

*Обустройство
морских нефтегазовых
месторождений*

СПОСОБЫ ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Классификация оборудования подводной добычи нефти

Способ применения подводных промыслов является наиболее перспективным при освоении глубоководных месторождений. Он основан на использовании так называемых систем подводного заканчивания скважин, у которых устья располагаются на морском дне. Там же находятся оборудование системы сбора и транспорта продукции скважин, подводные нефтепроводы, системы ППД, энергоснабжения, телекоммуникаций и управления. Подводные промыслы могут быть полностью автономными, а также применяться в сочетании со стационарными или плавучими технологическими платформами. По сравнению с традиционными методами освоения, когда устья скважин размещены на стационарных платформах, данный способ имеет следующие преимущества:

- * ускоренный вывод месторождения на проектную мощность за счет пуска в эксплуатацию ранее пробуренных с ПБУ скважин;
- * гибкость технологии подводной добычи из-за возможности быстрой смены оборудования (например, при переходе с фонтанного на газлифтный способ добычи путем замены одной технологической платформы на другую);
- * возможность сезонной и непрерывной разработки месторождений, расположенных в суровых арктических условиях, независимо от наличия ледовой обстановки, торосов, айсбергов и др.

СПОСОБЫ ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Классификация оборудования подводной добычи нефти

Оборудование для подводной эксплуатации подразделяют на "мокрые", "сухие" и гибридные системы.

- Система добычи "мокрого" типа состоит из устья одной скважины, оборудованной подводной фонтанной арматурой и соединенной выкидной линией (подводным трубопроводом) и райзером со стационарной платформой или плавсредством, как правило, расположенными над скважиной. Для этой цели могут быть использованы переоборудованные танкеры, плавучие и стационарные платформы.
- "Сухие" системы, разработанные, например, фирмой "Кэн Оушн", представляют собой одноатмосферную камеру с расположенным внутри нее устьевым оборудованием. Камера оснащена шлюзом для стыковки с подводным аппаратом, доставляющим в нее оператора. Преимущества этого типа систем заключаются в том, что они могут работать на больших глубинах моря (до 800 - 900 м) без применения сложной водолазной техники, которая в настоящее время пока еще не соответствует требованиям для данных условий.
- Гибридные системы состоят из основного комплекта оборудования устья скважин, размещенного на дне, и дополнительного - на стационарной платформе. Оба они находятся один над другим и соединяются вертикальным райзером. Число таких систем составляет около 5% общего числа подводных скважин.

СПОСОБЫ ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

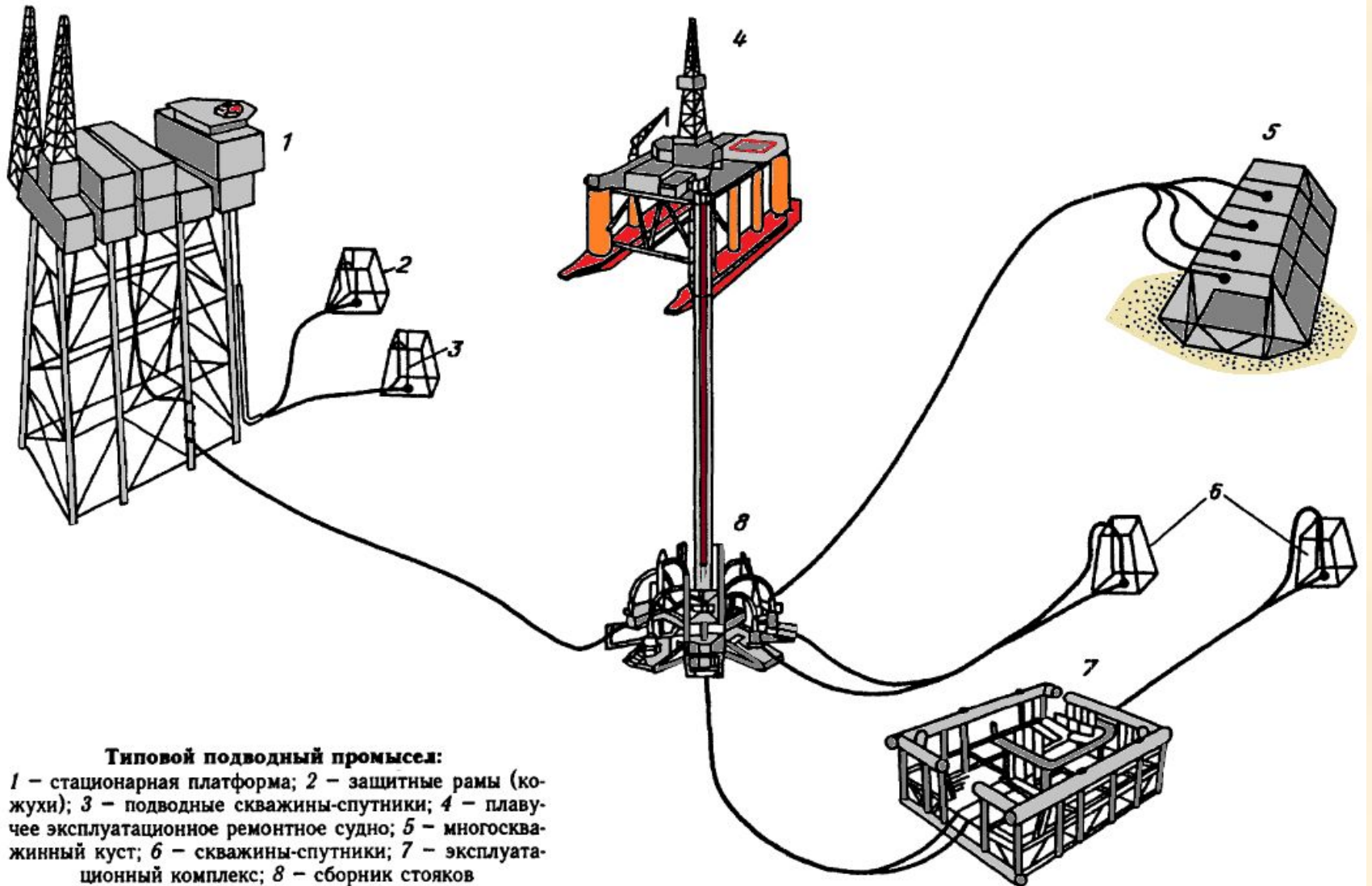
Классификация оборудования подводной добычи нефти

Анализ современных тенденций освоения морских месторождений нефти и газа на средних и больших глубинах моря с использованием систем подводного заканчивания показал, что:

- для изолированных небольших (так называемых малорентабельных) месторождений, разрабатываемых 1 - 2 скважинами, в качестве технологической платформы используют переоборудованный танкер, на палубе которого размещают оборудование для подготовки нефти. Танкер посредством вертлюга швартуют к плавучему погрузочному бую, соединенному со скважиной глубоководным райзером;
- для месторождений средних размеров предполагают применять подводный манифольдный центр, включающий куст скважин на одной донной плите и ряд сателлитных, используемых как добычные или нагнетательные. Манифольд соединяют со стационарной или плавучей платформой с помощью нескольких гибких трубопроводов, которые, как показали натурные эксперименты в Северном море, успешно выдерживают возникающие при этом динамические напряжения. Такие системы проходили опытную проверку на месторождении Балморал;
- для крупных месторождений используют систему, состоящую из центрального куста скважин с подводным манифольдом, нескольких периферийных кустов и ряда одиночных скважин, управляемых со стационарных или плавучих технологических платформ.

