеме описаны типы СМП по способу их крепления к морскому дну. Приведена схема действия нагрузок на разные узлы конструкции упругих СМП. Представлены рисунки различных видов конструкций СМП.

Summary. This article is dedicated to permanent offshore platforms for shelf working. The authors present the schematic diagram that indicates group classifications of permanent offshore platforms. The diagram describes types of permanent offshore platforms according to their attachment to the seabed. The article introduces the scheme of load action on various mounts in elastic permanent offshore platforms and drawings of various permanent offshore platforms.

Ключевые слова: стационарные морские платформы; жесткие СМП; упругие СМП; рисунок-схема; свайные; гравитационные; гравитационно-свайные; опорный блок; упругие башни.

Key words: permanent offshore platforms; tough permanent offshore; elastic permanent offshore platform; schematic diagram; piled; gravitational; gravity-piled; holding block, elastic tower.

УДК 69.04

Введение

Стационарные морские платформы представляют собой наиболее развивающуюся и многочисленную группу гидротехнических сооружений для освоения шельфа. Самое главное, что они предусмотрены для долговременной эксплуатации – бурения скважин, добычи, переработки и хранения нефти и газа [1].

Стационарная морская платформа (СМП) – морское нефтегазопромысловое сооружение. Оно состоит из опорного основания, которое зафиксировано на все время использования на грунте и верхнего строения. На верхнем строении платформы устанавливается буровое, нефтегазопро-

мысловое и вспомогательное оборудование, которое обеспечивает бурение и подготовку скважин, добычу газа и нефти, а также оборудование и системы для других видов работ, связанных с разработкой новых нефтяных и газовых месторождений в море (оборудование для закачки воды в пласт, капитального ремонта скважин, средства автоматизации морского промысла, оборудование и средства автоматизации по транспорту нефти, средства связи с береговыми объектами и т.п.). Период эксплуатации СМП на месторождении в среднем равен 25 годам [3].

За последние годы предложен и осуществлен ряд новых типов конструкций СМП по освоению морских месторождений на континентальном шельфе [2].

Классификация морских стационарных платформ [4]

При разработке морских шельфовых месторождений два главных определяют направление работ в области проектирования и строительства гидротехнических объектов в море. Такими факторами являются ограничения, накладываемые условиями окружающей среды, и высокая стоимость морских операций. Они в основном обуславливают все решения в проектировании и конструировании СМП, выборе оборудования, способов строительства и организации работ в данной акватории моря.

Условия окружающей среды и принятая для стационарной платформы схема разработки определяют ее конструкцию.

Условия окружающей среды определяют следующие факторы: глубина моря, волновые, ветровые, сейсмические и ледовые нагрузки, морские течения, физико-механические свойства грунтов, слагающих дно в месте установки платформы. Этими природными факторами и определяются нагрузки на платформу и их конструктивное решение [4].

СМП разделяют на две группы: глубоководные и обычные конструкции, приняв глубину моря 300 м, выше которой все конструкции следует считать глубоководными [4].

На начальном этапе классификации СМП делят на жесткие и упругие (см. рис. 1). Такое деление отражает особенности конструкции платформы (размеры, конфигурацию) и указывает период собственных колебаний, который у жестких составляет 4-6 с и упругих превышает 20 с, а в отдельных случаях достигает 138 с.



Рис. 1. Классификация глубоководных СПМ

На следующем этапе конструкции жесткого типа классифицируют по способам обеспечения их устойчивости под воздействием внешних нагрузок. Различают гравитационные, свайные и гравитационно-свайные.

Конструкция гравитационного сооружения не сдвигается относительно морского дна благодаря собственной массе, а свайное – не смещается из-за крепления его сваями к морскому дну. Гравитационно-свайные сооружения не сдвигаются благодаря собственной массе и системе свай.

Третий этап классификации жестких СМП характеризует материал конструкции: бетон, сталь или бетон-сталь.

На втором уровне упругие конструкции разделяют по способу их крепления на башни с оттяжками, плавучие башни и гибкие башни.

Благодаря системе оттяжек, понтонов и противовесов башни с оттяжками сохраняют свою устойчивость. Качающиеся башни подобно качающемуся маятнику возвращаются в состояние равновесия с помощью понтонов плавучести, расположенных в верхней части конструкции. Под действием волн гибкие башни отклоняются от вертикали, но при этом, как сжатая пружина, они стремятся возвратиться в состояние равновесия. Из-за небольшого числа проектов этих сооружений их классификация далее нецелесообразна [4].

