

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Сооружения для разведки и разработки морского нефтегазового месторождения можно классифицировать следующим образом:

по этапу освоения:

- поисково-разведочные – геологоразведочные суда, буровые суда, буровые установки;
- эксплуатационные – искусственные острова, искусственные территории, дамбы, эстакады, буровые установки, буровые платформы.

по району эксплуатации:

- ледостойкие – с использованием специальной выносной конструкции, с обеспечением местной прочности в районе действия льда и пр.;
- сейсмостойкие – не опирающиеся на грунт, с защитой помещений и оборудования амортизаторами и пр.;
- волнстойкие;
- с защитой от нескольких внешних факторов.

по глубине воды в месте установки:

- мелководные – 0–50 м;
- средней глубины – 50–150 м;
- глубоководные – 150–350 м;
- сверхглубоководные – более 350 м.

по мобильности: стационарные и подвижные (самоходные, несамоходные).

по способу удержания на месте:

- опирающиеся на дно – гравитационные, на свайном основании, свайно-гравитационные, в виде мачты с оттяжками;
- плавучие – динамически удерживаемые на месте, с якорной системой удержания, на натянутых связях (TLP, SPAR).

по материалу:

- стальные,
- бетонные,
- из композиционных материалов,
- из природных материалов.

по конструктивному признаку:

- на монолитном или сквозном опорном блоке – с монолитным опорным основанием, с ферменным опорным основанием, с шарнирно-закрепленной опорой, с комбинированным опорным основанием;
- погружные;
- самоподъемные плавучие буровые установки (СПБУ);
- полупогружные плавучие буровые установки (ППБУ) (катамаранного типа, тримаран, пентагон и пр.)

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ



В зависимости от глубины применяют различные технологии. На мелководье обычно сооружают укрепленные «острова», с которых и осуществляют бурение. Именно так нефть издавна добывалась на Каспийских месторождениях в районе Баку. Применение такого способа, особенно в холодных водах, часто сопряжено с риском повреждения нефтедобывающих «островов» плавучими льдами. Например, в 1953 году, большой ледяной массив, оторвавшийся от берега, уничтожил около половины нефтедобывающих скважин в Каспийском море.

Реже применяется технология, когда нужный участок окантовывают дамбами и откачивают воду из образовавшегося котлована. При глубине моря до 30 метров раньше сооружались бетонные и металлические эстакады, на которых размещали оборудование. Эстакада соединялась с сушей или же представляла собой искусственный остров. Впоследствии эта технология утратила актуальность.

Чем глубже воды, тем более сложные технологии применяются. На глубинах до 40 метров сооружаются стационарные платформы, если же глубина достигает 80 метров, используют плавучие буровые установки, оснащенные опорами. До 150-200 метров работают полупогружные платформы, которые удерживаются на месте при помощи якорей или сложной системы динамической стабилизации. А буровым судам подвластно бурение и на гораздо больших морских глубинах. Большинство «скважин-рекордсменов» было проведено в Мексиканском заливе – более 15 скважин пробурены на глубине, превышающей полтора километра. Абсолютный рекорд глубоководного бурения был установлен в 2004 году, когда буровое судно Discoverer Deel Seas компаний Transocean и ChevronTexaco начало бурение скважины в Мексиканском заливе (Alaminos Canyon Block 951) при глубине моря 3053 метра.

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Интересные факты

Норвежская платформа «Тролл-А», яркая «представительница» семейства больших северных платформ, достигает 472 м в высоту и весит 656 000 тонн.

Американцы считают датой начала морского нефтепромысла 1896 год, а его первопроходцем – нефтяника Уильямса из Калифорнии, который бурил скважины с построенной им насыпи.

В 1949 году в 42 км от Апшеронского полуострова на эстакадах, сооруженных для добычи нефти со дна Каспийского моря, был построен целый поселок под названием Нефтяные Камни. В нем неделями жили сотрудники предприятия. Эстакаду Нефтяных Камней можно увидеть в одном из фильмов о Джеймсе Бонде – «И целого мира мало».

Необходимость обслуживать подводное оборудование буровых платформ существенно повлияло на развитие глубоководного водолазного оборудования.

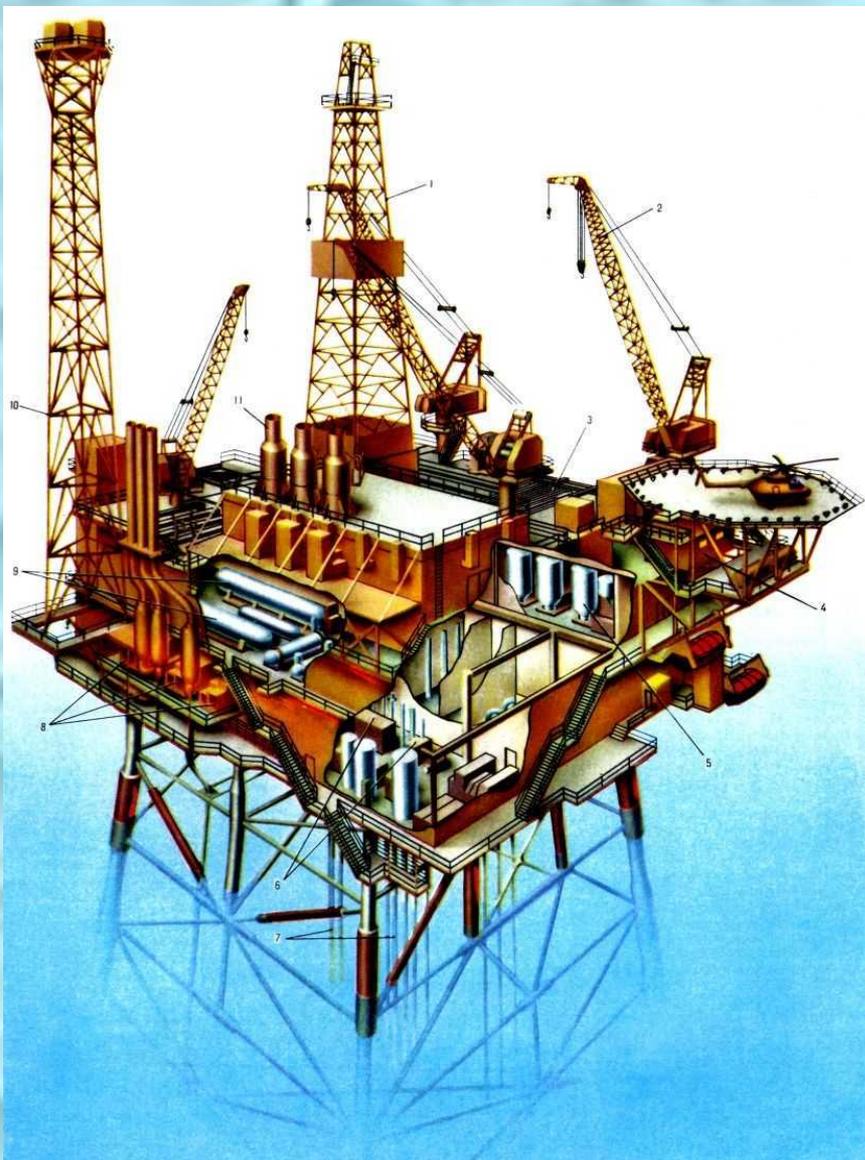
Чтобы быстро закрыть скважину при аварийной ситуации – например, если шторм не позволяет буровому судну оставаться на месте, – используют своего рода пробку под названием «превентер». Длина таких превентеров достигает 18 м, а вес – 150 тонн.

Началу активной разработки морского шельфа способствовал мировой нефтяной кризис, разразившийся в 70-х годах прошлого столетия. После объявления эмбарго странами ОПЕК возникла острая необходимость в альтернативных источниках поставок нефти. Также освоению шельфа способствовало развитие технологий, достигших к тому времени такого уровня, который позволял бы осуществлять бурение на значительных морских глубинах.

Газовое месторождение Гронинген, открытое у побережья Голландии в 1959 году, не только стало отправной точкой в разработке шельфа Северного моря, но и дало название новому экономическому термину. Эффектом Гронингена (или голландской болезнью) экономисты назвали существенное удорожание национальной валюты, произошедшее в результате роста экспорта газа и негативно сказавшееся на других экспортно-импортных отраслях.

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Буровая платформа

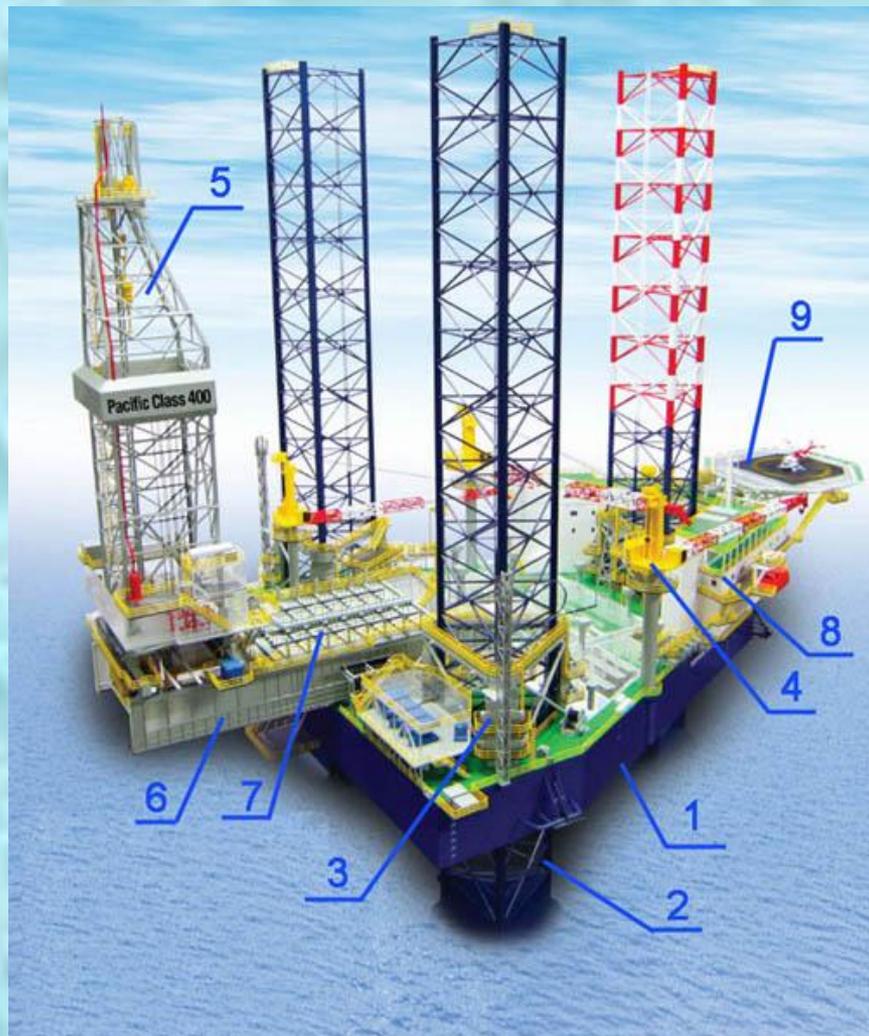


Буровая платформа (*a.* drilling platform; *n.* Bohrplattform, Bohrsinsel; *ф.* échafaudage de forage; *и.* plataforma de sondeo) - установка для бурения на акваториях с целью разведки или эксплуатации минеральных ресурсов под дном моря. Б. п. в осн. несамоходные, допустимая скорость их буксировки 4-6 узлов (при волнении моря до 3 баллов, ветра 4-5 баллов). В рабочем положении на точке бурения Б. п. выдерживают совместное действие волнения при высоте волн до 15 м и ветра со скоростью до 45 м/с. Эксплуатац. масса плавучих Б. п. (с технол. запасами 1700-3000 т) достигает 11 000-18 000 т, автономность работы по судовым и технол. запасам 30-90 сут. Мощность энергетич. установок Б. п. 4-12 МВт. В зависимости от конструкции и назначения различают самоподъёмные, полупогружные, погружные, стационарные Б. п. и Буровые суда. Наиболее распространены самоподъёмные (47% от общего числа, 1981) и полупогружные (33%) Б. п.

Эксплуатационная стационарная буровая платформа: 1 - буровая вышка; 2 - грузовой кран; 3 - стеллаж для труб; 4 - жилой блок; 5 - бункера для порошкообразных материалов; 6 - компрессорные станции; 7 - трубопроводы продукции скважин; 8 - насосно-турбинный блок; 9 - комплекс оборудования для подготовки нефти и газа; 10 - блок сжигания газа; 11 - газовыхлопы дизель-генератора.

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Самоподъемные плавучие буровые установки



Самоподъемная плавучая буровая установка (СПБУ) — это буровая установка, поднимаемая в рабочем состоянии над поверхностью моря на колоннах, опирающихся на грунт. Колонны подвижны в вертикальном направлении относительно основного корпуса (понтон). На верхней палубе понтона и в понтоне располагается технологическое оборудование и средства жизнеобеспечения. СПБУ можно классифицировать по форме понтона; по количеству опорных колонн; по форме поперечного сечения колонн и их конструкции; по конструктивному оформлению нижней части колонн; по типу подъемного механизма; по расположению буровой вышки.

В настоящее время сформировались следующие формы понтона СПБУ: треугольная, прямоугольная, прямоугольная с аутригерами. Первая и последняя используются для трехопорных СПБУ. В данном случае под аутригерами понимается конструкция для размещения опорно-подъемного устройства, жестко соединенная с основным понтоном. Основное назначение такой конструкции — восприятие вертикальной и горизонтальной нагрузки от колонны и размещение подъемного устройства.

1 - понтон; 2 - опорная колонна; 3 - устройство подъема опор; 4 - кран; 5 - буровая вышка;
6 - консоль подвышечного портала; 7 - стеллажи для хранения труб; 8 - жилой модуль;
9 - вертолетная площадка

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Состав стационарной платформы

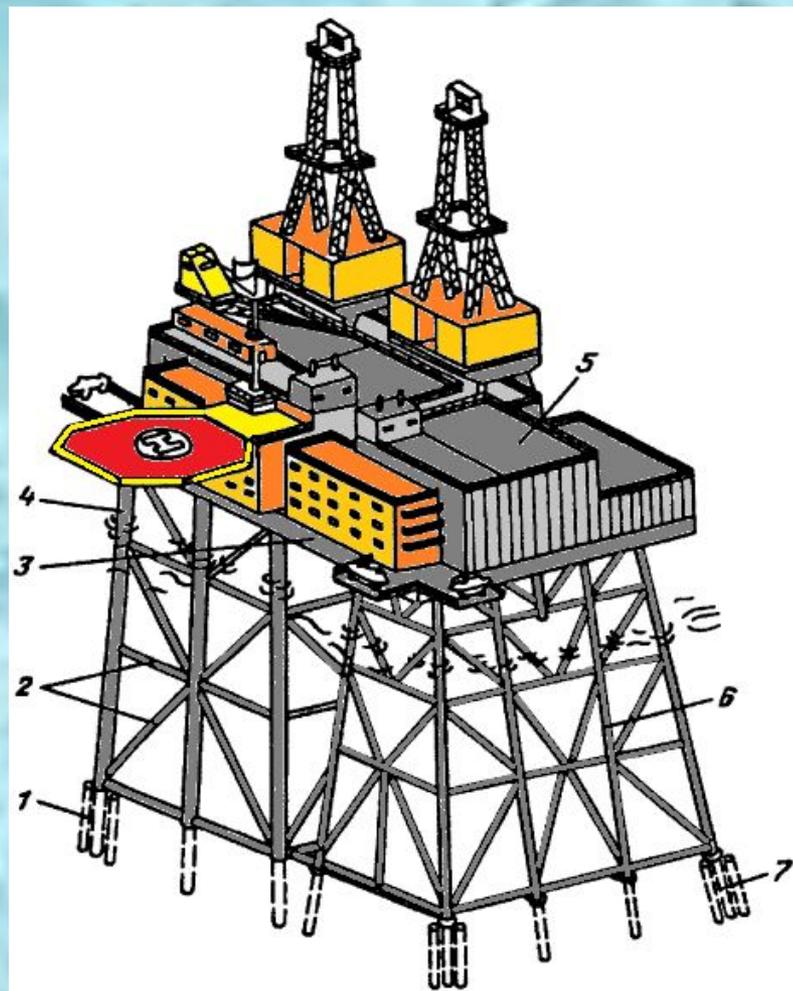
Конструкция стационарных платформ состоит из трех основных частей:

- верхних строений 5;
- опорного блока 6;
- фундамента 7.

Верхние строения можно подразделить на опорную палубу и блок-модули бурения, добычного комплекса, системы подготовки продукции скважин, поддержания пластового давления, размещенных на палубах.

Опорный блок является наиболее важной частью платформы, поэтому при проектировании ему уделяется основное внимание.

Конструктивные параметры опорного блока и фундамента разрабатывают после определения геометрии верхних строений платформы и величины нагрузок на нее. Предварительные размеры верхних строений выбирают на основе имеющегося опыта. Для определения необходимого числа и размеров свай, а также установления потребности в юбочных сваях усиления проводят анализ грунтовых условий. Для выбора окончательного варианта конструкции опорного блока и основания необходимо повторять анализ параметров платформы с учетом реакции свай на горизонтальные и вертикальные нагрузки.