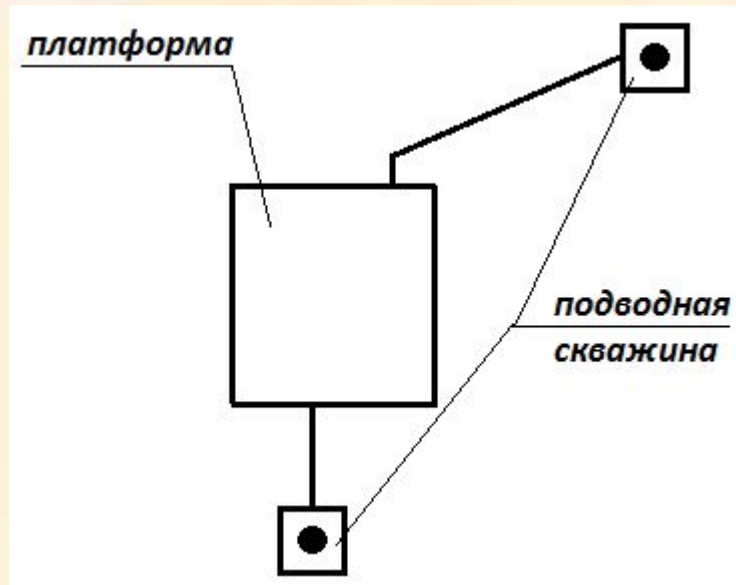
СПОСОБЫ ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Конструкции систем подводной добычи нефти

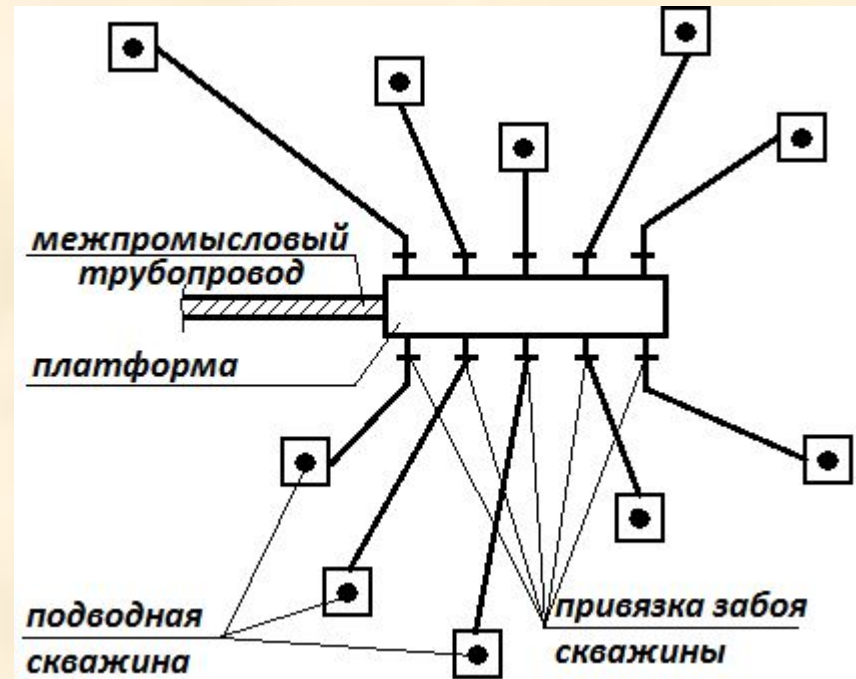


СПОСОБЫ ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Подводные промысловые системы подразделяют на четыре следующих варианта:

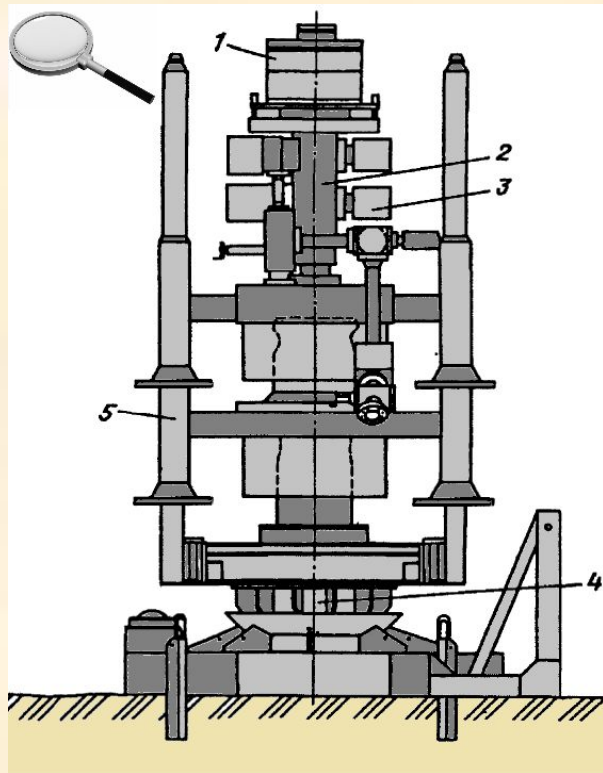


Подводная промысловая система с одной сателлитной скважиной.



Подводная промысловая система с несколькими сателлитными скважинами.

СПОСОБЫ ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



1 – ориентирующий сердечник; 2 – фонтанная елка; 3 – гидравлические задвижки; 4 – устье скважины; 5 – направляющие конструкции

В начальный период разработки месторождения одиночные скважины-спутники могут служить для ранней добычи флюида. Разведочно-эксплуатационные скважины могут быть завершены посредством подводной "елки". Эксплуатацию осуществляют с помощью выкидных линий, подающих продукцию на подводный коллектор или платформу. Такой тип разработки пригоден и для дальнейшего использования в зависимости от глубины воды, в которой планируется размещение промысла. Важное значение имеет защита устьев подводных скважин от механических повреждений льдом, тралами судов, якорями, при прокладке трубопроводов. Известны несколько способов защиты устья скважины с помощью размещения фонтанной арматуры в углублении бункера под дном, либо использования специальной вставки или кессона. В этом случае запорную арматуру помещают в специальных обсадных трубах скважины непосредственно под дном.

СПОСОБЫ ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Схемы подводной системы заканчивания скважин с различной защитной конструкцией устья.

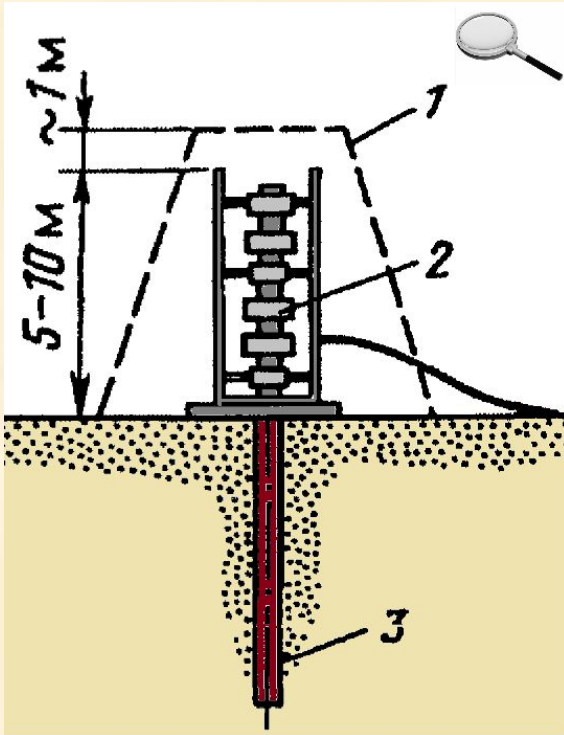


Схема подводной системы заканчивания скважины с простым основанием.

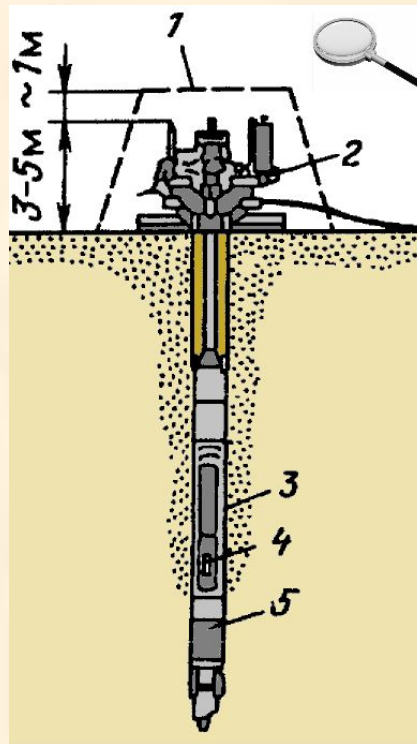


Схема подводной системы заканчивания скважины с низкопрофильным применением кессона.