Жесткие СМП

СМП свайного типа [5]

Термином «стержневые стационарные» называются платформы, имеющие три основных блока (или части): свайный фундамент, стержневая несущая конструкция и верхняя часть, которая собственно и является платформой, т.е. площадкой, на которой размещаются технологическое оборудование и помещения для обслуживающего персонала.

Свайный фундамент представляет собой погруженные в грунт сваи, которые устанавливаются в опорных точках. Сваи (по одной или несколько в опорной точке) служат фундаментами для опорных стержней.

Стержневая система представляет конструкцию, состоящую из несущих вертикальных или наклонных стержней, усиленных поперечными связями, обеспечивающих необходимую жесткость конструкции в целом.

Верхняя часть платформы представляет собой либо понтон, обладающий положительной плавучестью, либо ферменную или балочную конструкцию, имеющую настил, на котором размещаются оборудование, производственные и жилые помещения [5].

СМП гравитационного типа [7]

Гравитационные СМП – это платформы, удерживаемые на дне за счет собственного веса и связей нижней части платформы с грунтом основания.

Гравитационные СМП отличаются от металлических свайных СМП как по конструкции и материалу, так и по технологии изготовления, способу транспортировки и установки в море.

Районы применения СМП гравитационного типа обуславливаются, главным образом, мощными силовыми воздействиями на платформу, стремящимися сдвинуть или опрокинуть ее. Общая устойчивость гравитационных СМП при воздействии внешних нагрузок от волн и ветра обеспечивается их собственной массой и массой балласта, поэтому крепление их сваями к морскому дну не требуется. Использование платформ гравитационного типа возможно на прочных тяжелых грунтах, достаточных для надежного удержания платформы.

Гравитационные СМП состоят из двух частей: верхнего строения и опорной части. Опорная часть состоит из одной или нескольких колонн, изготавливаемых из железобетона.

Преимущества гравитационных СМП:

1) время установки на точке (около 24 ч вместо 7-12 мес., которые требуются для установки СМП свайного типа);

2) собственная плавучесть и наличие балластной системы позволяют буксировать их на большие расстояния и устанавливать их в рабочее положение на месте эксплуатации в море без привлечения дорогостоящих морских транспортных средств [7].

СМП гравитационно-свайного типа [6]

Гравитационно-свайные СМП удерживаются на месте установки за счет собственного веса конструкции и дополнительного крепления сваями их опорной части к морскому дну. СМП этого типа бывают различных конструкций, как по конфигурации сооружения, так и сочетанию применяемых материалов.

Конструкция опорной части состоит из центральной колонны большого диаметра, поддерживаемой тремя наклонными опорами. Колонны могут быть в виде сплошных металлических цилиндров больших диаметров или элементов ферменной конструкции. Например, в конструкции проекта «Трипод тауэр платформ» центральная колонна диаметром 15 м поддерживается тремя наклонными колоннами диаметром 8 м. Толщина стенок всех колонн 160 мм.

Центральные колонны и боковые наклонные опоры в средней части связываются горизонтальными элементами жесткости и раскосами. Конструкция СМП устанавливается на четыре донных фундамента, закрепленных сваями и связанных между собой А-образной стальной рамой.

В проекте «Хайлант» центральная ферма-опора укреплена тремя боковыми наклонными фермами. Сечение всех ферм треугольное. Каждый силовой элемент изготавливается отдельным блоком. Масса центральной фермы 10 тыс. т, опор – 4,5-5 тыс. т. На палубе предусматриваются установка технологического оборудования массой 24 тыс. т и 16 направляющих колонн диаметром 712 мм. Масса основных конструкций 31 тыс. т, свай – 20 тыс. т. Расстояние от основной центральной фермы до основания опор 110 м. Опоры крепятся к центральной ферме на глубине от 40 до 79 м ниже уровня моря. Конструкции могут применяться на глубинах моря: первая – от 150 до 460 м и вторая – от 200 [6].

Упругие СМП [7]

В отличие от конструкций жесткого типа у упругих СМП (башен) период основных собственных (поперечных) колебаний превышает период морских волн. Волновая нагрузка, действующая на башню, поглощается за счет инерции конструкции и не передается стержням фермы. Упругой башней называют относительно тонкую стальную пространственную ферму из стержней с довольно равномерным по высоте расстоянием между горизонтальными поясами.