Стационарная платформа для незамерзающих морей:

- 1 - юбочные сваи; 2 - поперечные связи;
3 - ферменные пролетные строения; 4 - трубчатые опоры;
5 - верхние строения; 6 - опорный блок; 7 - фундамент (сваи).

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Верхние строения

Верхние строения современных платформ обычно имеют три палубы:

- *буровую (верхнюю) 5;*
- *эксплуатационную (среднюю) 4;*
- *нижнюю 3.*

Нижняя палуба опирается на решетку 2, состоящую из балок, ферм и рядов колонн 1. Их нижние концы соединены со сваями, которые через опоры опорного блока (см. выше) уходят в морское дно.

Опорную конструкцию палубы (поз. 4, 5) обычно изготавливают из группы параллельных ферм с крестовыми поперечными связями. Верхние и нижние пояса ферм могут быть фланцевыми или трубчатыми, а их решетки обычно состоят из трубчатых элементов. Опорная конструкция палубы поддерживает размещаемые на ней блок-модули и верхние строения. Он может выступать за пределы площади, ограниченной периферийными опорами опорного блока во всех направлениях. Таким образом, размеры опорной конструкции палубы могут колебаться в зависимости от числа опор и функциональных требований к платформе. Иногда опорную конструкцию первоначально изготавливают без поперечных связей, с тем чтобы обеспечить проемы для спуска на салазках технологического оборудования. После чего поперечные связи приваривают по месту их расположения непосредственно в промысловых условиях.

Установку блок-модулей на опорной конструкции палубы осуществляют в соответствии с составленным в ходе предварительного проектирования планом. Блок-модули изготавливают на берегу. Здесь же они проходят испытания, а затем их перевозят на судах к месту установки. Положение межустановочных трубопроводов определяют таким образом, чтобы окончательные соединения блок-модулей в морских условиях можно было осуществить с помощью бортовых соединений двух фланцев или приваривания переводника. Участки палубы, не предназначенные для размещения блок-модулей, покрывают листовым железом, а устьевое пространство на верхнем и промежуточном уровнях - съемными листами. Промежуточная палуба обычно повторяет форму и размеры буровой. Размеры нижней палубы ограничиваются несущими опорными колоннами и ее заделывают стальной решеткой. Обычно пространство между нижней и промежуточной палубами имеет высоту 3 - 3,7 м, а между средней и буровой - 5,5 - 6,1 м.

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Кондукторы и стояки не являются несущими элементами опорного блока платформы, тем не менее они необходимы для выполнения функциональных требований, предъявляемых к последней. В самом начале проектирования определяют число скважин, которые предстоит пробурить, например, 18, 24, 30 или более в соответствии с экономическим обоснованием проекта разработки месторождения. Скважины бурят через кондукторы, которые располагают таким образом, чтобы над ними можно было установить вышку, перемещаемую по палубе бурового портала. Кондукторы представляют собой элемент конструкции ствола скважины - вертикальные обсадные трубы диаметром примерно 0,76 - 0,91 м, которые через направляющие кольца забивают в грунт на глубину около 60 м для последующего в них бурения.

Стояки - вертикальная часть трубопроводных коммуникаций, расположенных внутри опорного блока, предназначены для подачи морской воды на палубы, подсоединения выходных и магистральных нефте- и газопроводов, идущих от одной платформы к другой или на берег, и осуществления других технологических процессов. Их диаметры могут изменяться от 0,36 м до диаметров кондукторов. Число стояков даже небольшой автономной буровой определяют в зависимости от числа скважин и технологических функций платформы (эксплуатационная, технологическая и др.).

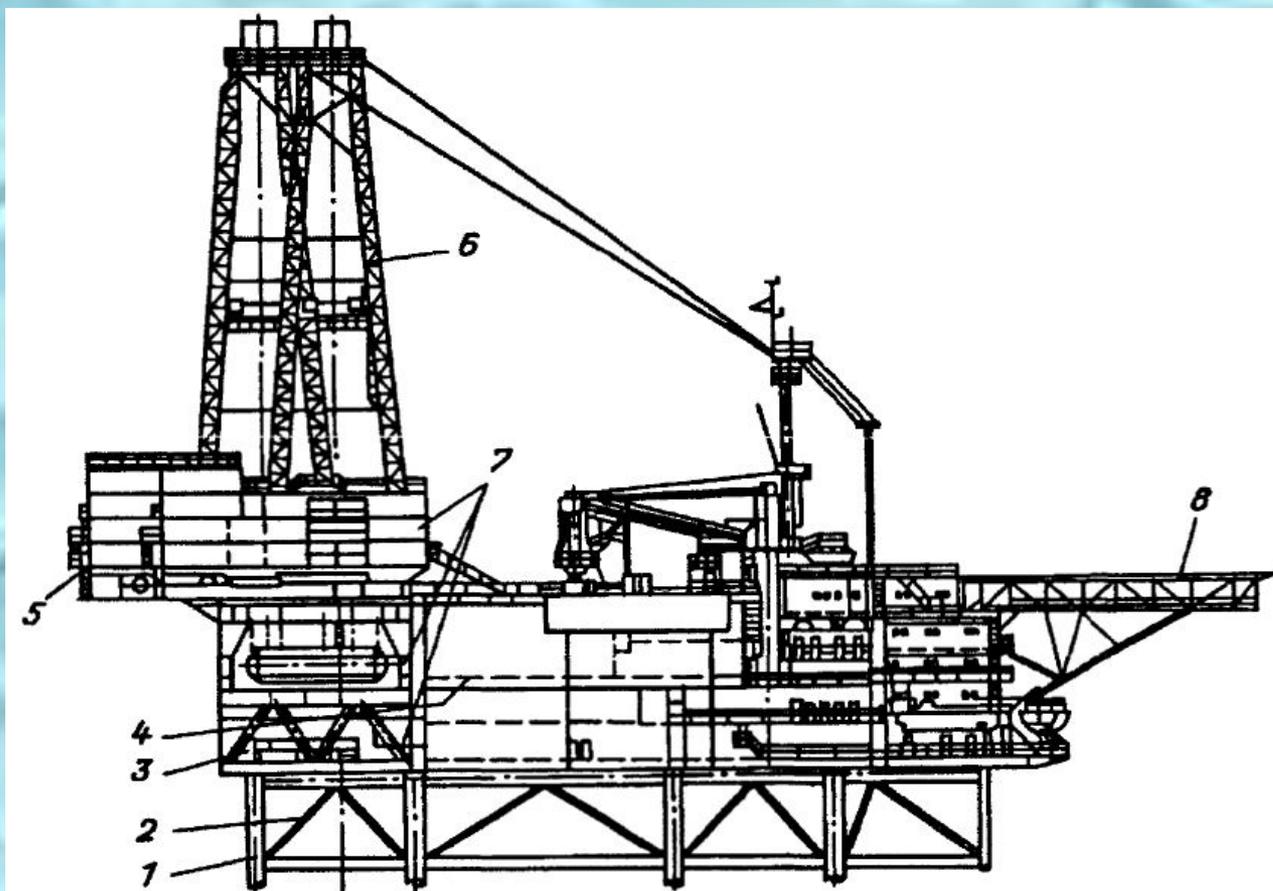
Большая часть платформ имеет две двухуровневые причальные посадочные площадки: по одной на каждой стороне опорного блока между колоннами. Доступ к различным палубам осуществляется с помощью маршевых лестниц и лифтов, число которых должно быть достаточным для обеспечения бесперебойной работы.

Каждую опору опорного блока снабжают демпфирующим причальным устройством. Они тянутся по вертикали на значительную глубину с тем, чтобы сделать возможным причаливание судов, погрузку и разгрузку оборудования и материалов в различных погодных условиях.

На платформе необходимо иметь как минимум один стационарный кран, обычно его грузоподъемность составляет 80 т, а вынос стрелы за пределы палубы - 7 - 8 м.

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Верхние строения

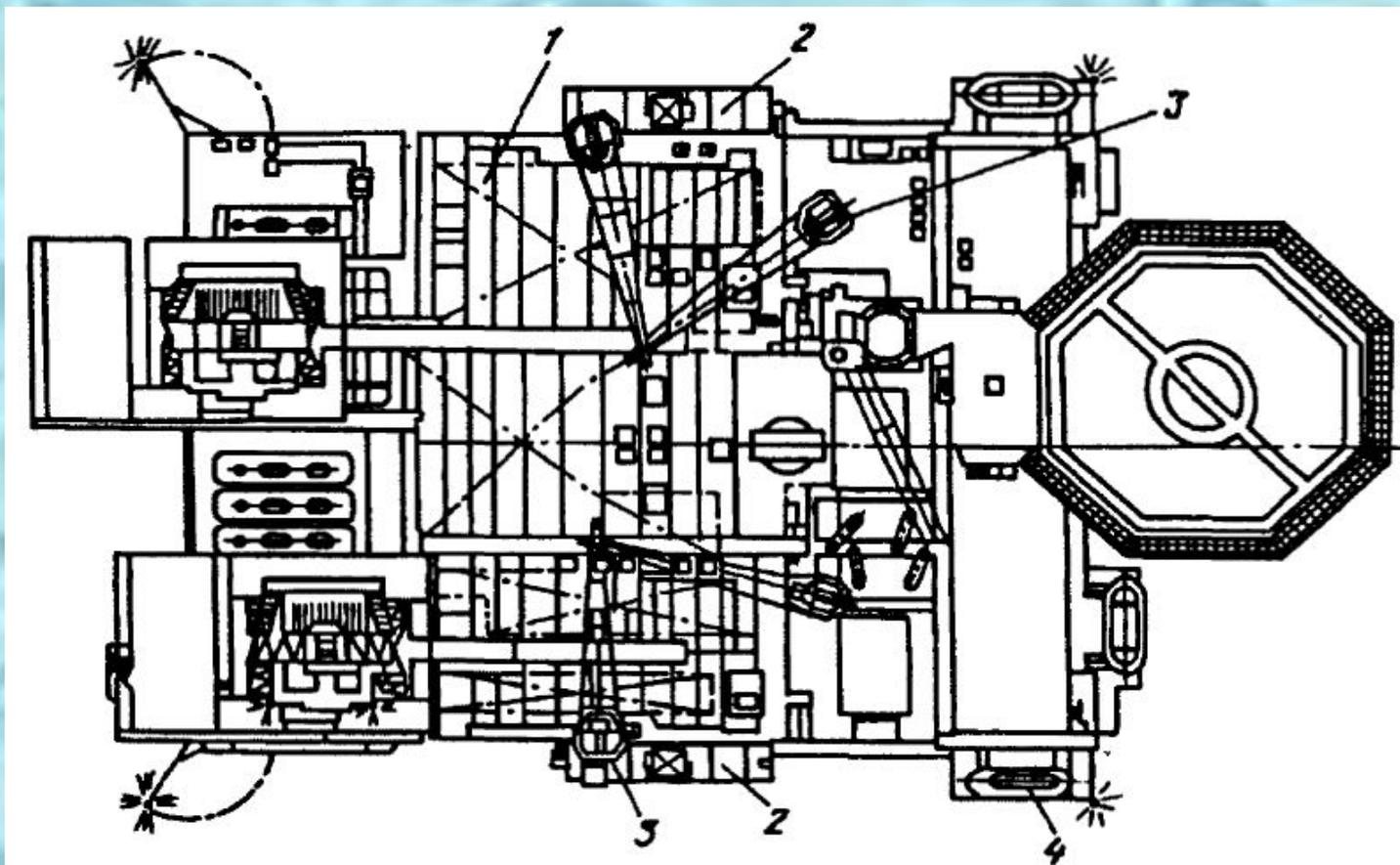


Верхнее строение платформы, вид сбоку:

- 1 - колонны, 2 - опорная конструкция палубы (решетка),
- 3 - нижняя палуба, 4 - средняя палуба, 5 - буровая палуба,
- 6 - вышка, 7 - блок-модули, 8 - вертолетная площадка.

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

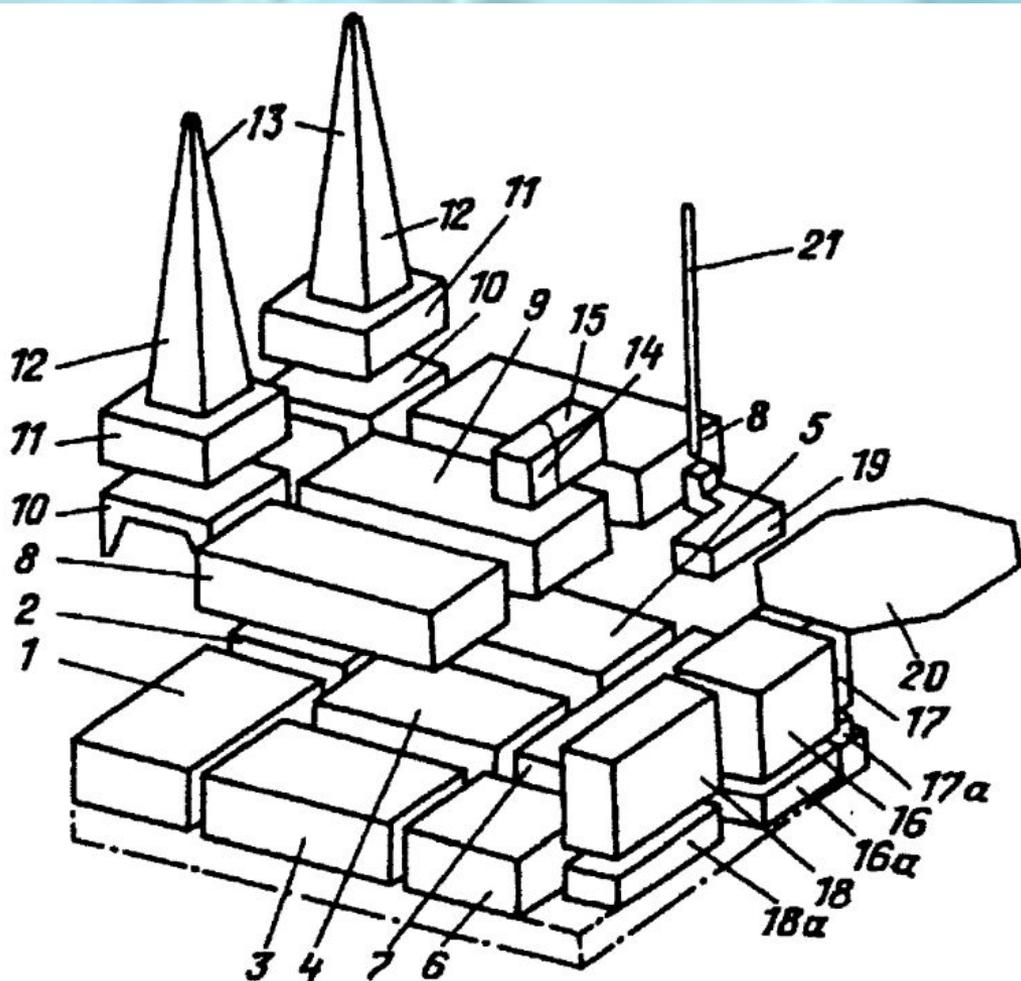
Верхние строения



Верхнее строение платформы, вид сверху:

- 1 - верхняя палуба с блок-модулями бурового комплекса;
2 - причальные площадки, 3 - подъемный кран, 4 - спасательные шлюпки.

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ



Принципиальная схема компоновки верхнего строения платформы из блок-модулей

Верхнее строение современной глубоководной морской стационарной платформы состоит из комплекта основных блок-модулей, предназначенных для:

- бурения двумя буровыми установками куста более 36 скважин предельной глубиной 5000 м;
- одновременного бурения и эксплуатации куста скважин.

Блок-модуль эксплуатационного комплекса состоит из модулей:

- манифольда правого борта 1;
- манифольда левого борта 2;
- сепарации и насосной откачки 3;
- замера продукции скважин 4;
- управления 5.

Блок-модуль бурового комплекса состоит из модулей:

- буровых насосов и циркуляционной системы 8;
- пневмотранспорта и цементировочного комплекса 9;
- подпортального 10;
- подвышенного портала 11;
- вышечного оборудования 12;
- буровых вышек 13;
- геофизического оборудования 14;
- АСУ ТП бурения 15.

Блок-модуль энергетического комплекса состоит из

модулей:

- энергетического бурового комплекса 6;
- энергетического эксплуатационного комплекса 7.

Блок-модуль жилого комплекса состоит из комплексов:

- основного 16;
- первого дополнительного 17;
- второго дополнительного 18;
- вспомогательного основного 16а;
- первого вспомогательного дополнительного 17а;
- второго вспомогательного дополнительного 18а.

Блок-модуль жизнеобеспечения состоит из:

- радиосвязи и СВКП 19;
- посадочной вертолетной площадки 20;
- мачты 21.

Кроме того, верхнее строение, платформы включает краны КЭГ, танкерные шлюпки, мостовые краны, блок сжигания и другое вспомогательное оборудование.

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Опорный блок платформы

Опорный блок представляет собой несущую пространственную свайную конструкцию на протяжении от морского дна до опорной части палубы платформы. Он поддерживает и защищает от непогоды кондукторы, насосы, стояки, буровое и технологическое оборудования, блок-модули верхнего строения и др.

