

2 ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА МНГС

2.1 Земляные и каменные работы на обводненной территории

Земляные работы при строительстве морских сооружений могут быть обусловлены [1]:

- пересечением трубопровода береговой линии;
- разработкой траншеи и заглублением уложенного трубопровода;
- корректировкой свободных пролетов, стабилизацией положения трубопровода;
- защитой трубопровода от осипей, обвалов и обломочных потоков;
- дноуглубительными работами, разработкой котлованов;
- обустройством насыпей;
- планировкой дна и т.д.

Планировка дна является одной из самых распространенных земляных работ при обустройстве МНГС и заключается в подготовке поверхности грунта к установке сооружения, опирающегося на дно. При этом размеры планируемой площадки в плане должны быть на 0,5–1,5 м больше размеров площади нижней поверхности МНГС. Планировка дна может осуществляться с помощью экскаваторов, устанавливаемых на понтонах; различного рода земснарядов; подводных дистанционно управляемых машин, например, бульдозеров. Контроль качества земляных работ осуществляется непосредственно водолазами у дна или эхолотами, подводно-телевизионными аппаратами с поверхности водоема [2].

Открытые земляные работы на мелководных участках могут производиться с устройством шпунтовых ограждений (рисунок 2.1) или насыпей в прибрежной зоне.

Доступ наземного оборудования на участок осуществляется с устройством дамб или коффердама с дамбами (рисунок 2.2).

Коффердам – это термин, который перешел из медицины, точнее из стоматологии. В нашем случае коффердам представляет собой временный водонепроницаемый каркас, который устанавливается прямо в воде в определенном месте для проведения инженерных работ.

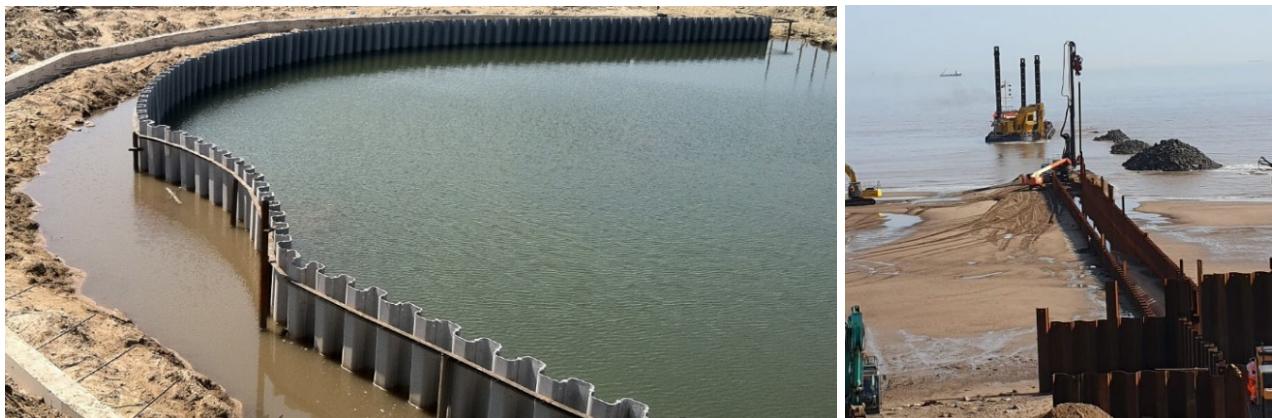


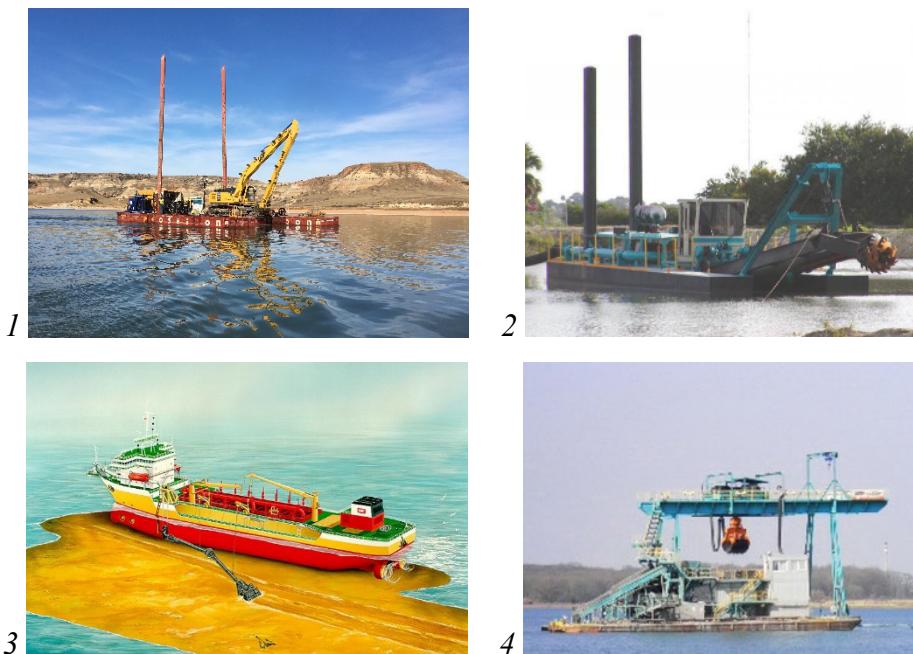
Рисунок 2.1 – Варианты шпунтового ограждения на береговой полосе