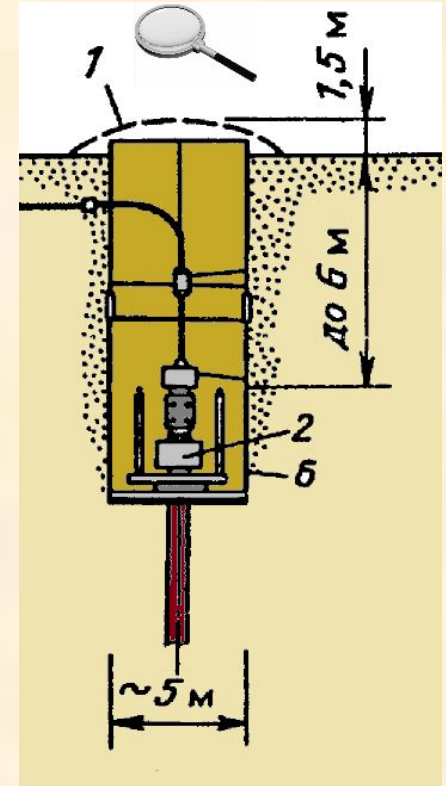


Схема подводной системы заканчивания скважины вровень с дном с использованием бункера.

Освоение: I – простое, II – низкопрофильное с применением кессона; III – вровень с дном с использованием бункера; 1 – защитные рамы; 2 – устье скважины; 3 – обсадные трубы скважины; 4 – главная клиновидная задвижка; 5 – кессон; 6 – обсадные трубы кессона

СПОСОБЫ ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

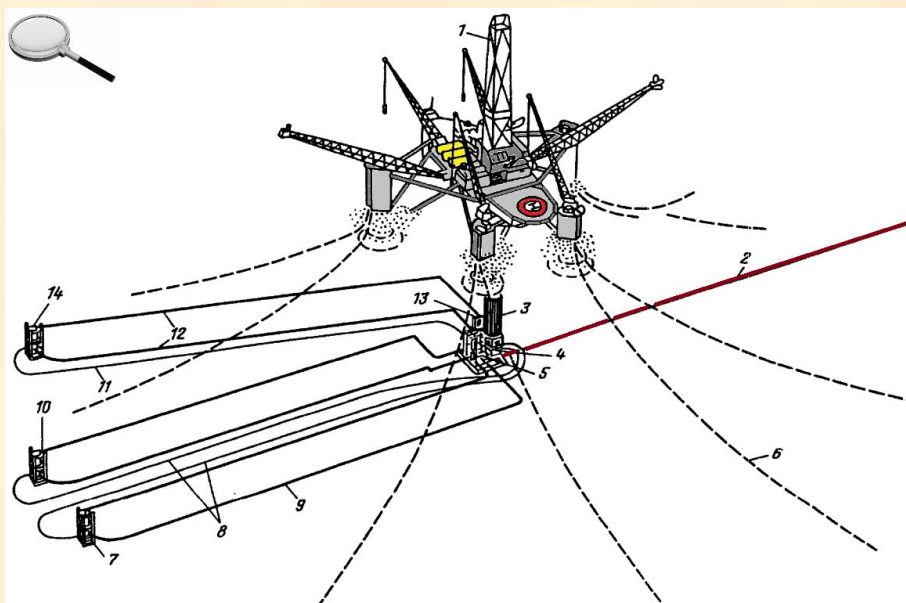
Одиночные освоенные скважины, обычно называемые сателлитными, широко использовали при освоении подводных месторождений. Их применяли в Северном море в течение нескольких лет для разработки пласта с доступом к отдаленным его участкам, недостижимым с помощью наклонно направленного или горизонтального бурения. Одиночные скважины соединяют с платформой, находящейся на расстоянии в несколько километров. Сателлитные скважины также можно использовать с целью нагнетания воды для увеличения отборов.

На небольшой глубине (меньше 50 м) особенно важным параметром является высота устья скважины и его защитной крышки (например, 8 м). Такая система подвергается высоким нагрузкам окружающей среды и представляет потенциальную опасность для мореходства. В случае мелководной конструкции следует учитывать следующие факторы:

- воздействие сильных течений, трение и перемещение волн;
- расстояние между защитной крышкой и уровнем моря, соотнесенное с осадкой судов, ожидаемых в зоне.

СПОСОБЫ ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Схема подводного промысла с кустом скважин



1 – полупогружная плавучая платформа с вышкой; 2 – магистральный трубопровод; 3 – блок стояков; 4 – подводный коллектор; 5 – подводный комплекс (четыре скважины); 6 – якорные цепи (3,2 км); 7, 10, 13, 14 – скважины-спутники; 8 – два пучка шлангов управления; 9 – выкидные линии; 11 – пучок шлангов управления; 12 – две выкидные линии

Система, состоящая из нескольких скважин - спутников, включает центральный коллектор, связанный с ними выкидными линиями. Последний является центром сбора, распределения и управления сателлитными скважинами.

Данный вариант обладает следующими преимуществами:

новые скважины могут осваиваться, подсоединяться к коллектору и вводиться в эксплуатацию с минимальным нарушением работающих;

требуется только вертикальное бурение одиночных скважин, так как они размещаются в оптимальных местах;

можно подсоединять любое число скважин к коллектору, что обеспечивает гибкость разработки месторождения;

есть возможность вводить в коллектор контуры очистных скребковых устройств.

СПОСОБЫ ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Схема подводного промысла с кустом скважин

Недостатки данного варианта состоят в следующем:

полная эксплуатация промысла может потребовать бурения наклонно направленных скважин;

большой риск повреждения предметами других подводных установок в период бурения и ремонтных работ;

отсутствие темплетов для бурения скважин;

могут понадобиться индивидуальные защитные крышки;

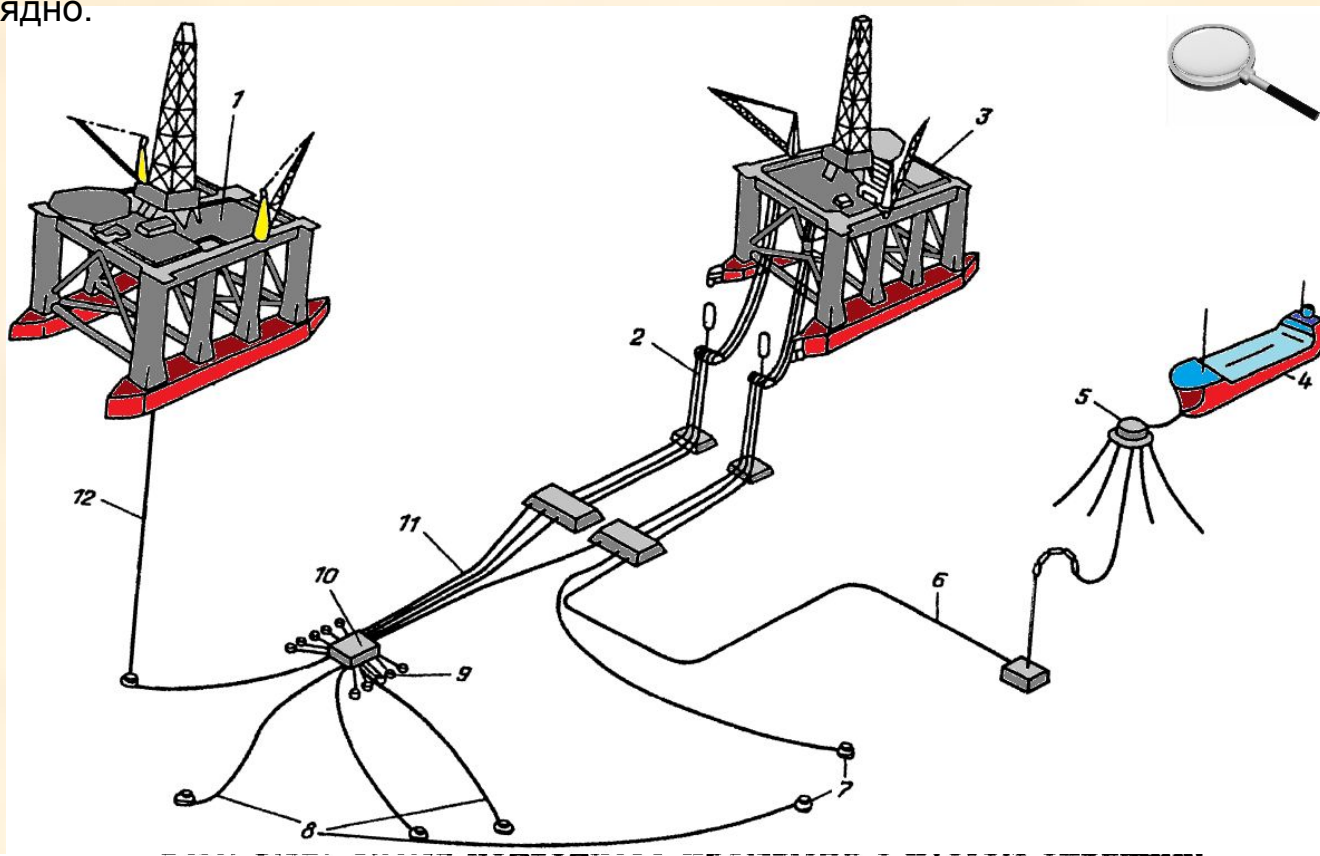
необходимость установки между устьями скважин и коллектором переходных муфт, на что уходит много времени;

возможность потери добычи с помощью всей установки при повреждении главного трубопровода управления жизнеобеспечением промысла либо экспортного (магистрального) трубопровода.