В качестве первоначального диаметра свай опорного блока можно взять сваи, равные диаметру опорных колонн палубы. Следует также иметь в виду, что максимальное уменьшение проецируемой поверхности трубчатых элементов в зоне высоких волн (у поверхности воды) сводит к минимуму волновые нагрузки на конструкцию платформы и повышает ее устойчивость.

При выборе диаметра опор необходимо также учитывать, что любой трубчатый элемент в сечении не всегда идеально круглый. Свая тоже может быть не совсем круглой и даже слегка изогнутой, поэтому опора платформы должна иметь достаточно большой внутренний диаметр с тем, чтобы обеспечить прохождение внутри нее такой сваи. При проектировании трубчатых поперечных связей, опор и других элементов конструкции платформы следует также учитывать ее плавучесть и гидростатическое давление столба морской воды.

В местах соединения трубчатых опор опорного блока и поперечных связей меньшего диаметра находятся соединительные узлы. Для обеспечения достаточной прочности опоры и предотвращения ее разрушения под действием сил со стороны поперечных связей толщину ее стенок в непосредственной близости от соединительного узла делают большей, чем на отрезке между соединительными узлами. Чем меньше диаметр опоры, тем тоньше будет стенка в ее утолщенном месте у соединительного узла. При предварительном определении толщины стенки опоры на утолщенном отрезке t можно воспользоваться эмпирическим уравнением:

$$t = \left(0,058 \cdot \frac{F_B}{F_y} \right)^{0,59} \cdot (0,0254 \cdot R)^{0,41}$$

где F_B — сила, действующая со стороны поперечной связи, Н;
 F_y — предел текучести материала, Н/м²;
 R — радиус опоры, м.

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Гравитационная платформа



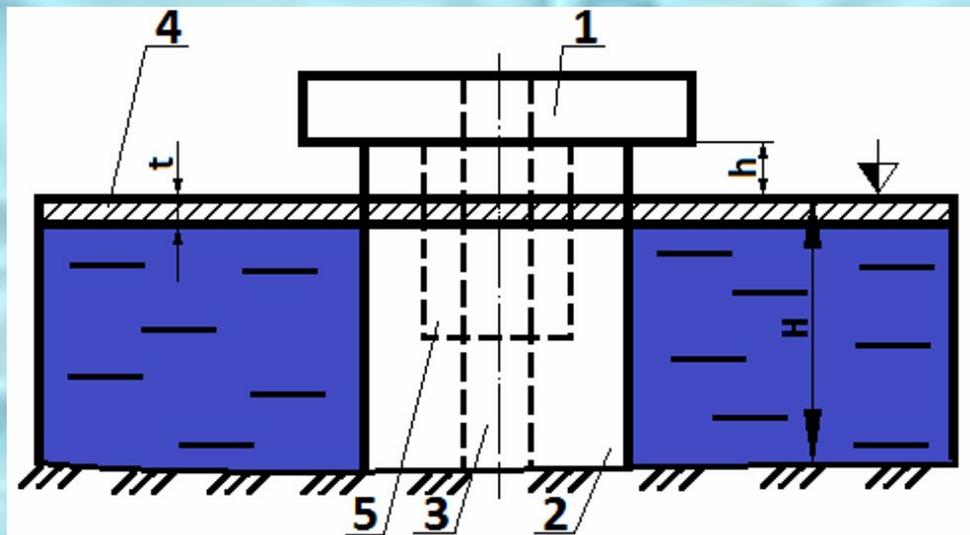
Под термином «гравитационные» понимаются все платформы, удерживаемые на дне за счет собственного веса и связей нижней части платформы с грунтом основания. Районы применения МСП-ГТ обуславливаются, главным образом, мощными силовыми воздействиями на платформу, стремящимися сдвинуть или опрокинуть ее. Такими силовыми воздействиями являются: сейсмические воздействия, течение, волны, ветер и особенно подвижки льда в зимний период. Если воздействие сейсмических толчков, течений, волн и ветра могут противостоять платформы легкого типа, то давлениюдвигающихся в зимний период льдов может противостоять массивная платформа, расположенная на грунте и удерживаемая от сдвига соответствующим закреплением на грунтовом основании.

Гравитационные платформы по форме и конструктивным особенностям классифицируются следующим образом:

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Массивная гравитационная платформа с вертикальными стенками

Гравитационный массив 2, имеющий вертикальные стенки, изготовленный в форме прямоугольника (вертикальное сечение) из бетона или железобетона, устанавливается на дно моря, глубина которого H . На верхней плоскости массива устанавливается верхняя палуба 1. Размеры палубы определяются технологическими и жилищно-бытовыми требованиями. На ней (и в ней) размещаются блок-модули с оборудованием, энергетические установки, жилые помещения, буровые вышки, вертолетная площадка. Нижняя плоскость палубы находится на высоте h от поверхности воды.



Массивная гравитационная опора с вертикальными стенками

В массиве 2 имеется шахта 5 для прохождения буровых труб, а также емкости для хранения нефтепродуктов, других жидких материалов, запасов труб и другого оборудования 3.

Весь массив (его можно назвать еще несущим корпусом) может быть монолитным или собранным из отдельных бетонных блоков, заранее изготовленных на береговой базе и доставленных к месту установки на специальных баржах или иных плавсредствах.

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Монолитный массив может быть изготовлен с применением так называемого кессона, по существу представляющего металлический ящик огромных размеров. Массив 2 при использовании кессона не обязательно полностью заполнять бетоном. Можно сделать внутреннюю стенку (оболочку) 2 из бетона или железобетона, а внутренность 4 заполнить рыхлым или крупноблочным материалом, например, гравием или камнем.

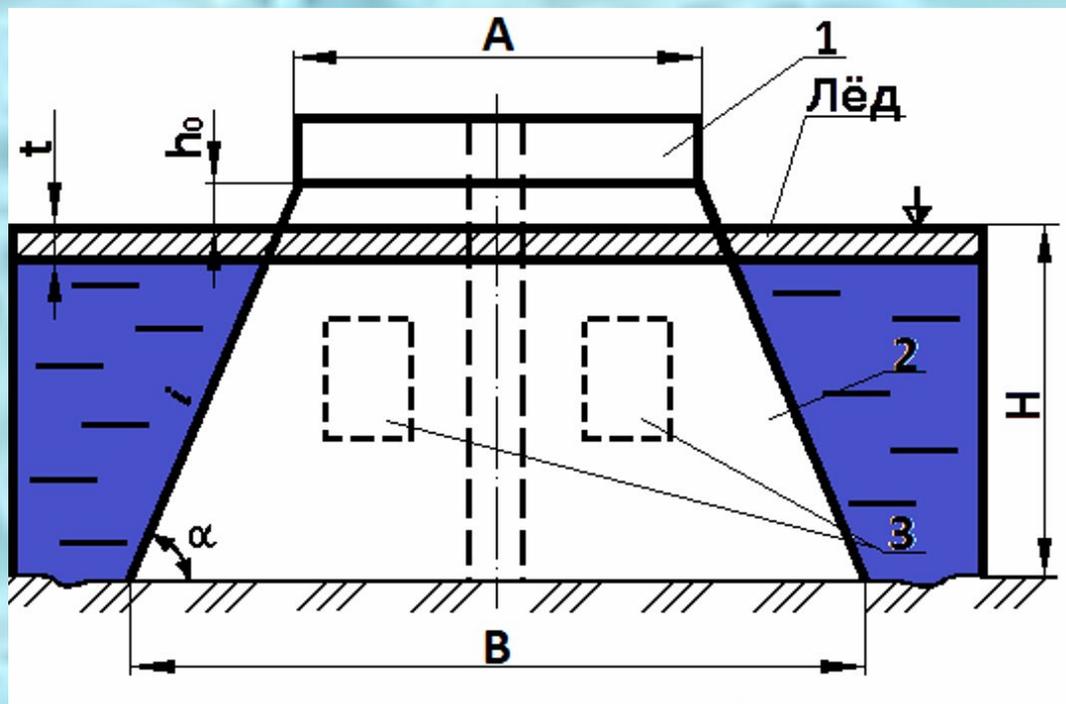
Массив, собираемый полностью из блоков, возводится непосредственно на месте его постоянного расположения, а технология изготовления монолитного массива с применением кессона содержит два крупных этапа: в порту, на специальной строительной площадке строится металлический каркас корпуса блока 2, и затем на плаву он доставляется к месту установки, где и затапливается.

После чего бетонируется блок 2 (применяется подводное бетонирование), а затем заполняется крупноблочным материалом. Возможен также вариант изготовления блока 2 полностью в порту (изготовление кессона и заполнение его бетоном), затем доставка блока 2 на плаву, опуск его на дно и заполнение внутреннего массива крупнозернистым и крупноблочным каменным материалом.



МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Массивные гравитационные платформы с наклонными боковыми поверхностями



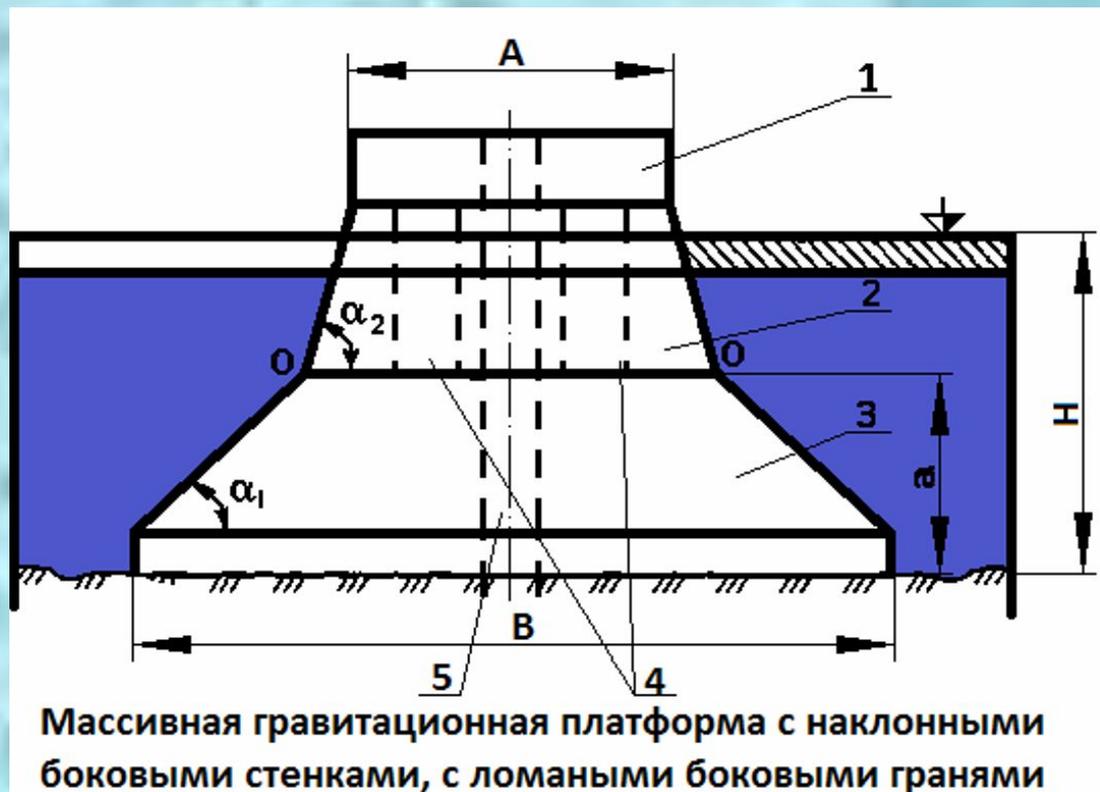
Массивная гравитационная платформа с наклонными боковыми стенками, с ровными боковыми гранями

Форма платформы с вертикальными стенками имеет, наряду с таким достоинством, как минимальный объем материалов, расходуемый на её сооружение, и существенные недостатки. Эти недостатки заключаются, прежде всего, в том, что волны и лёд толщиной t воздействуют на вертикальные стенки. В этом случае силы воздействия будут наибольшими, что потребует увеличения объема массива, чтобы удержать платформу от сдвига или опрокидывания.

Для уменьшения величины силового воздействия платформам в разрезе придают форму усеченной пирамиды. Как волны, так и лёд в этом случае при воздействии на боковые поверхности будут изменять направление силового воздействия, поднимаясь по наклонным поверхностям.

Высота подъёма верхнего блока h_0 зависит от возможного подъёма уровня воды в море и определяется как сумма приливного подъема уровня воды, высоты волны (наибольшей), высоты поднятия воды при набеге волны на откосе и навигационного запаса высоты.

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

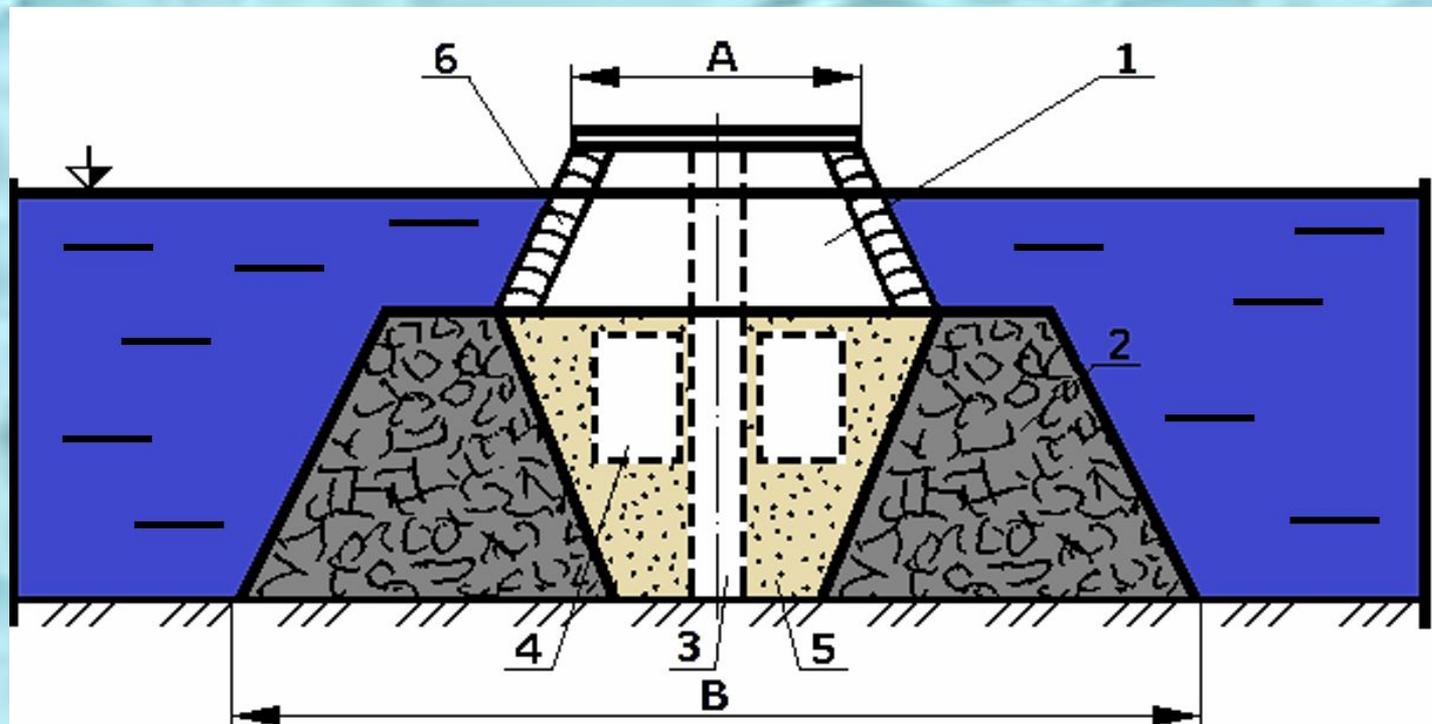


Платформа с ломаными боковыми гранями состоит из двух частей: верхней, изготавливаемой из бетона в металлической оболочке (кессоне) 2 и нижней - из бетонных блоков тетраидной формы или из насыпного грунта (несортированного камня 3). Нижняя часть осыпается на высоту a , в пределах которой воздействие волн минимально или вообще отсутствует. Угол α формируется естественным путем при отсыпке камня. На поверхности 0-0 устанавливается верхняя часть массивной платформы, способной выдерживать воздействие течений, волн и льда.

Верхняя часть 1 является так называемым верхним строением (или палубой), на которой размещается буровая вышка (или вышки), техническое оборудование, склады, жилые помещения). Следовательно габаритные размеры A должны быть выбраны из условия их размещения на верхнем строении.

В поле бетонного массива 2 (под водой) могут быть размещены помещения 3 (платформа с ровными боковыми гранями) для складирования труб и расходных материалов. Для платформы с ломаными боковыми гранями такими помещениями являются емкости 4. В обеих платформах сверху донизу проходит шахта (4 и 5 - соответственно) для прохождения сквозь массив буровых колонн.