К классу упругих платформ относят находящуюся в эксплуатации в Мексиканском заливе СМП «Лена». Ее конструкция представляет собой ферму квадратного сечения со стороной квадрата 36,6*36,6 м, высотой 320 м и массой 21 тыс. т. Верхнее строение платформы установлено на 16 опор диаметром 1220 мм. В нижней части башни имеется 12 таких опор. В пределах верхней половины башни размещены 12 понтонов диаметром 6,1 м, длиной 36,6 м, обеспечивающие 9100 т плавучести. Понтоны стабилизируют платформу, уменьшают давление на фундамент, значительно облегчают монтаж платформы и оттяжек.

Транспортировка платформы осуществлялась баржей длиной более 200 м, с которой был впервые осуществлен боковой спуск (на борт). Это позволило снизить на 3 тыс. т массу башни СМП и в 4 раза сократить время на спуск. На месте монтажа башни были установлены четыре оттяжки, которые после спуска башни на воду были присоединены к башне. После установки на место башня была закреплена восьмью основными сваями диаметром 1330 мм, которые проходят до палубного блока. По мнению специалистов фирмы «Эксон» такая система крепления платформы (четыре оттяжки и основные сваи) способна удерживать башню в вертикальном положении без верхнего строения при любых погодных условиях, случающихся один раз в 100 лет в Мексиканском заливе (высота волны 22 м, скорость ветра 58 м/с).

Затем к башне прикрепили 16 дополнительных оттяжек диаметром 127 мм, по наружному периметру в морское дно на глубину 30,5 м забивали шесть дополнительных торсионных свай диаметром 1900 мм. Оттяжки состоят из 292 спирально навитых гальванизированных стальных проволок, защищенных полиэтиленовой оболочкой, с разрывным усилием 13 мН. Длина каждой оттяжки от платформы до якоря 549 м. Каждый якорь состоит из нескольких звеньев, имеющих цепное соединение. При отклонении башни от вертикали под действием ветра, волн и течений частично приподнимаются звенья с морского дна. Верхнее строение башни трехпалубное размером

47,6×47,6 м и общей площадью 6970 м². На нем размещены две буровые установки для бурения до 58 скважин и жилые помещения для 140 человек. Верхняя палуба платформы расположена на высоте 35 м и нижняя 18,6 м от уровня моря. Общая масса опорной части башни и палубного верхнего строения составляет приблизительно 47 тыс. т. [7].

Используя опыт эксплуатации СМП «Лена», специалисты фирмы изучили шесть проектов глубоководных СМП, разработанных фирмой. Нагрузки от окружающей среды и гравитационные, действующие на СМП «Лена», распределяются на сваи, оттяжки, инерционность конструкции и понтоны (см. рис. 2).

Перераспределив эти нагрузки на перечисленные узлы конструкции, можно достичь оптимального варианта решения конструкции. Например, вес палубы можно передать на сваи или компенсировать подъемной силой понтонов. Понтоны, кроме этого, компенсируют горизонтальные силы, обеспечивая устойчивость платформы, уменьшают или полностью снимают нагрузки на оттяжки. Инерция основания увеличивает период боковых колебаний, снижает их амплитуду и соответственно снижает динамические нагрузки на оттяжки и сваи.

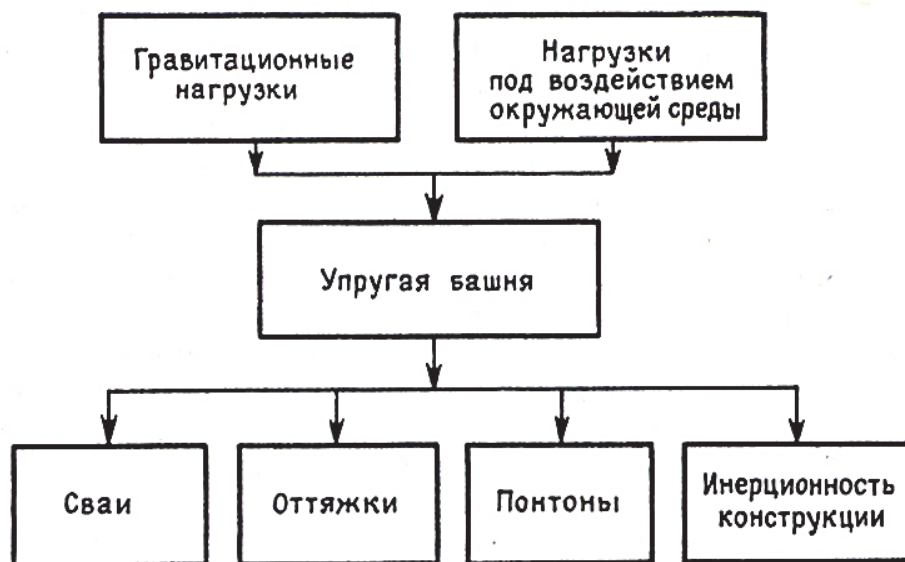


Рис. 2. Схема распределения нагрузок между основными элементами конструкции упругих башен

Разница в вариантах проектов упругих башен заключается в способах, которыми достигается заданный период колебаний, и определяется волновыми нагрузками, воздействие которых перераспределяется между основными элементами конструкции (см. рис. 3) [7].