СПОСОБЫ ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Схема подводного промысла с кустом скважин

Система куста состоит из центрального коллектора и индивидуальных скважин, расположенных в непосредственной близости одна от другой и коллектора, причем скважины обычно размещают одно- или двухрядно.



1 – полупогружная платформа для бурения (ремонта) скважин; 2 – гибкие стояки; 3 – полупогружная буровая установка; 4 – челночный танкер для перевозки нефти; 5 – терминал беспричального налива; 6 – экспортная линия; 7, 8 – сателлитные скважины; 9 – куст скважин; 10 – центр фонтанных штуцеров (коллекторов); 11 – линии выкидные и управления; 12 – буровой стояк

СПОСОБЫ ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Схема подводного промысла с кустом скважин

Рассматриваемая система имеет следующие преимущества:

число переходных соединительных муфт минимально, причем они могут быть стандартизированы;

промысел имеет компактные размеры и не подвергается опасности повреждения рыболовными снастями или якорями;

ремонтные работы довольно просты и требуют незначительных перемещений судов между скважинами;

коллектор на 50 - 60% меньше по объему и массе, поэтому его гораздо легче изготовить, чем рабочий темплет. Конструкция позволяет также предусматривать дальнейшие изменения и дополнения;

в коллектор можно включать очистные скребковые устройства.

Недостатки данного варианта состоят в следующем:

полная эксплуатация промысла может потребовать бурения наклонно направленных скважин;

большой риск повреждения предметами других подводных установок в период бурения и ремонтных работ;

отсутствие темплетов для бурения скважин;

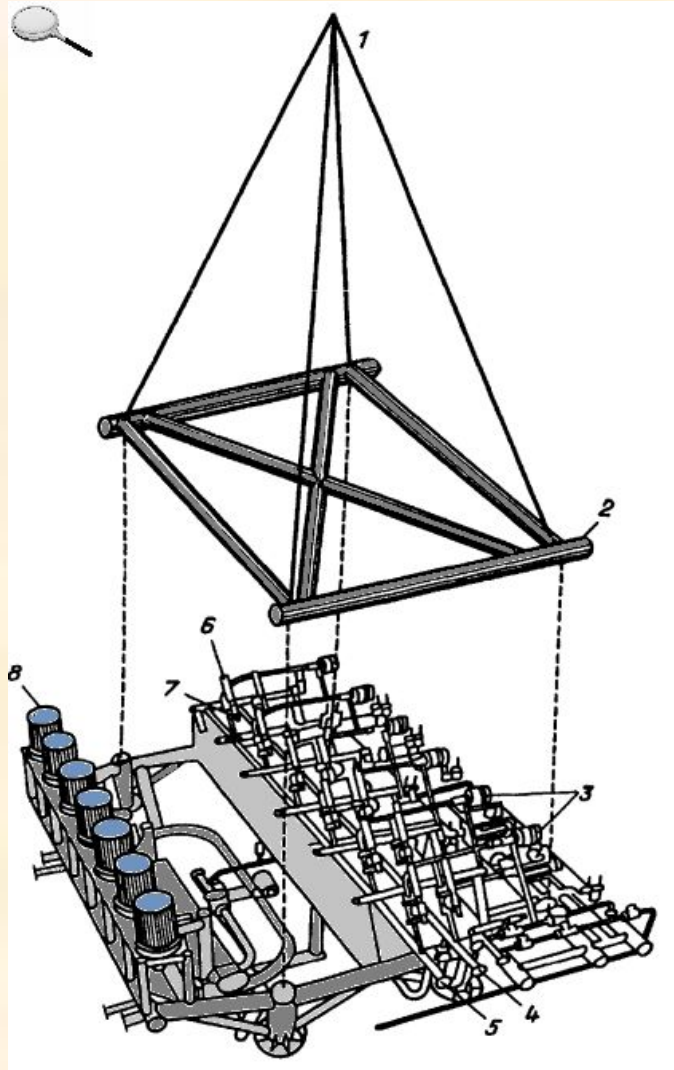
могут понадобиться индивидуальные защитные крышки;

необходимость установки между устьями скважин и коллектором переходных муфт, на что уходит много времени;

возможность потери добычи с помощью всей установки при повреждении главного трубопровода управления жизнеобеспечением промысла либо экспортного (магистрального) трубопровода.

СПОСОБЫ ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Схема подводного промыслового центра



Подводный промысловый центр аналогичен кустовой системе, но в этом случае все устья скважин, трубопроводы-коллекторы, блоки управления и дозировки химических реагентов объединены в одну конструкцию.

Другим примером системы с промысловым центром является устройство, где используют для защиты коллектора конструкцию из четырех отсеков и четырех фонтанных арматур. Наличие коллектора обеспечивает возможность добычи с помощью газлифта и нагнетания воды по каждой скважине. Системы напорных трубопроводов в данном случае подсоединены к платформе, находящейся на расстоянии около 7 км, а рабочий коллектор - к ее сепаратору для отделения газа. Последний затем либо используют вновь для нагнетания, либо сжигают на факеле. Продукцию (нефть) без газа потом направляют в главный экспортный трубопровод.

1 - условная точка крепления крюка; **2** - подъемная рама; **3** - дроссельные заслонки; **4** и **5** - коллекторы высокого и низкого давления; **6** - гидравлический привод; **7** - шаровой клапан; **8** - блоки управления

СПОСОБЫ ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Морские стационарные платформы (МСП)

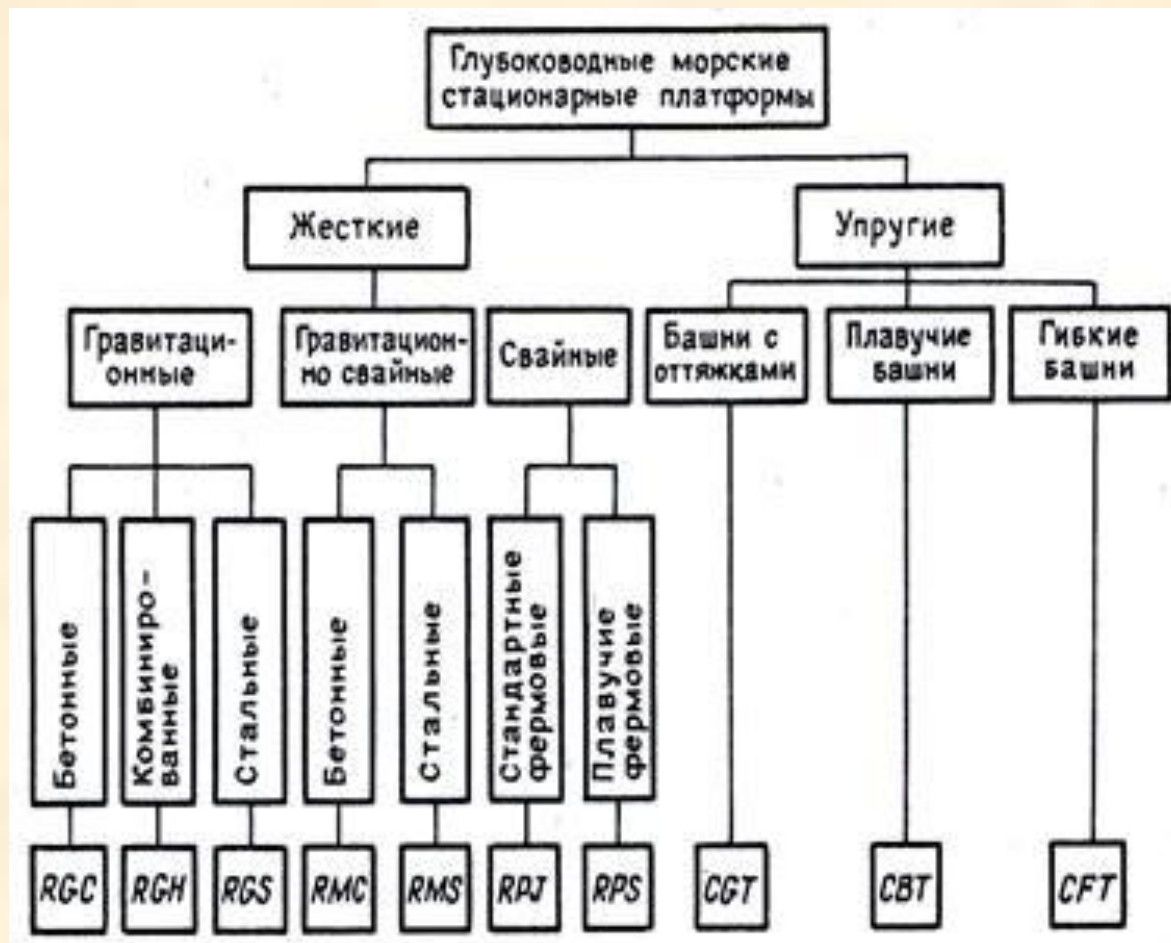
Морская стационарная платформа — уникальное гидротехническое сооружение, предназначенное для установки на ней бурового, нефтепромыслового и вспомогательного оборудования, обеспечивающего бурение скважин, добычу нефти и газа, их подготовку, а также оборудования и систем для производства других работ, связанных с разработкой морских нефтяных и газовых месторождений (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.).