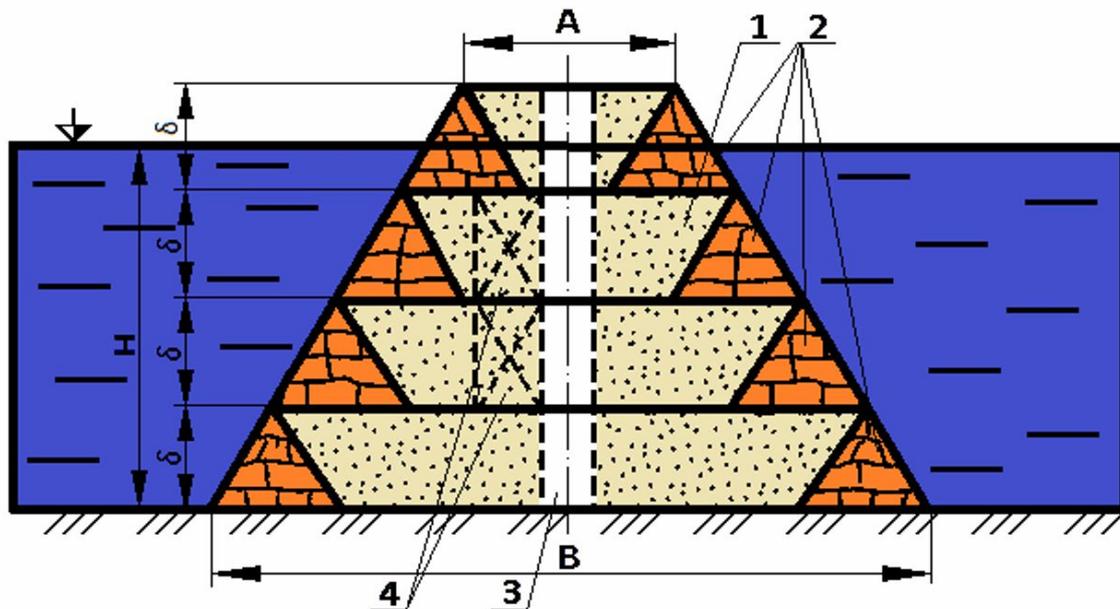
МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ



**Массивная платформа из бетона и рваного камня,
двухъярусная схема**

Платформа формируется из двух частей: нижней, состоящей из каменных отсыпок 2, и верхней 1, состоящей также из камня (несортированного) и обложенной бетонными блоками 6. Пространство между каменными дамбами, образующими замкнутое пространство, засыпается гравием 5. Внутри создаются полости 4 для размещения материалов и сквозное отверстие 3 для спуска бурового оборудования.

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ



**Массивная платформа из бетона и рваного камня,
многоярусная схема**

При многоярусной схеме платформа с наклонными боковыми поверхностями имеет несколько слоев, каждый из которых имеет высоту h . Массив создается следующим образом. Отсыпается из крупного рваного камня замкнутая в плане дамба 2 на участке дна шириной B на высоту h . Внутреннее пространство засыпается гравием. Затем на площадку на высоте h отсыпается следующая замкнутая дамба 2 и внутри её засыпается гравий. Процесс продолжается до тех пор, пока на поверхность не будет выведен последний слой 2.

Одновременно с возведением массива внутри каждой из платформ могут устраиваться шахты 3 и емкости 4 для складирования труб и других материалов.

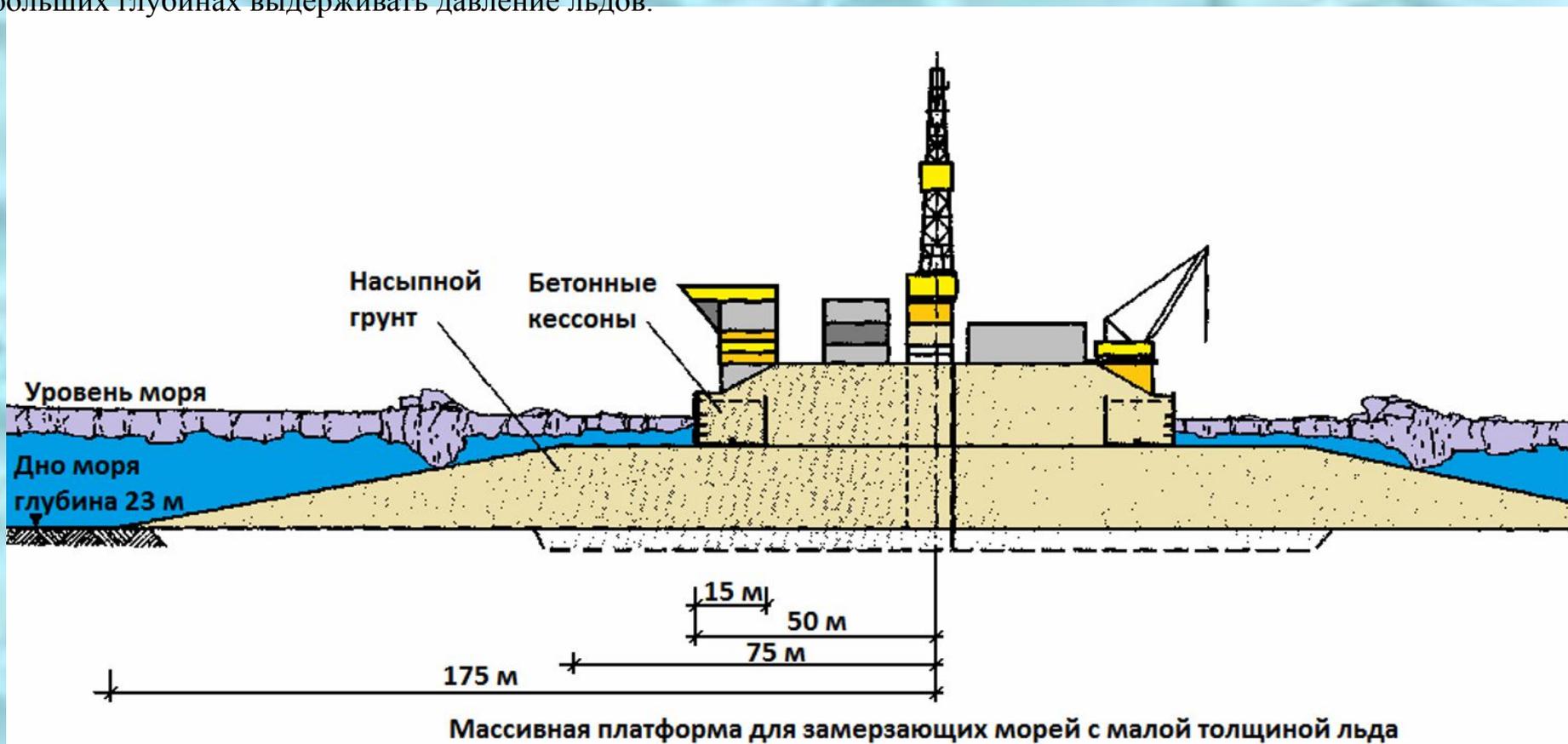
Платформы описанной формы могут устраиваться только на малых глубинах, в пределах 15-20 м, так как при больших глубинах трудно обеспечить их устойчивость и неразрушимость от воздействия течений и волн.

Основной объем строительных материалов (камень, песок) могут быть найдены в районе строительства, что существенно уменьшает затраты на строительство.

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Железобетонные гравитационные платформы для замерзающих морей

Платформы, формы которых рассмотрены выше, предназначены для использования в условиях незамерзающих морей, либо в морях, на поверхности которых образуется ледяной покров незначительной толщины (до 0,5 м). Исключение составляют лишь некоторые из платформ. И хотя они могут выдерживать давление, практически, любых льдов, но они имеют существенный недостаток, заключающийся в том, что высота этих платформ дает возможность использовать их только на относительно малых глубинах. Поэтому в практике проектирования МНГС для больших глубин на акватории северных морей разработаны и разрабатываются формы платформ, способных даже при больших глубинах выдерживать давление льдов.



МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Основной принципиальной особенностью таких форм МНГС являются:

- вес, обеспечивающий по площади контакта низа платформы и дна сил сопротивления сдвигу, необходимые для удержания платформы в расчетном месте;
- прочность конструкций платформ, подвергающихся давлению льда, обеспечивающих их неразрушимость при любых воздействиях;
- весьма сложное конструктивное решение блоков и элементов.

Эти условия могут быть выполнены (в настоящее время) при использовании таких строительных материалов, которые обладают значительным удельным весом и необходимой прочностью - это бетон и железобетон.

Основными условиями надежной работы платформ гравитационного типа являются:

1. Обеспечение статической и динамической определенности положения платформ, находящихся под воздействием любых внешних и внутренних сил.
2. Обеспечение надежной и устойчивой работы всего технологического оборудования, занятого в производственном процессе бурения скважин, добычи нефти или газа и отправки их потребителям.
3. Создание достаточно комфортных условий для работы и проживания обслуживающего персонала весь период его пребывания (вахты) на платформе.
4. Безусловное обеспечение условий, исключающих нанесение ущерба окружающей среде.

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Свайная платформа



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 размещается технологическое оборудование и помещения для обслуживающего персонала. Дадим краткое описание каждой части платформы.

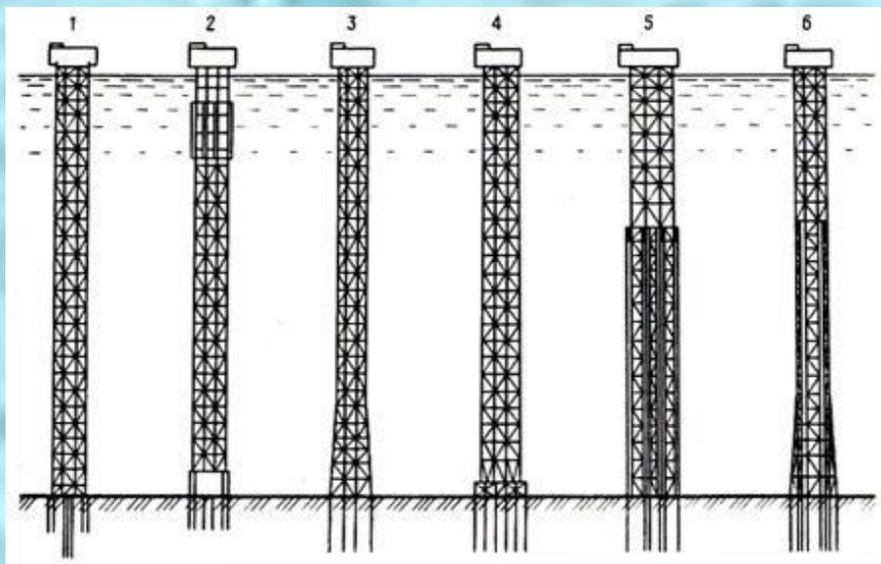
Свайный фундамент представляет погруженные в грунт дна сваи в точках, на которых будут устанавливаться несущие стержни стержневой системы. Эти сваи (по одной или несколько в опорной точке) служат фундаментами для опорных стержней.

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 размещается оборудование, производственные и жилые помещения.

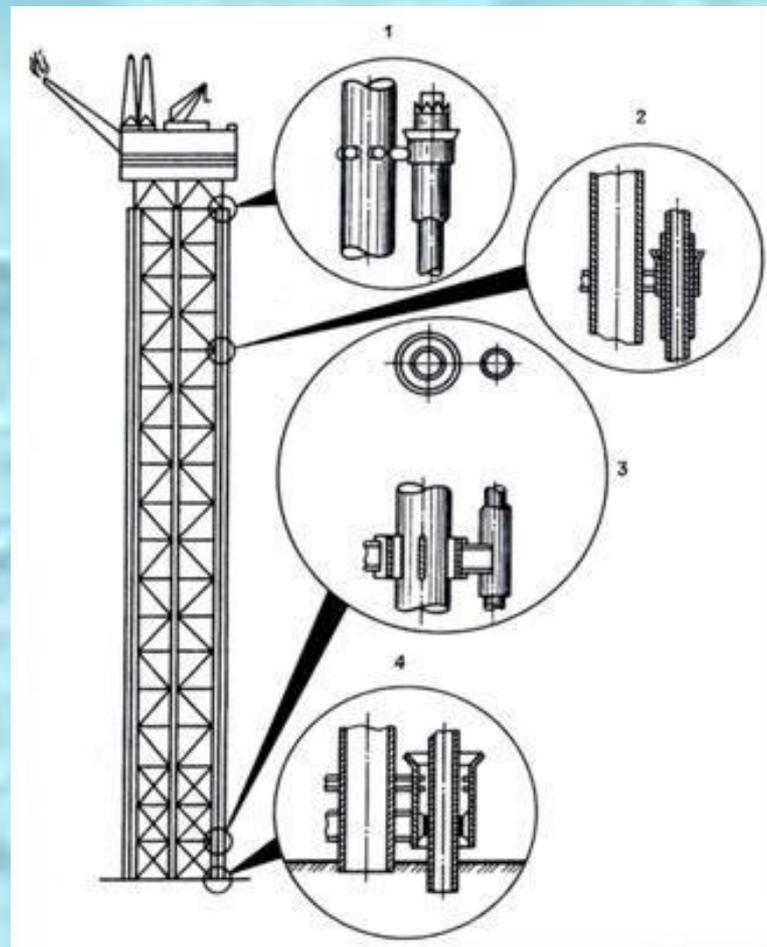
МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Свайная платформа



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

Обычно при проектировании МСП статическую прочность конструкции рассчитывают на действие максимальных нагрузок, повторяющихся один раз в 100 лет, и производят поверочный расчет на динамические и циклические нагрузки.

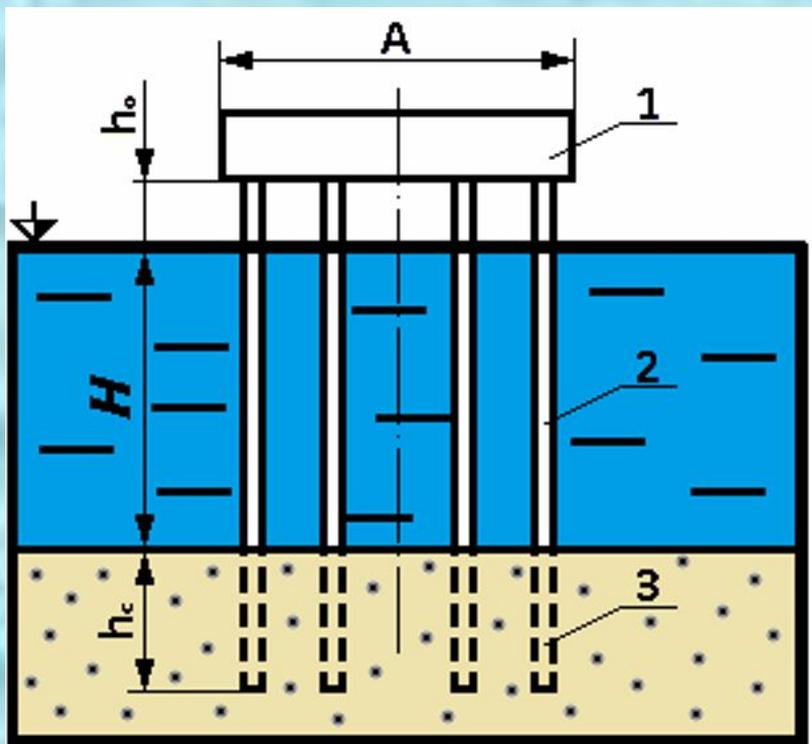


Крепление свай к опорам платформ:

1 — свая, приваренная к направляющей втулке; 2 — свая свободно проходит через направляющую втулку; 3 — узел крепления направляющей втулки к главной опоре; 4 — нижняя удлиненная направляющая втулка

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Платформа на вертикальных сваях



Платформа на вертикальных сваях

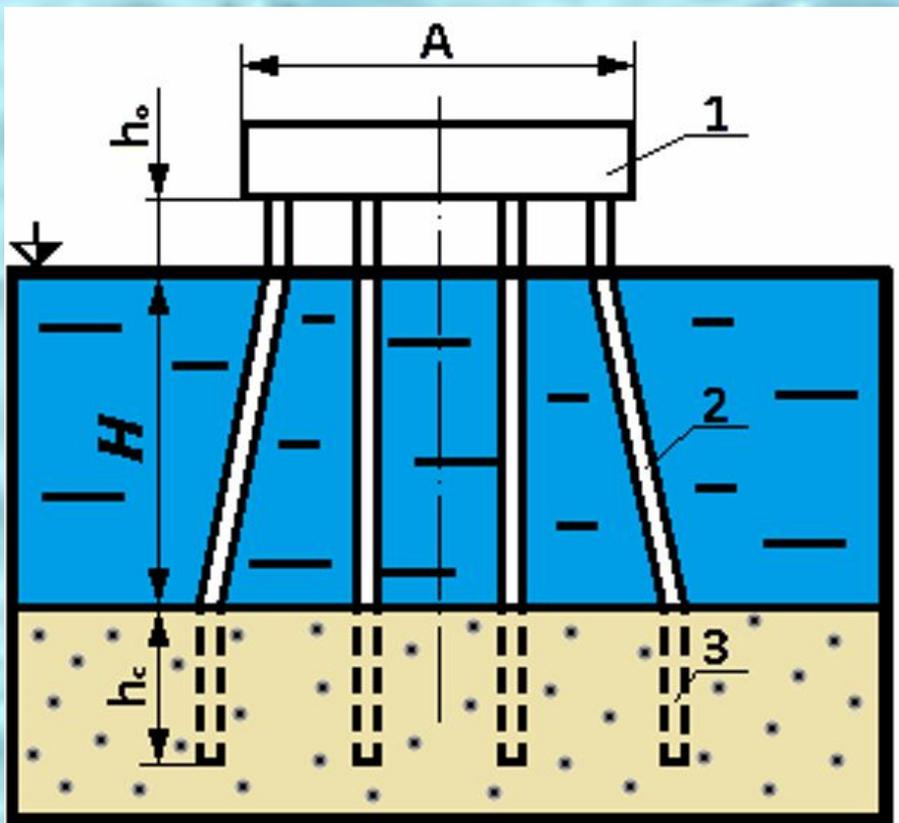
Палуба 1 расположена на стержнях 2, которые будем называть несущими, которые, в свою очередь, установлены на свайные фундаменты 3. Стержни 2 (их условно тоже иногда называют сваями) могут иметь в поперечном сечении круглую или другую форму. Наиболее часто - это круглая форма. Для несущих стержней используются трубы, диаметр и толщина стенки которых назначаются по условию обеспечения необходимой несущей способности стержней.