Гибкая башня рассматривалась как вариант обычной свайной ферменной конструкции, у которой основание закреплено, а жесткость фермы уменьшена настолько, чтобы достигался большой период основных колебаний гибкого стержня.

Период вторичных колебаний должен быть небольшим, чтобы обеспечить стойкость к усталостным разрушениям. Под **периодом основных колебаний** гибкого стержня понимается период поперечных колебаний, а под периодом вторичных колебаний гибкого стержня — период изгибных колебаний [7].

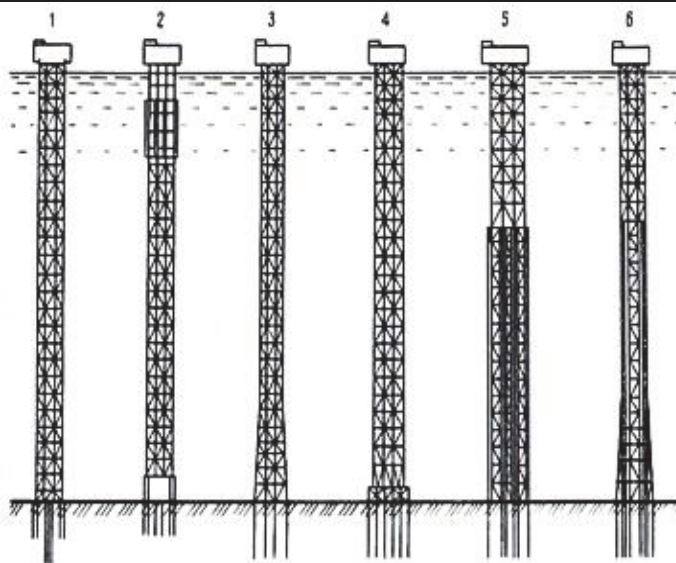


Рис. 3. Схемы упругих платформ: 1 – башня с оттяжками; 2 – плавучая башня; 3 – башня с оттяжками и жестким основанием; 4 – гибкая башня; 5 – упругая свайная башня; 6 – упругая свайная башня с жестким основанием

Заключение

- 1) В работе описаны характеристики элементов стационарных морских платформ для работы на шельфе.
- 2) Представлена классификация стационарных морских платформ по типу конструкции и периоду собственных колебаний.
- 3) Приведены и описаны виды жестких и упругих стационарных морских платформ по типу их крепления к морскому дну.
- 4) Приведены и описаны примеры эксплуатации стационарных морских платформ, которые ведут добычу углеводородов на шельфе.

ЛИТЕРАТУРА

1. moluch.ru [Электронный ресурс]: информационно-поисковая система. – Режим доступа: <http://www.moluch.ru/conf/tech/archive/3/660/>, свободный. – Загл. с экрана. Яз. рус.
2. rig-s.ru [Электронный ресурс]: информационно-поисковая система. – Режим доступа: <http://rig-s.ru/>, свободный. – Загл. с экрана. Яз. рус.
3. neft-gazedu.ru [Электронный ресурс]: информационно-поисковая система. – Режим доступа: <http://neft-gazedu.ru/index.php/lektsii-osvoenie-shelfovykh-mestorozhdenij/103-klassifikacija-morskih-stacionarnyh-platform>, свободный. – Загл. с экрана. Яз. рус.
4. knowledge.allbest.ru [Электронный ресурс]: информационно-поисковая система. – Режим доступа: http://knowledge.allbest.ru/geology/3c0b65625a3bc68a4c43a89421316c26_0.html, свободный. – Загл. с экрана. Яз. рус.
5. proofoil.ru [Электронный ресурс]: информационно-поисковая система. – Режим доступа: <http://proofoil.ru/Seaoilproduction/fixedplatform.html>, свободный. – Загл. с экрана. Яз. рус.
6. helpiks.org [Электронный ресурс]: информационно-поисковая система. – Режим доступа: <http://helpiks.org/1-113730.html>, свободный. – Загл. с экрана. Яз. рус.
7. lektsia.com [Электронный ресурс]: информационно-поисковая система. – Режим доступа: <http://www.lektsia.com/1x2790.html>, свободный. – Загл. с экрана. Яз. рус.