При разработке морских месторождений в основном два главных фактора 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. Эти факторы в основном обуславливают все решения в проектировании и конструировании МСП, выборе оборудования, способов строительства и организации работ в данной акватории моря. Таким образом, МСП являются индивидуальными конструкциями, предназначенными для конкретного района работ.

В последние годы, в связи с широким разворотом работ по освоению морских нефтяных месторождений в различных районах Мирового океана, предложен и осуществлен ряд новых типов и конструкций МСП. Эти типы и конструкции МСП различают по следующим признакам: способу опирания и крепления к морскому дну; типу конструкции; по материалу и другим признакам.

СПОСОБЫ ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

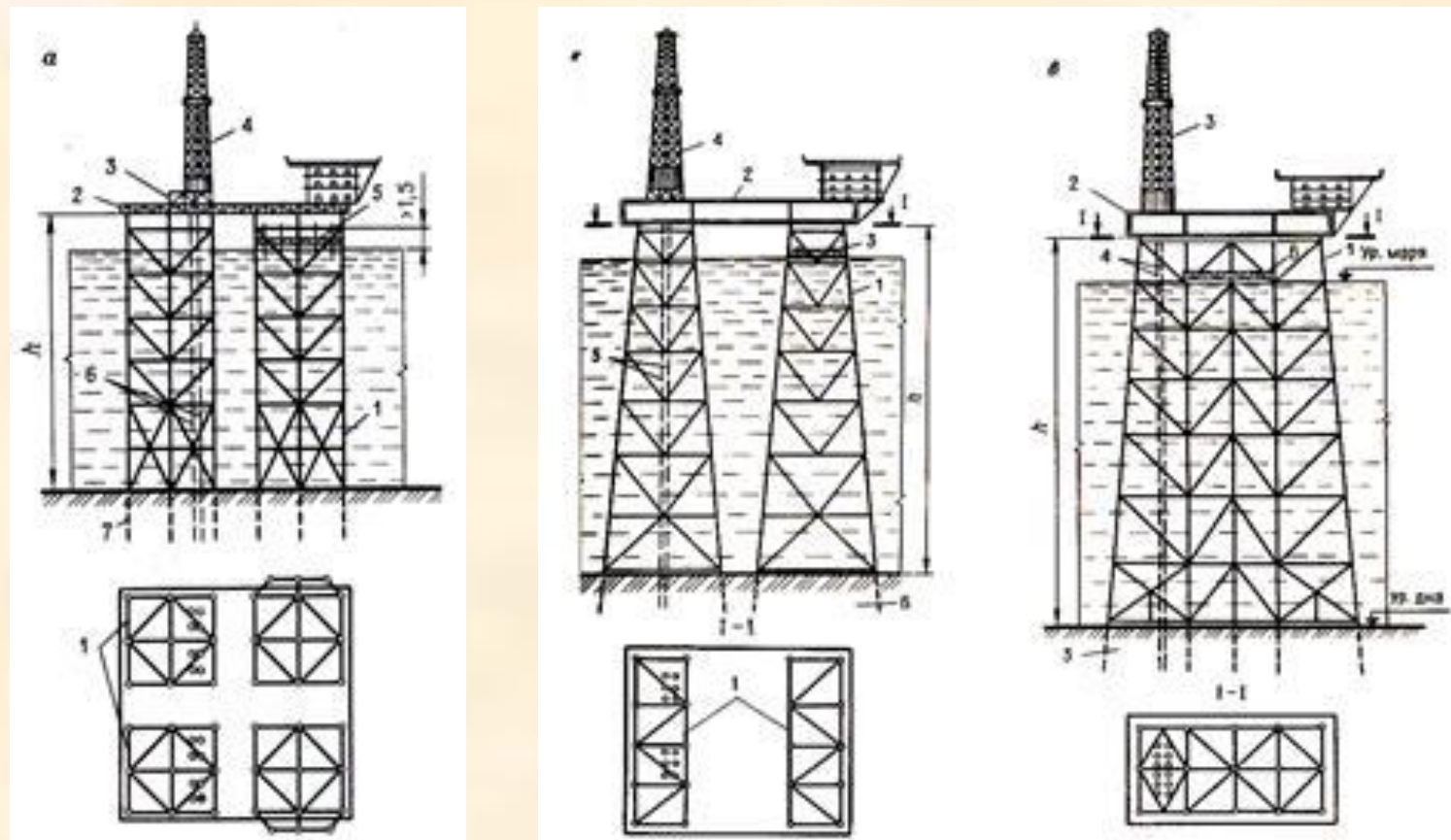
Морские стационарные платформы (МСП)



КЛАССИФИКАЦИЯ МОРСКИХ СТАЦИОНАРНЫХ ПЛАТФОРМ

СПОСОБЫ ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

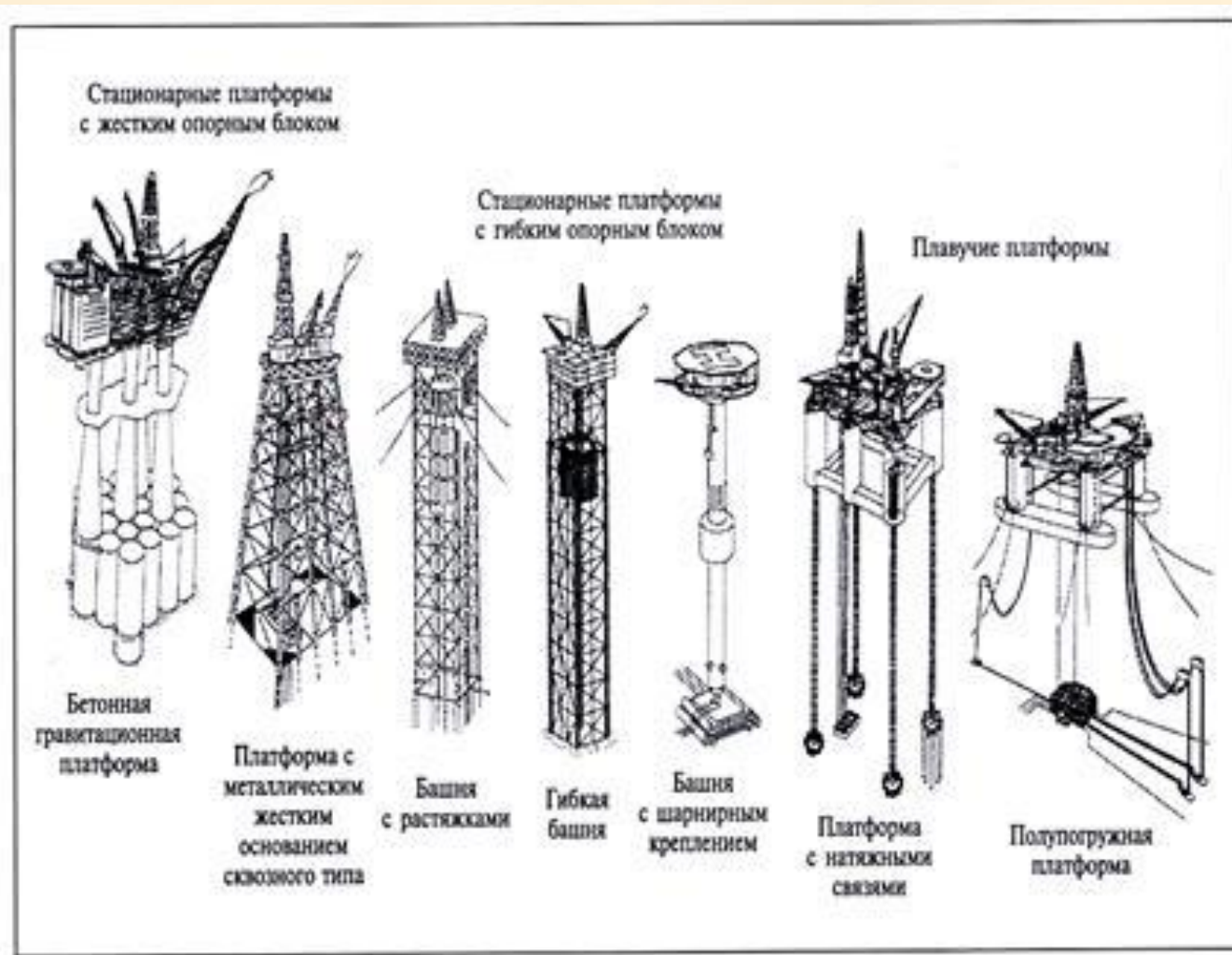
Морские стационарные платформы (МСП)