Форма платформы, с вертикальными сваями, применяется в морях, на поверхности которых либо не образуется лед, либо образуется лед небольшой толщины, а глубины невелики (10- 20 м).



МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Платформа с вертикальными наклонными сваями



Платформа с вертикальными наклонными сваями

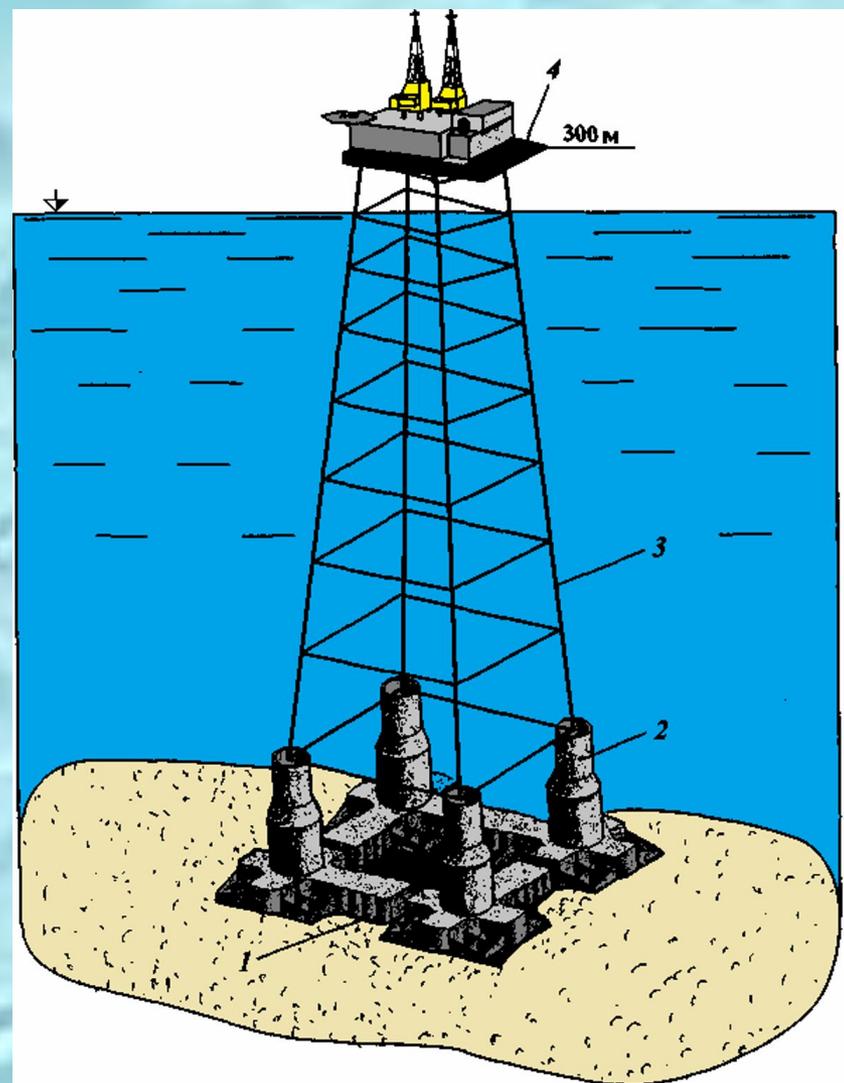
Для повышения уровня устойчивости платформы в целом может быть использована конструкция, с наклонными сваями. Основное отличие этой платформы, как видно из рисунка, заключается в наклонном расположении крайних несущих стержней. Тем самым достигается существенно большая жесткость конструкции всего сооружения; существенно меньшими будут поперечные перемещения верхней части (палубы) под воздействием ветра, волн и течений.



МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Платформа с железобетонным фундаментом

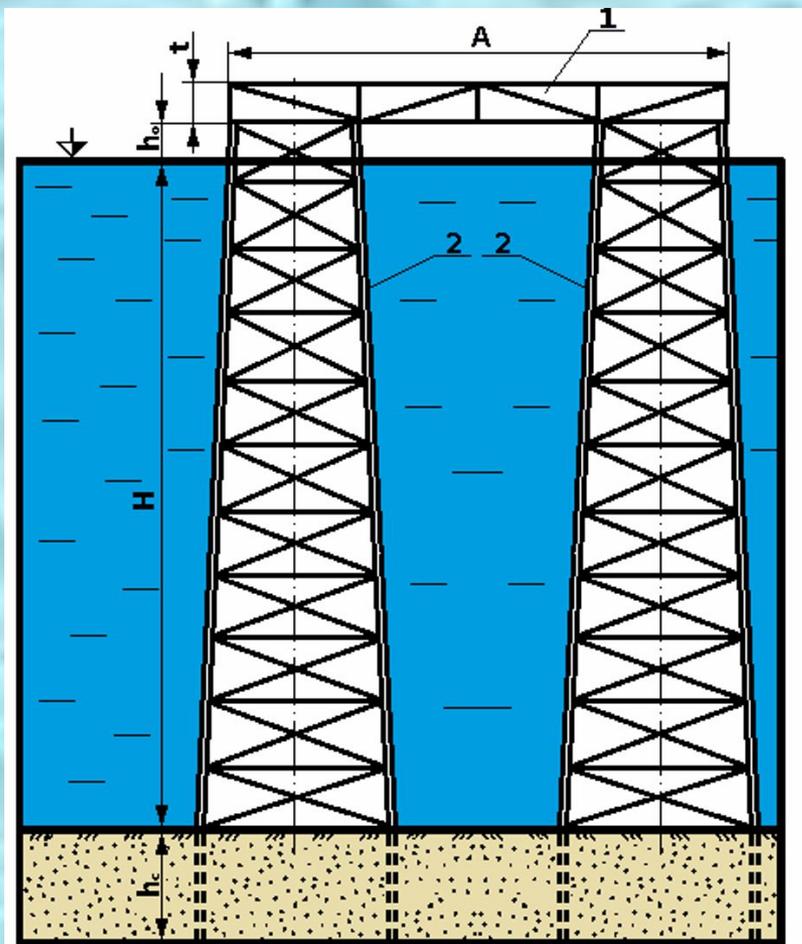
Для повышения устойчивости стержневых конструкций платформ, что очень важно при больших глубинах моря, в основании стержневой конструкции устанавливается специальное железобетонное основание. На грунт устанавливается фундамент 1 в форме квадрата из монолитного железобетона. Фундамент изготавливается на стройплощадке в порту и доставляется буксирами к месту установки. Специально устраиваемые цилиндрические розетки 2 предназначены для установки в них несущих вертикальных стержней, изготовляемых, как правило, из труб. Эти трубы-стержни 3 показаны в виде линий с целью выделить фундаментную часть 1. Верхняя часть платформы, расположенная над поверхностью воды, используется для размещения бурового и другого технологического оборудования 4. Фундамент 1 может быть дополнительно закреплен сваями.



Платформа с железобетонным фигурным фундаментом

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Объединение платформ при помощи эстакад



Две платформы объединенные переходным мостом

При освоении морских нефтегазовых месторождений в некоторых случаях в одном так называемом кусте размещаются две, три, а иногда и большее количество платформ, объединяемых с помощью эстакад. Это позволяет обеспечить более оперативную работу обслуживающего персонала, а также повысить общую устойчивость каждой из платформ, т.е. иметь большую статическую определенность двух и даже трех объединенных платформ.

Приведена схема двух платформ, объединенных переходным мостом. Верхнее строение 1 опирается на два стержневых блока 2, представляющих стержневые конструкции, опирающиеся на дно и закрепленные внутритрубными сваями. Расстояние между блоками 2 определяется из условий размещения на верхнем строении технологического оборудования и вспомогательных сооружений при условии обеспечения прочности ферм верхнего строения.

Стационарные платформы описанного вида применяются на морях, на которых не образуется ледовый покров. Это объясняется тем, что стержневые блоки даже с поперечными связями обладают слишком малым сопротивлением боковым нагрузкам от давления льда.

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Стационарные платформы на колоннах

МЕЛКОВОДНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

В тех случаях, когда необходимо обеспечить прочность и устойчивость стационарной платформы, подвергающейся силовому воздействию, например, льда в условиях мелководья, вместо стационарных платформ гравитационного типа в форме массивного монолита или насыпного острова применяют платформы на колоннах.

Под *колонной* понимается вертикальная одиночная опорная стойка цилиндрической или иной формы поперечного сечения, наиболее характерный размер которого сопоставим с высотой колонны (например, диаметр колонны 2 м, а высота 15 м).

Характерным называется наибольший размер сечения, например, диаметр (в случае цилиндрической его формы) или диагональ (в случае квадрата или прямоугольника).

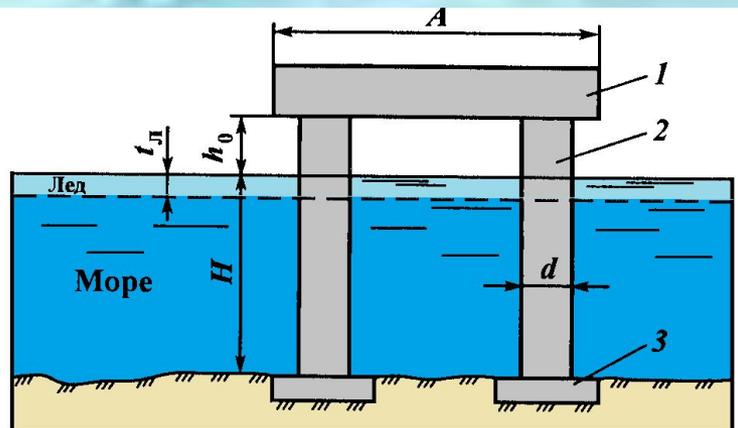
Конструктивно МСП на колоннах имеет три основных составляющих:

верхнее строение (палуба);

колонны-опоры;

нижнее опорное основание, являющееся фундаментом платформы.

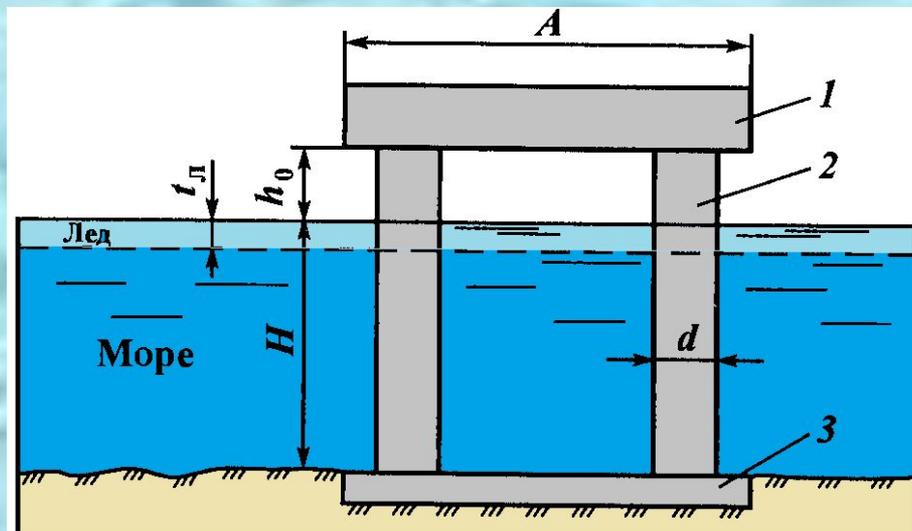
МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ



Мелководная платформа с опиранием колонн на отдельные фундаменты.

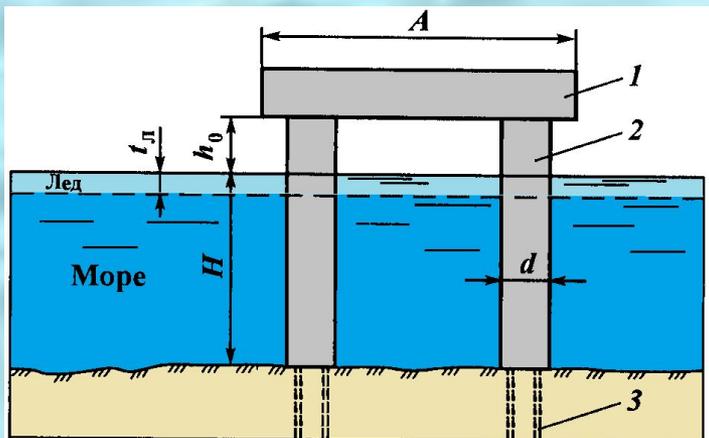
Мелководная платформа с опиранием на общий фундамент. Основным отличием этой формы платформы является применение в качестве фундамента платформы сплошной железобетонной (или металлической емкости, заполненной бетоном) плиты. Такая форма требует выравнивания дна, чтобы фундамент находился в горизонтальном положении.

Мелководная платформа с опиранием колонн на отдельные фундаменты. Колонны цилиндрического сечения опираются на собственный фундамент каждая. Применение отдельных под каждую колонну фундаментов позволяет устанавливать стационарную платформу на слабом грунте, на неровном дне, например, на подводном косогоре. В этом случае опоры располагаются на различных глубинах, а колонны, соответственно, имеют различные длины (или высоты). Площадь поперечного сечения колонн и их число определяется из условия прочности и устойчивости каждой из колонн и в целом платформы на все нагрузки от верхнего строения, ветра, волн, течений и льда.



Мелководная платформа с опиранием на общий фундамент.

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ



Мелководная платформа с опиранием колонн на свайные фундаменты.

Мелководная платформа с опиранием колонн на свайные фундаменты. Верхнее строение 1 платформы располагается на колоннах 2, но сами колонны опираются на свайный фундамент 3, удерживаемый под каждой колонной. Сваи забиваются в грунт на расчетную глубину, либо непосредственно через внутреннее пространство колонны, либо колонну устанавливают на заранее подготовленный фундамент. Выравнивание дна в месте установки МСП не требуется. Это обстоятельство существенно упрощает строительные работы по сравнению с вариантом обустройства общего фундамента.

В качестве материала для изготовления колонн используется железобетон. Колонны изготавливают в порту или на специальной береговой базе, доставляют на плавсредствах к месту установки и устанавливают на фундаменты. Часто используют для устройства колонн металлические оболочки, которые заполняют бетоном после их установки на место. Этот метод очень удобен для варианта опирания колонн на свайные фундаменты, так как позволяет забивать сваи через внутренние пространства оболочки (диаметр ее может достигать нескольких метров).



МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

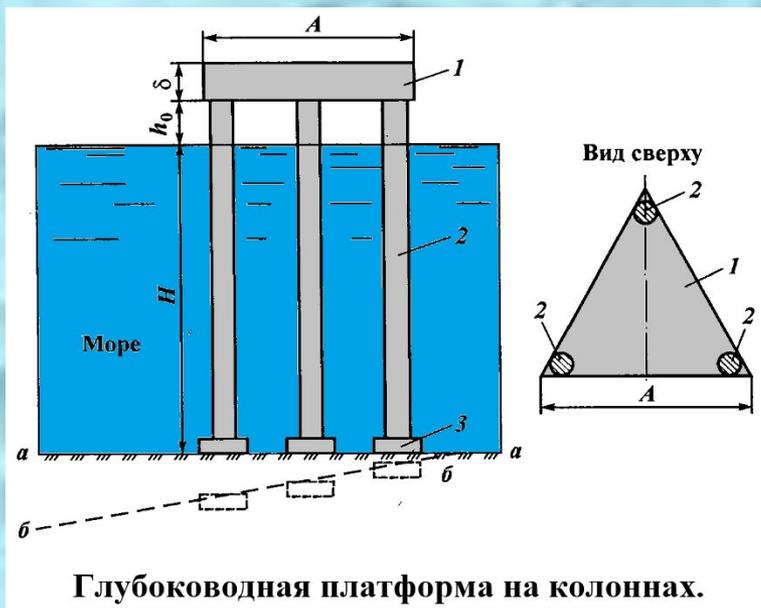
Стационарные платформы на колоннах

ГЛУБОКОВОДНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Глубоководной платформой называют стационарную платформу, устанавливаемую на нескольких колоннах, характерный размер сечения которых значительно (в несколько десятков раз) меньше высоты колонны. Такая платформа, как и мелководная, включает три основных блока:

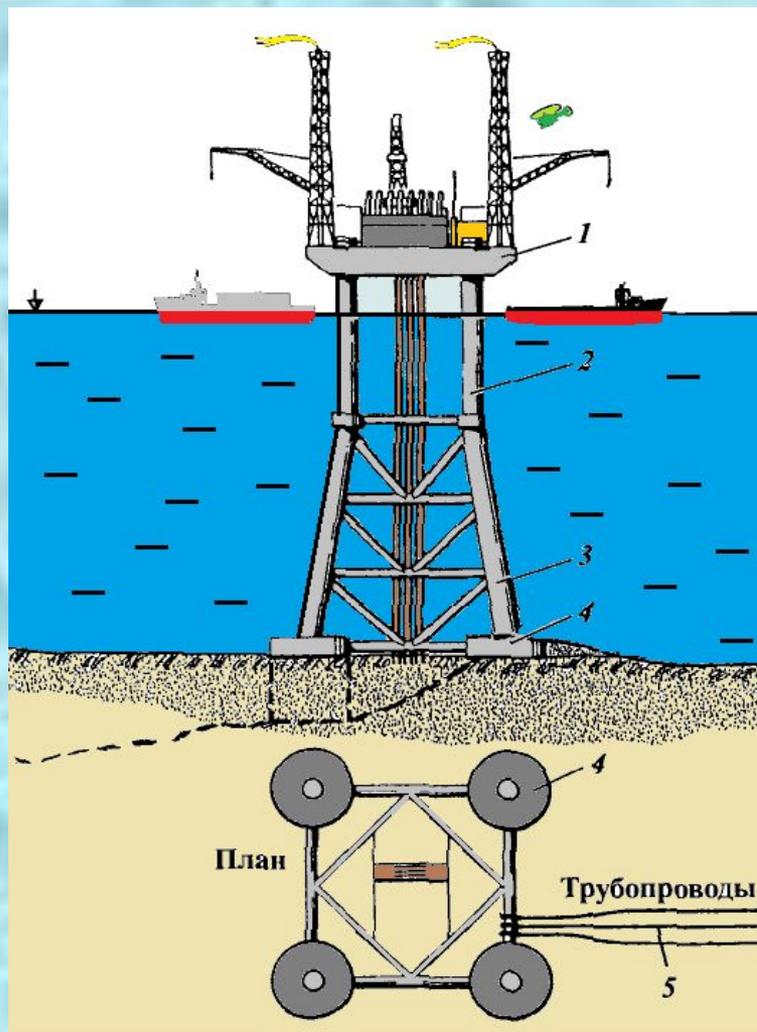
- верхнее строение;
- колонны;
- фундамент под колонны.

Поскольку платформа сооружается на большой глубине, то площадь поперечного сечения колонн принимается (по расчету) большей, чем мелководной. Имея в виду, что глубоководная МСП на колоннах более податлива горизонтальным нагрузкам, иногда (по расчету) платформа закрепляется оттяжками. Податливость горизонтальным усилиям тем больше, чем больше так называемая гибкость колонн и гибкость (или жесткость) всех колонн вместе.



Платформа состоит из трех частей: верхнего блока (палубы) 1, колонн 2, опорных блоков (или плит) 3. Если дно в месте установки платформы горизонтальное, то плиты 3 размещают на одном уровне а-а если дно имеет уклон, например, как показано на рисунке б-б, то колонны могут иметь различную длину и опираться на опорные плиты, расположенные на различных уровнях (показаны пунктиром).

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ



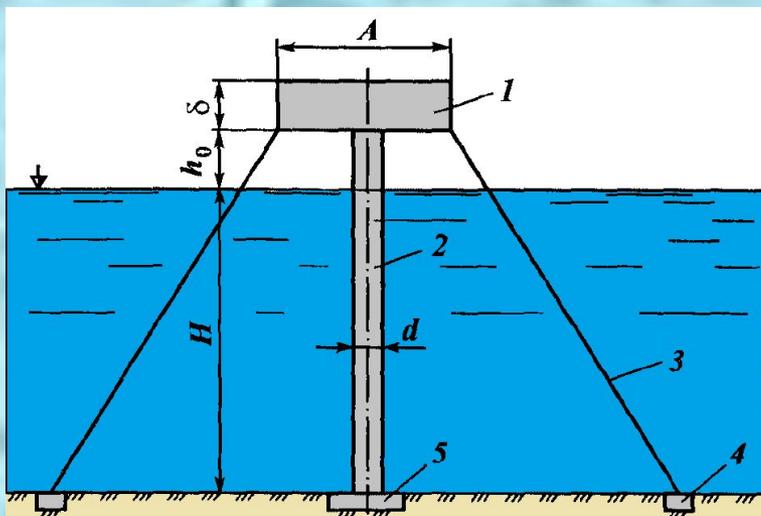
**Глубоководная платформа
с ломанными колоннами.**

Для повышения жесткости всей системы колонн с целью увеличения ее сопротивляемости горизонтальным силовым воздействиям, колонны могут иметь различное наклонение на отдельных участках. На рисунке показана платформа, нижняя часть которой имеет форму усеченной пирамиды 3 из четырех колонн. Средняя часть - колонны расположены вертикально и на них установлены верхние строения 1. Сама платформа опирается на фундаментные плиты 4. Для каждой из колонн устанавливается отдельная плита; поэтому длина каждой из колонн может быть различной в зависимости от рельефа дна. Верхняя часть колонны 2 устанавливается вертикально.



МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Платформа мачтового типа



Мачтовая платформа.



Мачтовой называют платформу, которая представляет конструкцию в виде одной стойки (или колонны), на верху которой закрепляется верхнее строение, низ стойки опирается на фундамент, а вся конструкция удерживается от опрокидывания с помощью оттяжек, закрепляемых на дне моря в количестве и местах, определяемых расчетом.

Мачтовая стационарная платформа состоит из 3-х основных частей:

- 1 - верхнее строение;
- 2 - мачта (стойка);
- 5 - фундамент.

Обеспечивают устойчивость положения МСП оттяжки 3, закрепляемые на дне с помощью якорей 4. Следует отметить, что в некоторых случаях мачтовая МСП не опирается на фундамент 3 и удерживается в заданном по вертикали положении за счет плавучести самой стойки (мачты). В этом случае МСП относится к плавучим платформам. Применяется мачтовая МСП на больших глубинах. Доставляется к месту установки наплаву с помощью буксира или буксиров.

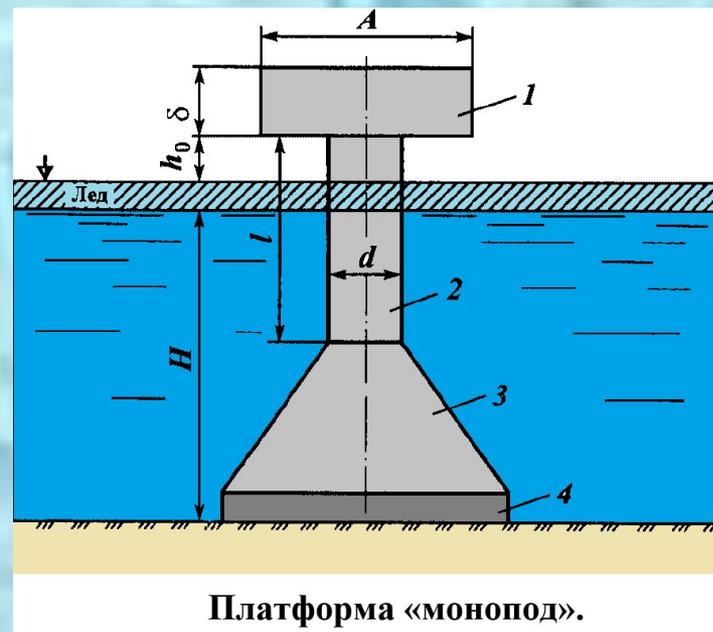
МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

МОНОПОД

Морская стационарная платформа (МСП) «монопод» представляет сооружение башенного типа: центральная опорная конструкция («моно» - одна), опирающаяся на дно через конусообразное основание.

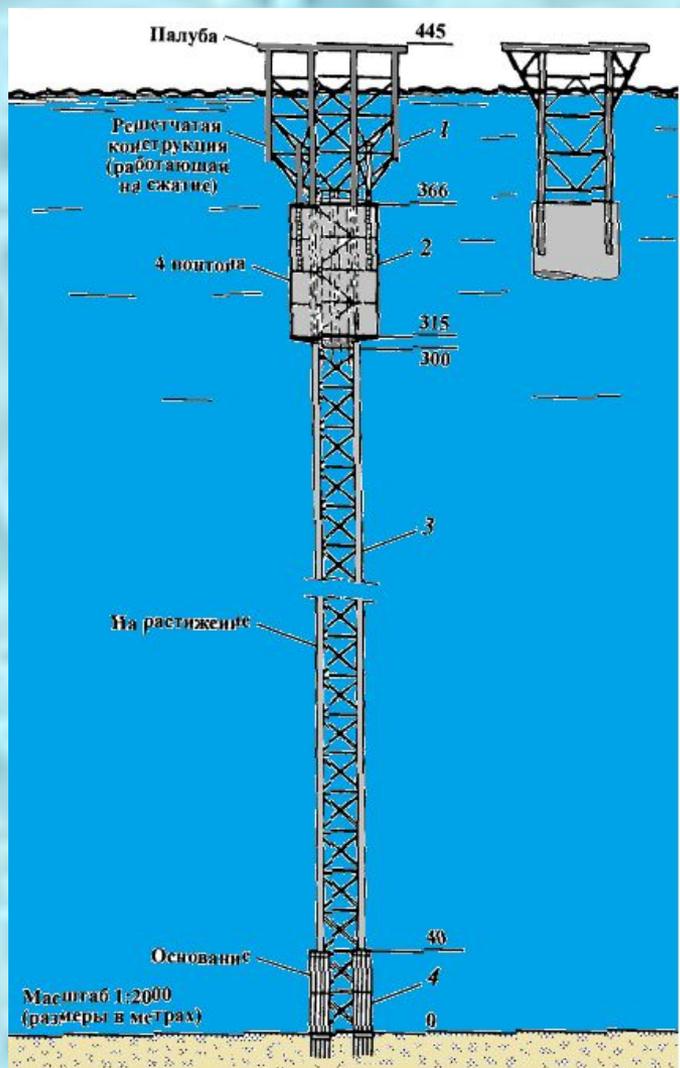
Составные части МСП - верхнее строение 7, опорная стойка 2 и опорное основание 3. Данная схема МСП используется как платформа гравитационного типа, т.е. удерживающаяся в заданном положении только за счет собственного веса. Применяется МСП такого типа наиболее часто при возможном на поверхности моря льда в зимний период. МСП «монопод» способна выдерживать мощные внешние воздействия (течение, ветер, волны и давление льда), так как ее элементы - цилиндрическая опорная часть 2, конусная 3 и фундаментная 4 изготавливаются из монолитного железобетона. Внутри их устраиваются различные помещения для размещения оборудования, материалов, емкости для воды, горючего и т.д. Толщина стенок частей 2, 3 и 4, рассчитывается на все внешние воздействия. Для повышения надежности цилиндрическая часть может быть защищена металлическим кожухом.

Отличие МСП «монопод» от платформ мачтового типа, в основном, определяется гравитационным характером, что позволяет ей не только сохранять вертикальное положение под действием собственного веса, но и выдерживать горизонтальное давление льда, течения и ветра.



МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Платформа с растянуто-сжатой стержневой колонной



Платформа с растянуто-сжатой колонной

Колонна состоит из четырех блоков, каждый из которых выполняет самостоятельные функции. Все сооружение размещается на фундаменте (основании) 4, опирающемся на свайный фундамент, работающем как на силу, направленную вниз, так и на силу, направленную вверх. Как видно из рисунка, высота только фундаментного блока (без свай) составляет 40 м. На поверхности фундамента установлена решетчатая колонна 3 высотой 300 м (она может быть меньшей или большей в зависимости от глубины моря).

На эту колонну устанавливаются емкости (понтонны 2), обладающие плавучестью, которая создает в блоке 3 растягивающее усилие в вертикальных стержнях и, кроме того, удерживает решетчатую конструкцию 1 с размещающейся на ней палубой, на которой устанавливается необходимое технологическое оборудование. Таким образом, на высоте колонны от нулевой отметки до верха палубы действуют различные вертикальные силы: нулевые, растягивающие и сжимающие.

Сооружение в целом обладает хорошей вертикальной определенностью (устойчивостью) даже в условиях шторма, так как решетчатая форма позволяет избежать больших горизонтальных воздействий течения, ветра и волн, а глубокое расположение понтонов (до 80 м) практически исключает воздействие на них волн и поверхностных течений.

Рассматриваемая конструкция платформы позволяет сравнительно просто обеспечить ее установку. При этом глубина моря в месте установки может достигать 800-1000 м.

Использование в платформе принципа растянуто-сжатого стержня (весьма сложной формы) существенно снижает расход материалов на изготовление стержня-колонны. Это, в свою очередь, упрощает работы по ее доставке и установке на месте работ.

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Ледостойкая платформа с гравитационным фундаментом

Одним из наиболее интересных и детально разработанных проектов ледостойкой гравитационной платформы является технический проект, выполненный специалистами фирмы "Мак-Дермотт".

В данном случае ледостойкая стационарная платформа с гравитационным фундаментом представляет собой комбинированное сооружение. Опорная часть платформы состоит из фундаментной плиты, конусообразной колонны и несущей палубы.

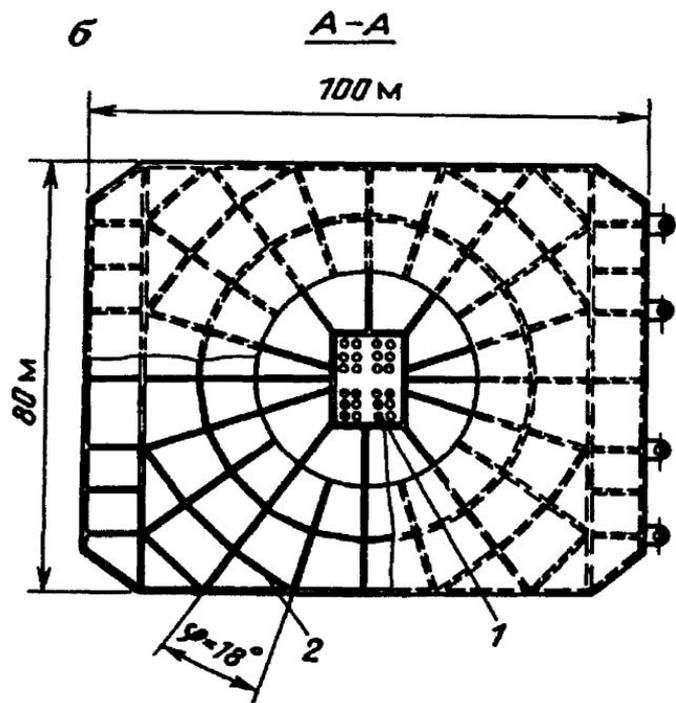
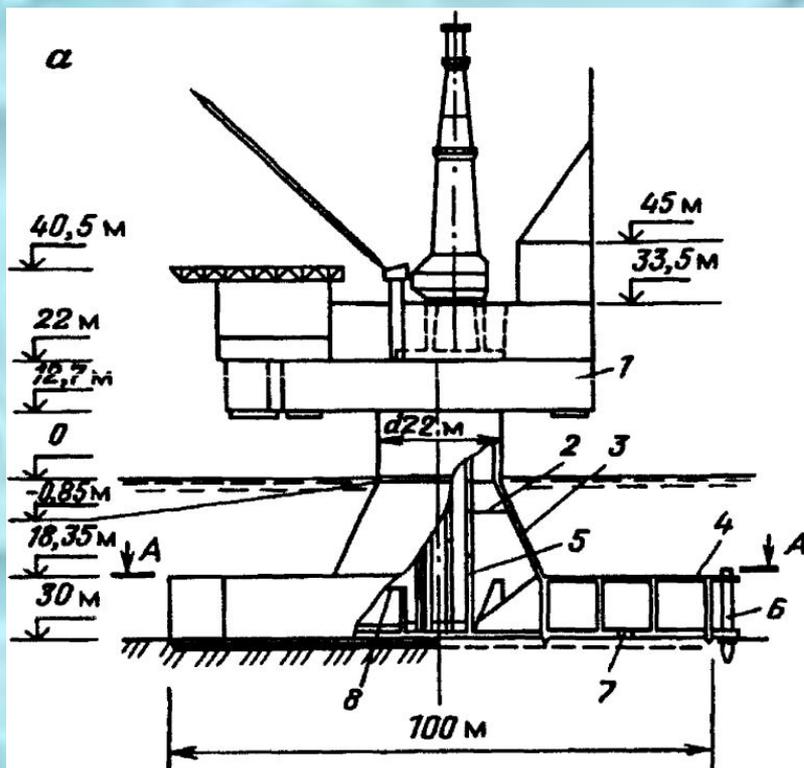
Фундаментная плита и основание платформы представляют собой ячеистую конструкцию, выполненную из преднапряженного монолитного железобетона. Размеры основания - 100x80x11,5 м. Для улучшения мореходности углы его скошены. Основание имеет верхнюю и нижнюю горизонтальные плиты, соединенные сплошными вертикальными переборками. Толщина плит и переборок - равномерная и колеблется в пределах 400 - 600 - 800 мм. Переборки выполнены из радиально расходящихся и пересекающих их сплошных кольцевых переборок. На дне основания расположены выступающие ребра - юбки (общая высота каждой - 1,5 м), состоящие из железобетонной части высотой 0,75 м и стального гофрированного листа, заделанного в железобетонный выступ. Служат юбки для нескольких целей:

- предотвращения размыва дна вокруг платформы;
- увеличения сопротивления скольжению;
- образования подводной выравнивающей постели путем заполнения пространства между днищем опорного блока и поверхностью дна моря цементным раствором.