Схемы МСП, применяемые на Каспийском море: а — четырехблочная МСП; 1 — опорный блок; 2 — верхнее строение; 3 — подвышенные конструкции; 4 — буровая вышка; 5 — причально-посадочное устройство; 6 — водоотделяющая колонна (обсадная); 7 — свайный фундамент; б" — двухблочная МСП; 1 — опорный блок; 2 — верхнее строение; 3 — причально-посадочное устройство; 4 — буровая вышка; 5 — водоотделяющая колонна; 6 — свайный фундамент; в — моноблочная МСП; 1 — опорный блок; 2 — верхнее строение, модули; 3 — буровая вышка; 4 — водоотделяющая колонна; 5 — свайный фундамент; 6 — причально-посадочное устройство

СПОСОБЫ ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Морские стационарные платформы (МСП)



Современные глубоководные платформы, используемые для разработки шельфовых нефтегазовых месторождений

СПОСОБЫ ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Морские стационарные платформы (МСП)

Гравитационные морские стационарные платформы (ГМСП)

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

Общая устойчивость ГМСП при воздействии внешних нагрузок от волн и ветра обеспечивается их собственной массой и массой балласта, поэтому не требуется их крепление сваями к морскому дну. ГМСП применяют в акваториях морей, где прочность основания морского грунта обеспечивает надежную устойчивость сооружения.

ГМСП — очень массивные объекты, состоящие из двух частей: верхнего строения и опорной части. Опорная часть состоит из одной или нескольких колонн, изготовляемых из железобетона.

Преимущество ГМСП — непродолжительное время установки их в море, примерно 24 ч вместо 7—12 мес, необходимых для установки и закрепления сваями металлических свайных платформ. Собственная плавучесть и наличие системы балластировки позволяют буксировать ГМСП на большие расстояния и устанавливать их в рабочее положение на месте эксплуатации в море без применения дорогостоящих грузоподъемных и транспортных средств.

СПОСОБЫ ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Морские стационарные платформы (МСП)

Преимуществом также является возможность повторного использования на новом месторождении, повышенная огнестойкость и виброустойчивость, высокая сопротивляемость морской коррозии, незначительная деформация под воздействием нагрузок и более высокая защита от загрязнения моря.

ГМСП применяют в различных акваториях Мирового океана. Особенно широко они используются в Северном море.

К недостаткам гравитационных платформ относится необходимость тщательной подготовки места их установки. Особое внимание следует уделять на опасность аварий, которые могут возникнуть при разжижении грунта, его поверхностной и внутренней эрозии, местных размывах.

1 — емкость с топливом; 2 — стенки ячейки; 3 — верхняя крышка; 4 — опора хозяйственного оборудования; 5 — верхнее строение; 6 — буровая опорная колонна; 7 — хранилище нефти; 8 — нижняя крышка; 9 — балласт; 10 — стальная юбка; 11 — штифт

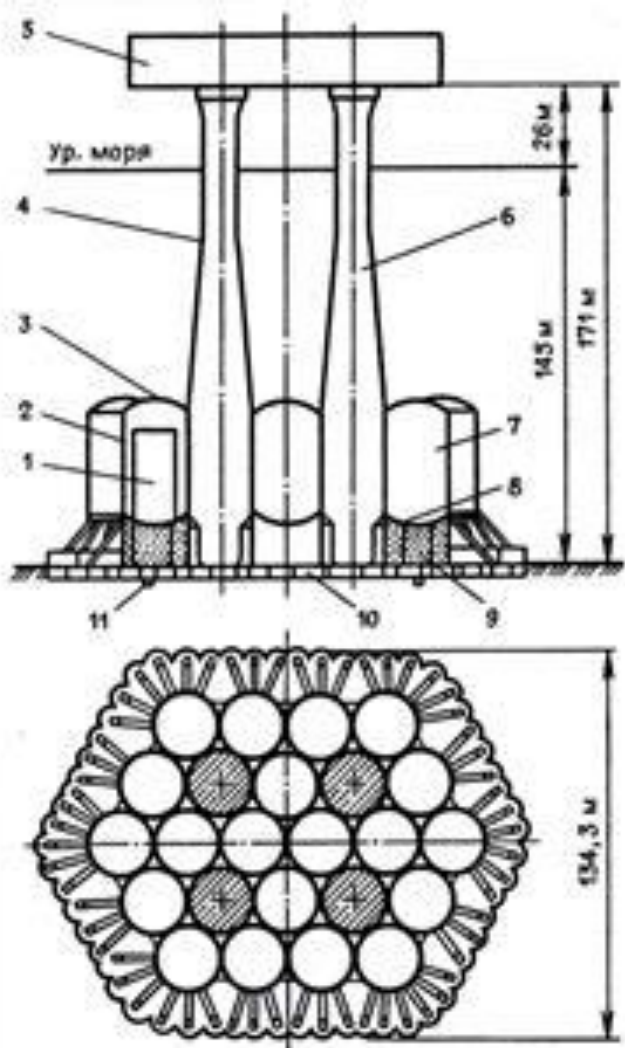


Схема платформы типа «Кондип»

СПОСОБЫ ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Схема подводного промыслового центра

Преимущества такой системы состоят в следующем:

схема имеет компактные размеры;
нет необходимости в наличии связующих выкидных линий и переходных муфт, а нужна только магистраль к главной установке;
одна рама защищает все подводные системы;
имеет место более эффективная компоновка трубопроводов и коллектора;
в конструкцию можно включать очистные скребковые устройства;
минимальное число перемещений судов между отдельными скважинами, что снижает стоимость ремонтных работ;
конструкция выполняет роль подводного комплекса для бурения;
имеется возможность привязки скважин-спутников;
требуется всего одна установка за исключением крепления фонтанной арматуры;
несомненная универсальность обслуживания устья скважины.

Недостатки данной схемы состоят в следующем:

большие капитальные затраты;
необходимость наклонно направленного бурения;
требование при необходимости значительной подъемной мощности для установки;
возможная перегрузка запорной арматуры, что обусловлено сложными требованиями управления в связи с сообщением между собой разнопараметрических скважин при различных значениях расхода и давления потоков.

СПОСОБЫ ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Морские стационарные платформы (МСП)

МСП – это специальное гидротехническое сооружение, предназначенное и для бурения и для добычи и для подготовки и для транспорта продукции морских скважин.

На сегодняшний день их количество превысило 120 шт, хотя они являются одним из самых капиталоемких объектов.

Все операции осуществляются на специальном оборудовании, установленном, в основном, на палубе, возвышающейся над водой на безопасном расстоянии.

Часть аппаратов может быть установлена и в опорных конструкциях, например:

- склады;
- насосные агрегаты и т.д.
- буровых вышек может быть 2.

МСП принято классифицировать по 3 признакам:

- по способу закрепления на морском дне;
- по принципиальным конструктивным особенностям;
- по материалному исполнению.