Железобетонное основание платформы разделено переборками на ряд балластных отсеков. Ячейки внутри каждого из них сообщаются через проемы во внутренних переборках, что обеспечивает свободный переток воды в пределах отсека. Подводные трубопроводы и стояки подводятся и отводятся по двум горизонтальным туннелям, прорезающим переборки основания и соединенным с опорной колонной.

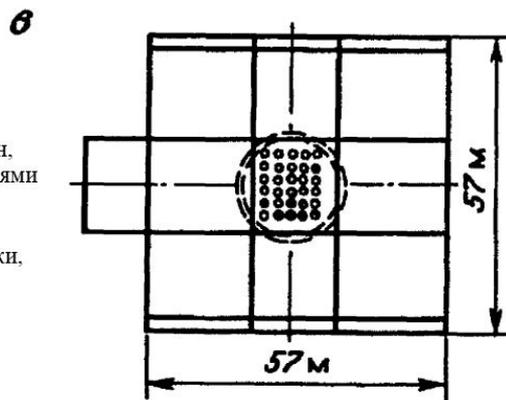
Основание платформы имеет массу 55000 т, что соответствует объему железобетона 22000 м³.

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ



Сталежелезобетонная платформа с гравитационным фундаментом:

- а*- вид сбоку: 1 - палуба, 2- диафрагмы в опорном блоке, 3- стальная обшивка, 4- железобетонное основание, 5 - кондукторы для бурения скважин, 6- стальная юбка, 7 - задвижка, 8- стальное перекрытие под емкостями для хранения нефти;
- б*- план разреза платформы по линии *А-А*:
1 - кондукторы для бурения скважин, 2 - железобетонные переборки, φ - угол между переборками;
- в*- план палубы платформы на высоте 14,2 м от уровня моря.



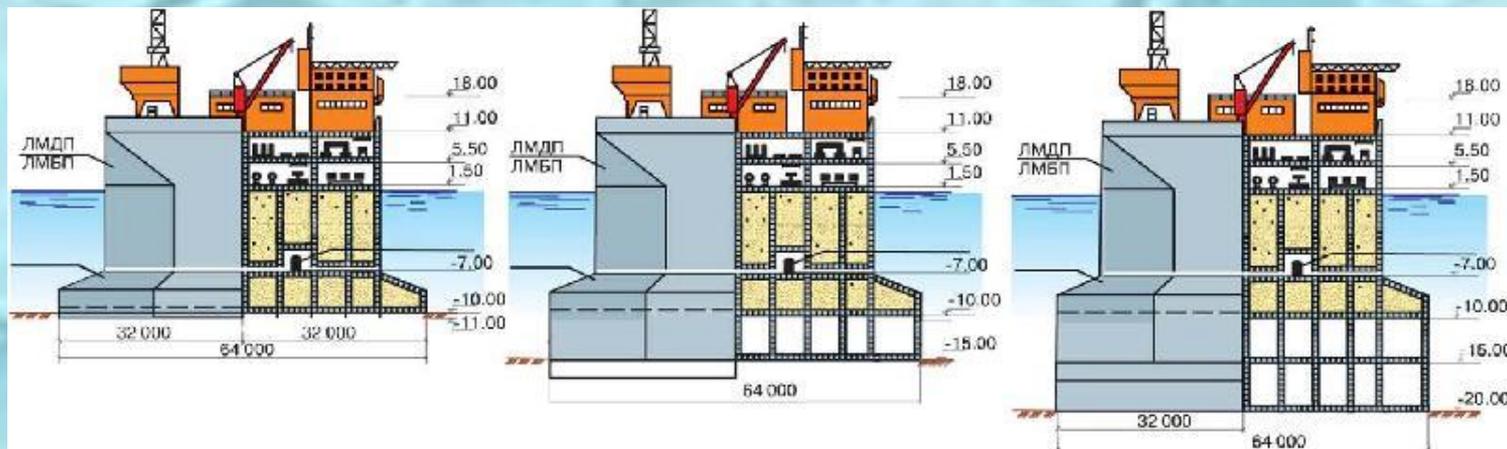
МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Опорная колонна выполнена из стального листа толщиной 32 мм. Изнутри ее корпус укреплен ребрами жесткости таврового сечения, расположенными вертикально вдоль колонны. Промежутки между тавровыми балками заполнены бетоном. Таким образом обеспечивается местная и общая прочность и жесткость колонны против действия ледовых нагрузок. Шесть стальных диафрагм, сделанных в основном из листовой стали толщиной 25 мм, поддерживают тавровые балки на высоте колонны. Последняя соединена с железобетонным основанием при помощи работающих на растяжение стержней.

В зоне действия льда колонна имеет цилиндрическую форму, а конусная часть расположена ниже этой зоны. Такое конструктивное решение необходимо из-за существующей реальной опасности смерзания льда с опорной колонной. В этом случае наклонные элементы не только полностью теряют свое назначение, но и становятся опасными, увеличивая зону контакта с ледовыми образованиями.

Общая масса колонны - 5900 т, в том числе стальных конструкций - 2200 т, а бетонных - 3700 т.

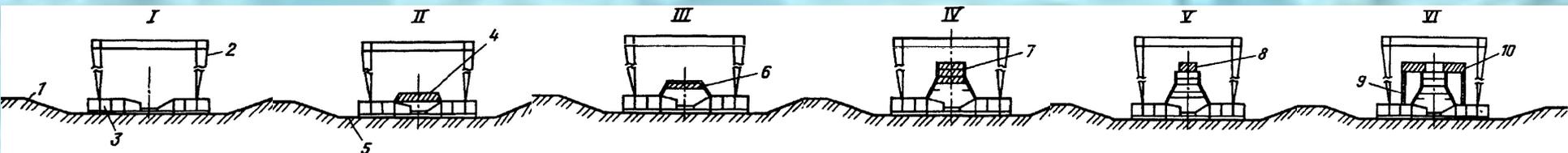
Несущая палуба выполнена из стальных элементов и имеет общую массу 3220 т. Палуба опирается на центральную колонну в четырех местах. Предусмотрена система ее выравнивания и уменьшения сопротивления горизонтальной срезающей нагрузке, действующей во время погружения и установки платформы на дно.



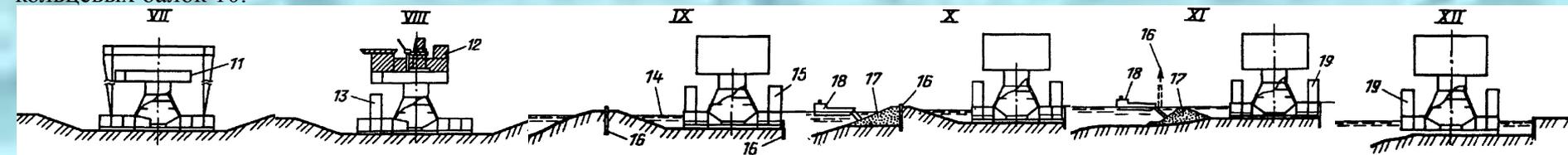
Функциональные платформы для различных глубин

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Последовательность работ по строительству сталежелезобетонной платформы с гравитационным фундаментом:



На этапе I в сухом доке 1 устанавливают порталый кран 2 для сооружения нижней части платформы 3 на песчаной насыпи 5. Далее на этапах II, III осуществляют монтаж T-образных балок 4 конической части платформы 6. Затем на этапе IV проводят монтаж цилиндрической части платформы 7 и заполнение бетоном зоны ледового воздействия. На этапе V устанавливают центральные кольцевые балки несущей палубы и кондукторные решетки 8, а затем на этапе VI - временные леса 9 для монтажа радиальных и кольцевых балок 10.



На этапах VII и VIII осуществляют сборку палубы 11 и монтаж блок-модулей верхнего строения 12, а также вертикальных понтонов 13. На этапах IX - XI проводят подготовку зоны перелива 14, затопление дока морской водой путем удаления грунтовой дамбы 17 с помощью судна-землесоса 18 и демонтажа шпунтовой стенки 16. После чего (этап XII) платформу с установленными вспомогательными понтонами 19 выводят из дока и буксируют на плаву на точку бурения по указанному стрелкой направлению.

Применение вспомогательных понтонов вызвано недостаточной остойчивостью платформы при погружении.

Установку ее на дно моря ведут в определенной последовательности:

- вначале погружают носовую или кормовую часть железобетонного основания до касания дна моря, при этом максимальный угол наклона платформы (при глубине вода 30 м) составляет 13° ;
- для фиксации платформы в наклонном положении используют четыре стальные сваи-фиксатора, расположенные в носовой части основания;
- сваи-фиксаторы при наклоне первыми погружают в грунт и не позволяют платформе перемещаться вдоль дна;
- приемом заборной воды в балластные отсеки устанавливают противоположный конец платформы.

Рассмотренная технология изготовления, транспортирования и установки на точку может быть использована при проектировании любой железобетонной или стальной гравитационной платформы.

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Ледостойкая платформа со свайным фундаментом

Опорный блок платформы со свайным фундаментом состоит из четырех вертикальных цилиндрических колонн, жестко соединенных между собой стержневыми конструкциями. Две из колонн имеют наружный диаметр 15 м, в них размещены 24 - 25 буровых скважин. А две другие - 3 - 5 м, в них размещаются трубопроводы для забора морской воды, емкости для накопления сточных вод и т.п. Для предотвращения накопления льда расстояние между колоннами принято равным двум диаметрам (т.е. 30 м). Для усиления конструкции опорного блока и придания ему ледостойких характеристик приняты следующие решения:

- кольцевое пространство колонн в зоне действия льда, т.е. на уровне ± 10 м относительно отметки наименьшего астрономического отлива, заполнено бетоном;
- отсутствуют связевые элементы жесткости между колоннами в зоне действия льда;
- на уровне воды опорные колонны снабжены ледорезными устройствами;
- предусмотрен подогрев ледорезов для предотвращения накопления и смерзания колонн со льдом.

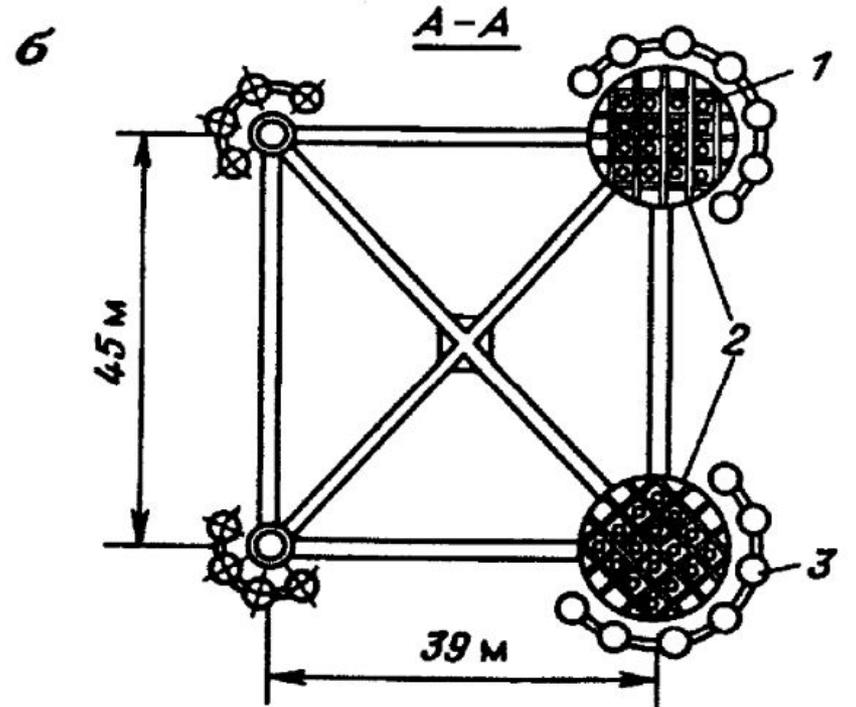
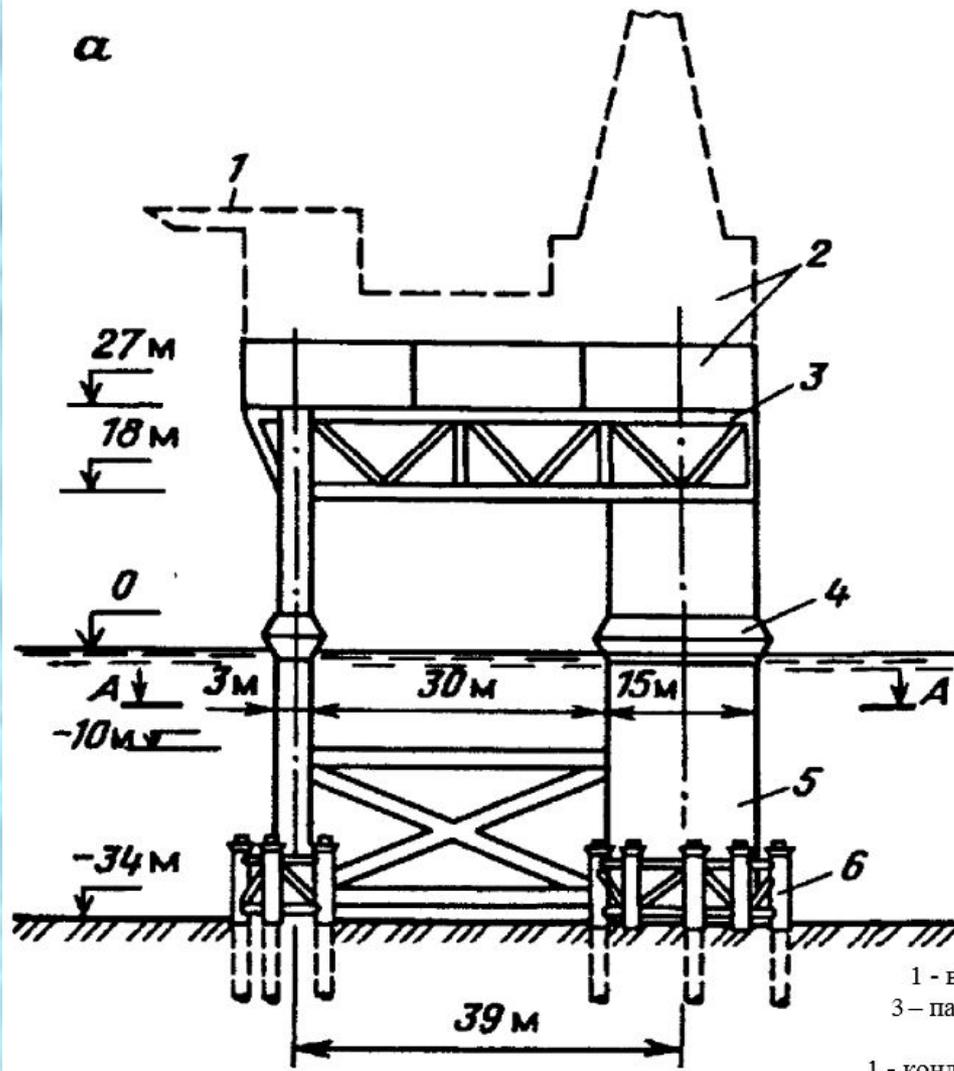
Несущая палуба является интегральной (общей) частью опорного блока и рассчитана на работу в качестве системы жестких связей на верхней отметке платформы. Это обстоятельство обуславливает необходимость установки несущей палубы на опорный блок перед отгрузкой и переводом конструкции в плавучее состояние.

Ее рамная конструкция служит для размещения двух рядов модулей длиной 25 м и шириной 16 м, три модуля располагают под участком бурения.

Каждую из четырех колонн крепят ко дну моря четырьмя подводными юбочными сваями.



МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ



Опорный блок стальной ледостойкой платформы со свайным фундаментом:

a - вид сбоку:

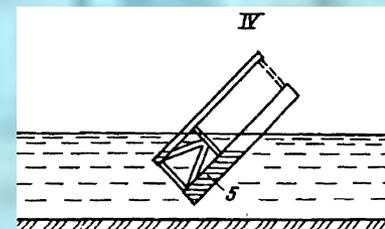
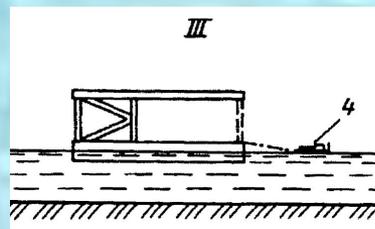
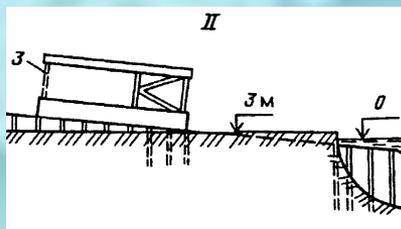
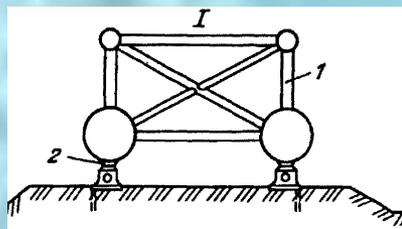
1 - вертолетная площадка; 2 - блок-модули верхнего строения платформы;
3 - палуба; 4 - ледорезное устройство; 5 - опорные колонны; 6 - юбочные сваи.

b — план разреза по линии А - А:

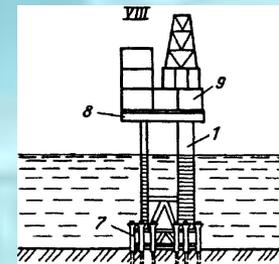
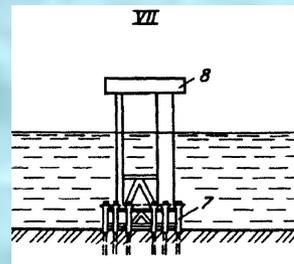
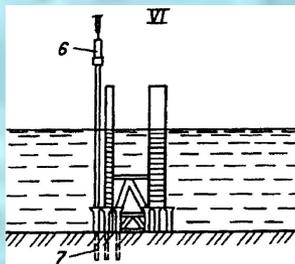
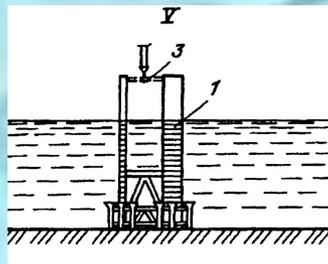
1 - кондукторы для бурения скважин; 2 - подвышенный портал; 3 - юбочные сваи.

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Последовательность работ по строительству стальной ледостойкой платформы со свайным фундаментом:



Изготовление опорного блока 1 предусматривают на стапелях - спусковых дорожках 2. Вначале на стапели устанавливают часть колонн, предварительно собранных из отдельных секций в монтажные единицы на отдельной площадке. Затем ведут поэтапную монтажную сборку с помощью временных жестких связей 3 всех остальных элементов опорного блока, после чего начинают испытание. После его успешного завершения опорный блок с помощью буксирного судна 4, лебедок и полиспастов перемещают по стапелю вплоть до спуска на воду и всплытия. Опорный блок, благодаря плавучести колонн, на плаву буксируют к месту установки. Здесь его балластируют водой 5 и переводят в вертикальное положение, а далее с помощью дополнительного балласта ставят на дно моря. Рассмотренные процессы контролируют и управляют плавучими кранами.



После установки все опорные колонны полностью балластируют водой для обеспечения максимальной устойчивости при забивке молотом 6 свай 7. Забитые в дно моря на проектную глубину сваи омоноличивают в направляющих втулках - юбках с помощью цементного раствора. На закрепленный опорный блок плавучим краном помещают несущую палубу 8.

Блок-модули верхнего строения 9 с оборудованием перевозят на транспортных баржах и размещают на несущей палубе плавучим краном.

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Ледостойкая платформа с комбинированным свайно-гравитационным фундаментом

Одним из наиболее оптимальных вариантов свайно-гравитационных платформ является конструкция, представляющая собой стальной конический монопод на свайном основании с консольно-балочной несущей палубой. Между последней и конической частью опорного блока находится надводная цилиндрическая колонна с внешним диаметром 30 м. Нижняя часть монопода окаймлена снаружи круглым цилиндрическим свайным ростверком с наружным диаметром 70 м. В нем размещены 24 сваи. Кроме этого, имеется внутреннее кольцо из 12 свай, закрепленных по всей высоте монопода и надводного цилиндрического участка. Днище монопода для создания плавучести - сплошное, в связи с чем при детальном анализе рассматривают возможность использования несущей способности грунта под днищем при совместной работе со сваями.

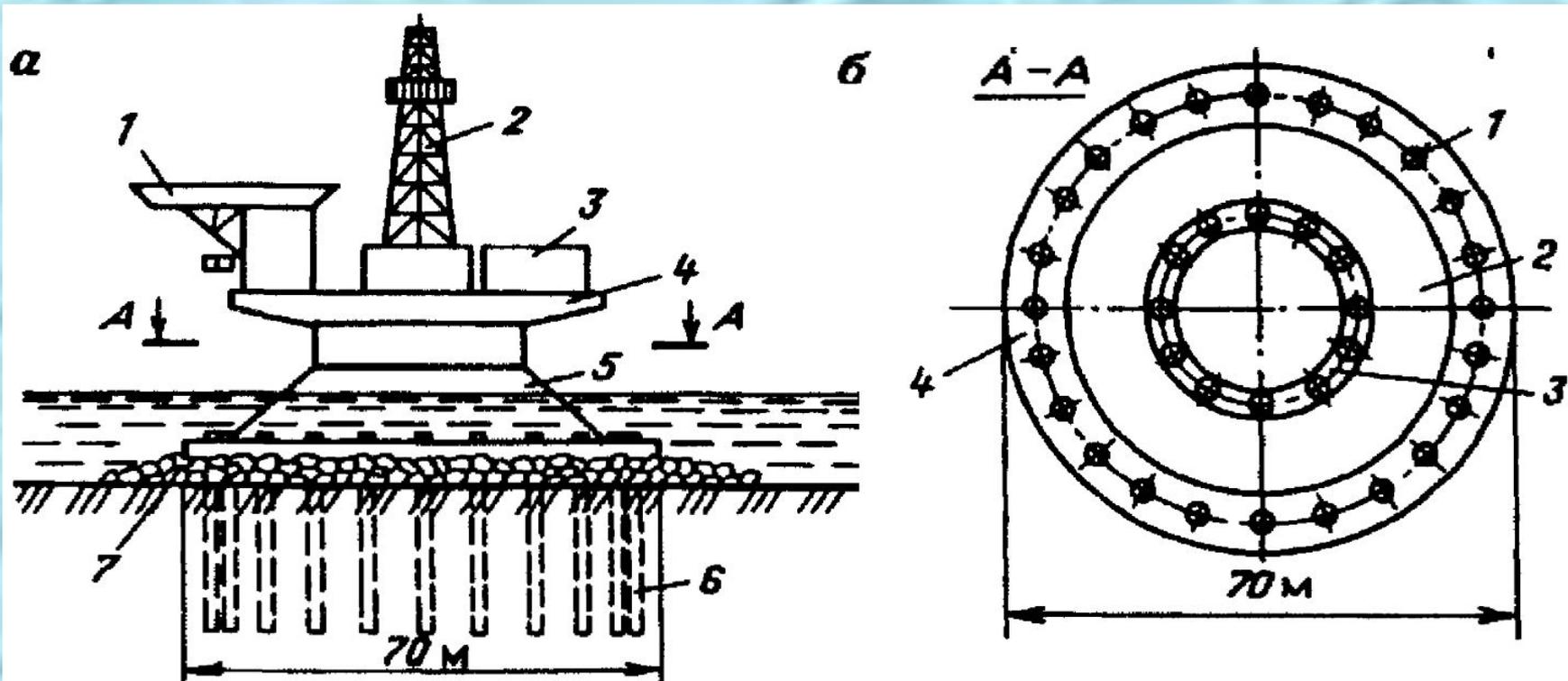
Конструкции монопода на верхнем цилиндрическом и среднем коническом участках, а также нижнем цилиндрическом ростверке - радиально-кольцевые.

Наиболее целесообразной и экономичной конструкцией палубы, полностью соответствующей радиальному строению монопода, будет такая же радиально-кольцевая. Для этого блок-модули верхнего строения должны быть выполнены в виде секторов и сегментов в плане, иначе появится необходимость предусматривать для них опорные точки в соответствующих местах. Однако сделать и то, и другое затруднительно.

Для прямоугольных в плане блок-модулей наиболее приемлемой будет радиально-прямоугольное блочное строение, конструкция которого сложнее, чем радиально-кольцевая, из-за косых углов примыкания балок. Если же прямоугольное строение выполнить на верхнем уровне, а радиальное на нижнем, то этот недостаток будет несколько сглажен.



МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ



**Опорный блок стальной ледостойкой платформы
со свайно-гравитационным фундаментом:**

a - вид сбоку:

1 - вертолетная площадка, 2 - буровая вышка, 3 - блок- модули верхнего строения,
4 - палуба, 5 - опорный блок, 6 - сваи, 7 - каменно-щебеночный материал;

b - план разреза платформы по линии А - А:

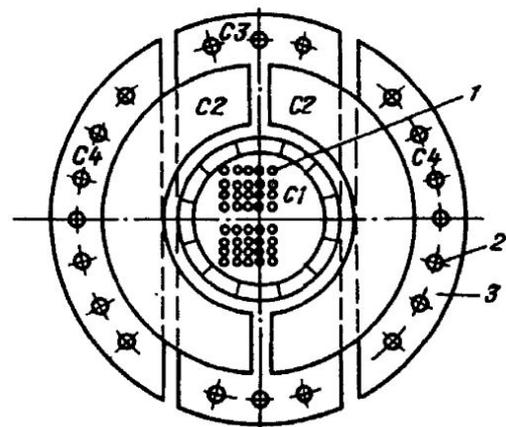
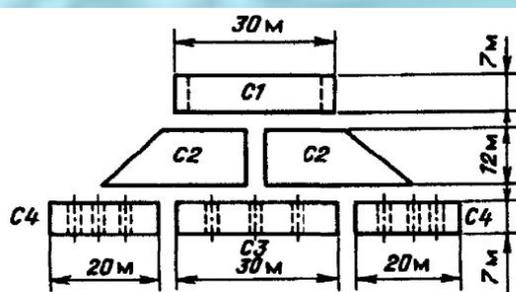
1 - стальные сваи, 2 - опорный блок, 3 - внутреннее кольцо со сваями, 4 - свайный
ростверк.

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Такое решение повлечет за собой увеличение общей толщины несущего модуля, но обеспечит следующие преимущества:

- улучшится доступ к узловым соединениям и повысится ремонтпригодность элементов конструкций;
- появится возможность для размещения на нижнем уровне балок емкостей и цистерн для хранения материально-технических запасов платформы и отходов бурения;
- появится возможность для увеличения уклонов труб системы промышленных стоков.

Платформа рассчитана на бурение одновременно 36 скважин двумя станками.



Монтажно-сборочная схема
опорного блока свайно-
гравитационной платформы:

1- кондукторы; 2 - сваи;
3- свайный ростверк;

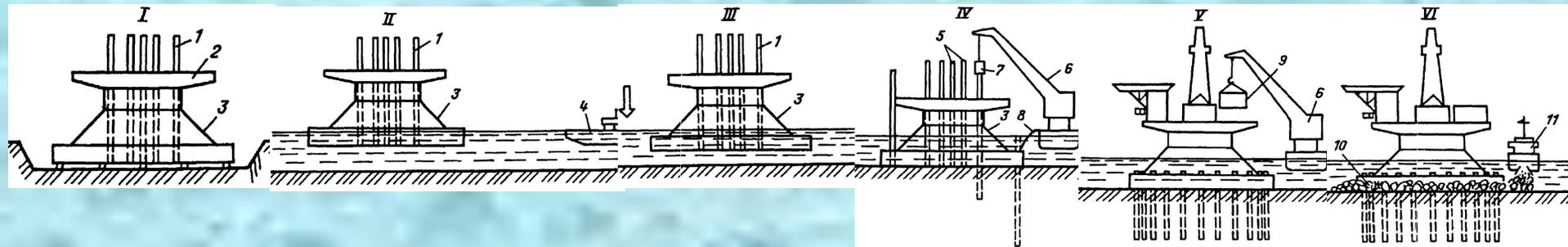
C1 - C4 - монтажные блоки платформы.



МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Укрупненную сборку опорной части и всей ЛСП в целом предусматривают проводить на открытых сборочных площадках и на плаву на акватории завода.

Последовательность работ по строительству стальной ледостойкой платформы со свайно-гравитационным фундаментом:



I. У достроечной набережной проводят укрупненную сборку опорной части ЛСП 3, включая несущую палубу 2, а также частичную установку свай 1.

II. Опорную часть 3 в сборе с частично заправленными сваями буксируют с помощью судна 4 на точку бурения.

III. На точке бурения погружают опорную часть 3 путем приема забортной воды в балластные отсеки ЛСП.

IV. Опорную часть ставят на дно моря. С помощью кранового судна 6 и сваебойного оборудования 7 проводят установку, наращивание и забивку в дно моря свай и водоотделяющих волонн 5. Крепят сваи в корпусе опорного блока 3 при помощи цементного раствора, который готовят на крановом судне и подают к месту укладки по трубопроводу 8.

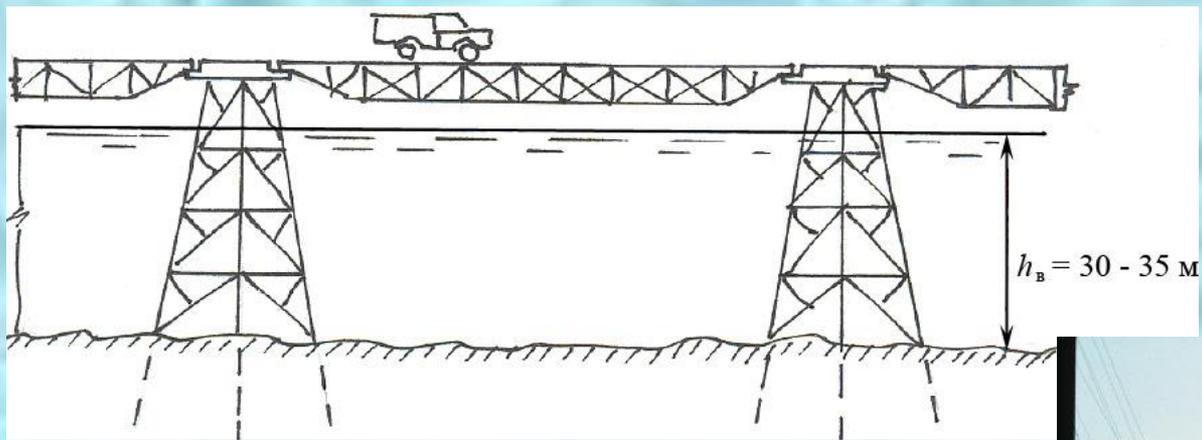
V. С помощью кранового судна грузоподъемностью 1600 - 2000 т ведут монтаж блок-модулей 9 верхнего строения платформы.

VI. Проводят отсыпку каменно-щебеночных материалов 10 под воду вокруг ЛСП с целью защиты дна моря от размыва течениями и волнами. Доставку и устройство отсыпи осуществляют с помощью грунтовозных барж 11.

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Каждая разновидность этих сооружений имеет своё применение – с учётом глубины залегания шельфа, особенностей проводимых работ и природных условий. Однако ко всем видам нефтяных платформ предъявляются повышенные требования по прочности, надёжности, безопасности, экологичности. Поэтому очень важно, чтобы все элементы сооружения были изготовлены из высококачественных материалов.

При глубинах воды до 40 м, например, на Каспийском море, широко применяются *металлические платформы сквозного типа*, с которых производят бурение, а обслуживание вышек и транспортировка добытой нефти обеспечивается по эстакадам, соединяющим буровую с берегом. На Каспии сейчас из 22-х разведанных месторождений нефти эксплуатируются 20, но большинство из них принадлежат не России.



Металлические эстакады сквозного типа



МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ



Одна из старейших буровых платформ на Каспии



МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

При больших глубинах платформы сквозного типа на сваях имеют связь с берегом только по воде или по воздуху – как правило, на них оборудуются вертолетные площадки

Металлические платформы сквозного типа имеют преимущества:

- легче переносят волнение при штормах,
- быстро изготавливаются и могут быть смонтированы на месте большими плавкранами,
- относительно дешевы,

В то же время они имеют ряд недостатков:

- легко повреждаются плавающим льдом, поэтому обычно применяются только на юге,
- металл быстро корродирует,
- буровая скважина открыта – отсюда вероятность загрязнения моря.
- глубина их использования обычно ограничена 100 м.



МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Наиболее современные платформы создаются сейчас в рамках проекта добычи газа «Сахалин II».

Основное место добычи газа для проекта «Сахалин II» – Лунское месторождение, где установлена ледостойкая платформа гравитационного типа «Лунская-А» (Лун-А). Платформа Лун-А была установлена в июне 2006 года на Лунском газовом месторождении в Охотском море в 15 км от побережья на глубине 48 м. Платформа Лун-А оснащена минимальным технологическим оборудованием. Она предназначена для круглогодичной добычи и добывает большую часть газа для завода по производству сжиженного газа. Добыча газа на ней началась в январе 2009 года.

Лун-А используется для бурения с расширенным радиусом охвата отклоненных скважин с максимальным горизонтальным отклонением до 6 км и максимальной истинной вертикальной глубиной 2920 м.

Основные показатели платформы Лун-А следующие:

основание:

- высота 69,6 м;
- масса 103 000 тонн;
- размеры плиты основания: 88 × 105 × 13,5 м;
- высота опоры: 56 м;
- диаметр опоры: 20 м.

верхние строения:

- масса 21 800 тонн;
- высота факельной трубы 105 м.

предусмотрено размещение 126 человек, однако проживает 140 чел.

Расчетная производительность платформы Лун-А составляет более 50 млн. м³ газа при объеме добычи попутного конденсата и нефти – примерно 8000 м³ (50 000 баррелей) в сутки.



МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ



Транспортировка платформы Лун-А к месту установки



Платформа Лун-А – это автономное промышленное предприятие со своей инфраструктурой



Шельф острова Сахалин. Охотское море. Буровая платформа Лунское А (платформа Лун-А)