По способу закрепления на морском дне МСП подразделяются на:

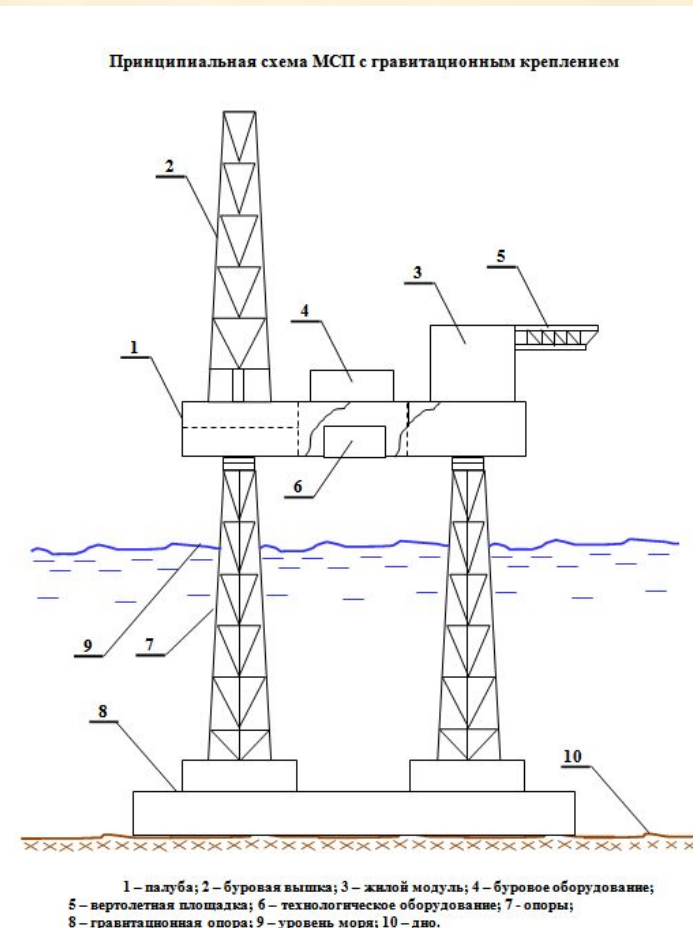
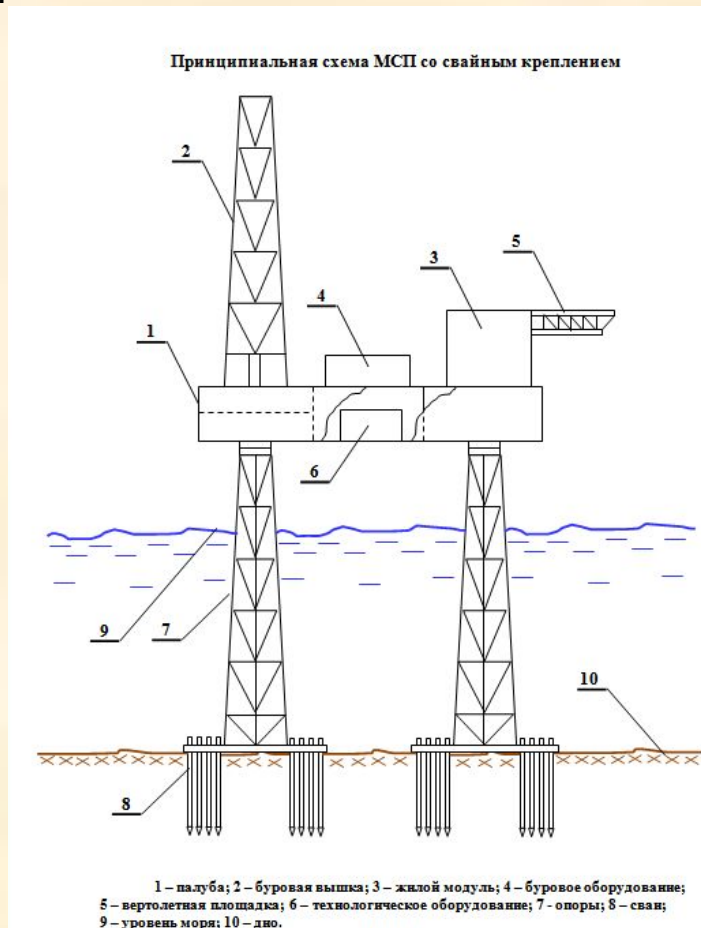
- свайные;
- гравитационные;
- комбинированные;
- решетчатые;
- понтонные.

СПОСОБЫ ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Морские стационарные платформы (МСП)

Свайные представляют собой систему свай, забитых в морское дно к которым жестко крепится опорная часть МСП, называемая ногами (рис. 9).

Гравитационные представляют собой массивное окончание опор, заполненное водой или грунтом, которое непосредственно ложится на дно, предварительно очищенное от ила, крупных камней и т.п. (рис.10).



СПОСОБЫ ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Морские стационарные платформы (МСП)

Комбинированные представляют собой совокупность свайного и гравитационного метода, когда затопленное гравитационное основание по периметру закрепляется сваями (рис.11).

Решетчатые представляют собой колеблющиеся опоры, которые шарнирно или жестко закреплены на морском дне.

К колеблющимся опорам крепится колеблющаяся палуба (рис.12 и 13).

Понтонные представляют собой полностью или частично затопленные понтоны, прикрепляемые ко дну якорными цепями или якорными тросами. К понтонам крепится палуба (рис.14).

По принципиальным конструктивным особенностям **МСП** подразделяются:

- выполненные из пространственных решетчатых конструкций (ферм), чаще всего трубных, получивших в мире наименование «джекет»;
- выполненные из сплошного непроницаемого корпуса, устанавливаемого на дно и образующего с палубой единое целое.

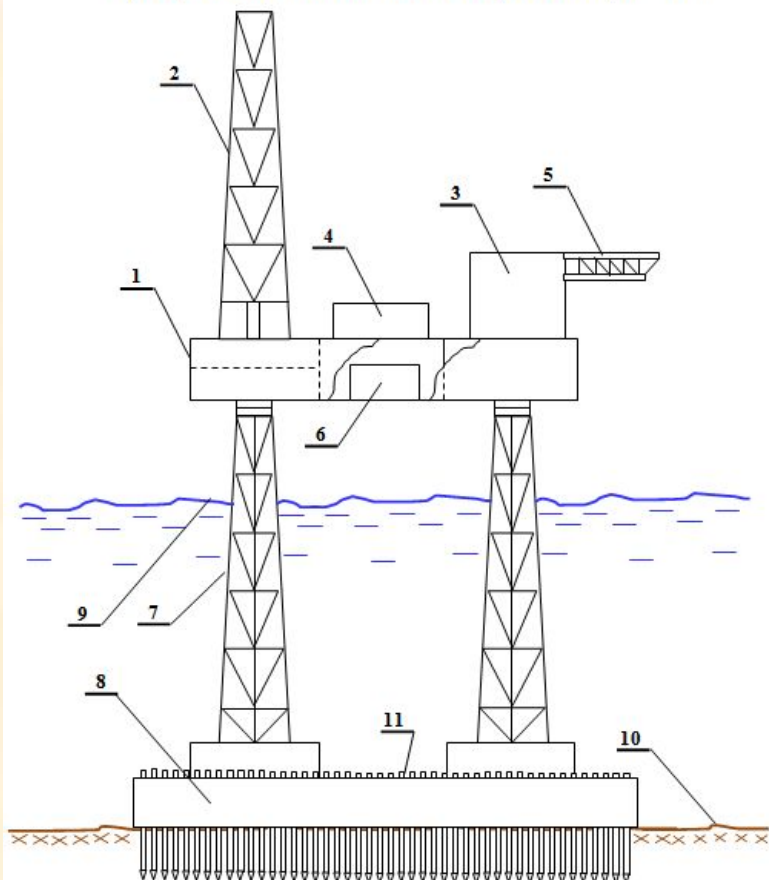
По материальному исполнению **МСП** могут быть:

- стальными;
- железобетонными;
- комбинированными.

СПОСОБЫ ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

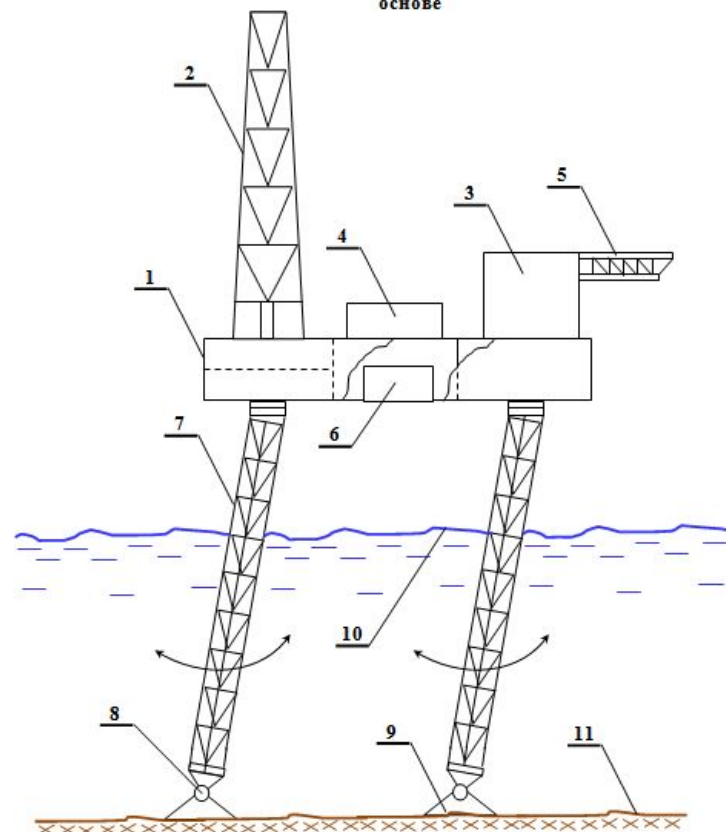
Морские стационарные платформы (МСП)

Принципиальная схема МСП с комбинированным креплением



1 – палуба; 2 – буровая вышка; 3 – жилой модуль; 4 – буровое оборудование;
5 – вертолетная площадка; 6 – технологическое оборудование; 7 – опоры;
8 – гравитационная опора; 9 – уровень моря; 10 – дно; 11 – сваи.

Принципиальная схема МСП с решетчатым креплением на шарнирной основе



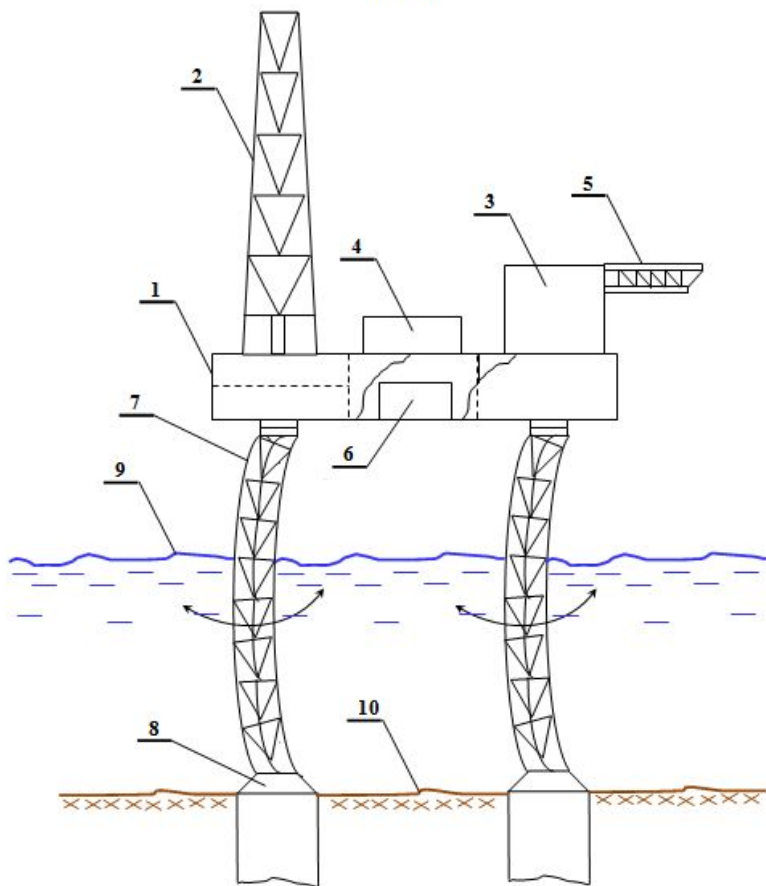
1 – палуба; 2 – буровая вышка; 3 – жилой модуль; 4 – буровое оборудование;
5 – вертолетная площадка; 6 – технологическое оборудование; 7 – колеблющаяся
опора; 8 – шарнир; 9 – основание опоры; 10 – уровень моря; 11 – дно.

Рис. 12.

СПОСОБЫ ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

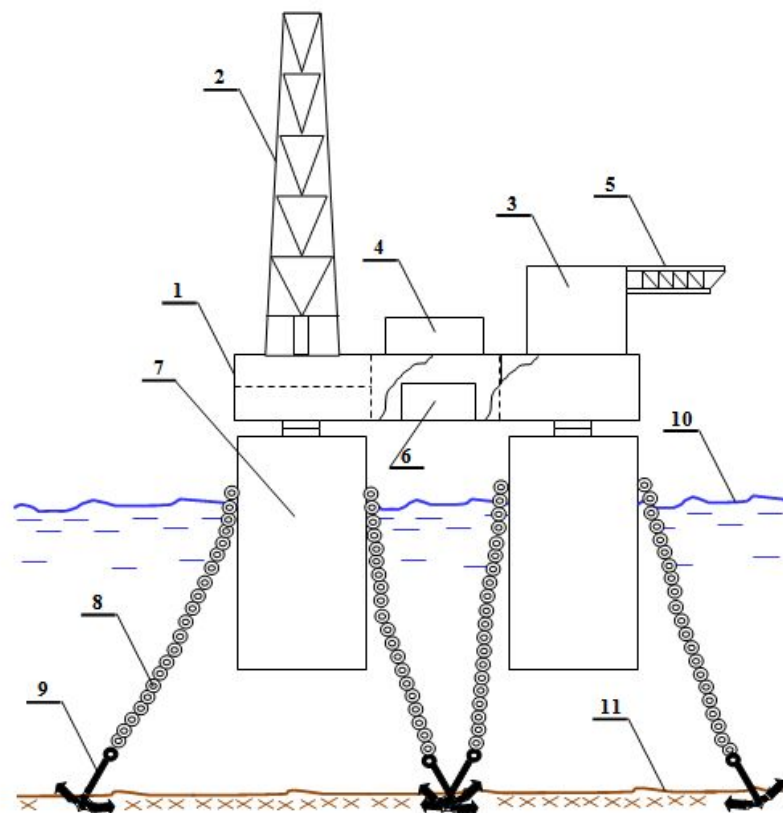
Морские стационарные платформы (МСП)

Принципиальная схема МСП с решетчатым креплением на жесткой основе



1 – палуба; 2 – буровая вышка; 3 – жилой модуль; 4 – буровое оборудование; 5 – вертолетная площадка; 6 – технологическое оборудование; 7 – колеблющаяся опора; 8 – жесткое основание опоры; 9 – уровень моря; 10 – дно.

Принципиальная схема МСП с креплением на понтонной основе



1 – палуба; 2 – буровая вышка; 3 – жилой модуль; 4 – буровое оборудование; 5 – вертолетная площадка; 6 – технологическое оборудование; 7 – понтоны; 8 – якорная цепь; 9 – якорь; 10 – уровень моря; 11 – дно.

Рис. 14.

СПОСОБЫ ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Морские стационарные платформы (МСП)

Как правило, нижняя часть (гравитационная) изготавливается из железобетона, а на ней уже крепятся стальные опоры.

Доля свайных конструкций составляет величину порядка 66 %;

Доля гравитационных **МСП** составляет величину порядка 26 %;

Доля гравитационно – свайных **МСП** составляет величину порядка 5 %.

Примерно:

- 50 % **МСП** рассчитаны на глубины 300 – 350 м.;

- 30 % **МСП** рассчитаны на глубины 360 – 460 м.;

- 13 % **МСП** рассчитаны на ещё большие глубины.

Наибольшее количество глубоководных МСП находится в Северном море.

МСП, закреплённые на дне, устанавливаются либо с баржи, либо доставляются на точку бксирами.

Гравитационные сооружения позволяют накапливать внутри оснований 150 – 500 тыс.т. нефти и периодически перекачивать её на танкер.

В таблице 14 в качестве примера приведены характеристики некоторых известных **МСП**, разработанных компанией «**Си – Джей - Би**» для Северного моря.

СПОСОБЫ ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Морские ледостойкие платформы (МЛП)