Рисунок 2.2 – Конструкция «коффердам»

Разработка траншей может производиться следующими способами (рисунок 2.3):

- экскаваторами с баржи или pontona;
- земснарядами с гидравлическим и/или механическим рыхлителем грунта;
- самоходными земснарядами с волочащимся всасом;
- грейферными земснарядами;
- трубозаглубителями.



1 – экскаваторами с баржи или pontона; 2 – земснарядами с механическим рыхлителем грунта; 3 – самоходными земснарядами с волочащимся всасом; 4 – грейферными земснарядами

Рисунок 2.3 – Способы разработки траншеи

Разновидности земснарядов, особенности их обустройства подробно рассмотрены в материалах онлайн-курса «Строительство магистральных газонефтепроводов» [3]. Классификация трубозаглубителей, принцип их работы будут представлены в одном из следующих материалов данного курса. Поэтому отдельно остановимся лишь на самоходных земснарядах с волочащимся всасом (самоотвозный трюмный землесос).

Самоотвозной земснаряд с волочащимся грунтоприемником – это судно, которое загружает изымаемый грунт в свой трюм, используя центробежные насосы и волочащийся грунтоприемник. Как правило, применяется в случае наличия рыхлых грунтов, таких как песок, глина и гравий. Однако возможно его применение и для выемки твердых связных грунтов при дополнительном механическом воздействии на грунт. Рабочая глубина земснарядов такого типа ограничивается диапазоном глубин от 8 до 110 метров.

По мере работы земснаряда грунт собирается в его трюме, а вода откачивается посредством регулируемой водоотводной системы. Когда осадка судна достигает предельного уровня загрузки или в силу определенных обстоятельств дальнейшая загрузка невозможна, процесс дноуглубления прекращается и всасывающая труба поднимается на палубу. В случае необходимости (исходя из экологических соображений) погрузка возможна без водосброса. После чего судно с грунтом выемки направляется в район отвала. Сброс грунта обычно осуществляется посредством:

- отвала грунта. Груз сбрасывается через днищевые дверцы или раздвижной корпус;
- распыления. Груз с водой выбрасывается через сопло распылителя в носовой части судна;
- рефулирования. Самоотвозный землесос соединен с (плавучим) трубопроводом, через который грунт с водой перекачиваются в обозначенный район.

В процессе реализации некоторых проектов всасывающая труба используется в качестве отводящей трубы для более точной отсыпки подводных сооружений или конструктивных элементов сооружений, например, при засыпке трубопроводов.

После разгрузки судно снова возвращается в зону дноуглубления для возобновления цикла.

Ширина траншеи при производстве земляных работ зависит от возможностей оборудования, производящего подготовку траншеи и укладку трубопровода, от количества труб, укладываемых в одну траншею, и от диаметра укладываемого трубопровода. Крутизна откосов траншеи зависит от типа грунта на участке, от применяемого оборудования и от времени производства работ.

Засыпка траншеи с уложенным трубопроводом производится также специальным оборудованием: баржами с самораскрывающимся днищем, баржами с боковым сбросом грунта, траншеезасыпателями.

В определенных ситуациях укладку трубопровода ведут без разработки траншеи непосредственно на морское дно (в частности, на отдельных глубоководных участках). Тем не менее для обеспечения безопасного монтажа трубопровода неровные участки морского дна выравниваются посредством срезки подводных хребтов и отсыпки каменных берм.

Для ликвидации свободных пролетов перед и после укладки используются:

- отсыпка грунта и камня при помощи судна со сбросной трубой;
- срезка холмов на мелководье при помощи земснаряда;
- срезка холмов на глубоководных участках либо посредством грейферного оборудования, с последующим вывозом на свалки грунта, либо при помощи подводного оборудования для производства земляных работ.

Каменные работы. При строительстве морских сооружений каменный материал может использоваться при:

- отсыпке ограждающих дамб, подпорных стенок;
- устройстве дренирующих систем (фильтров) в основании грунтовых дамб;
- отсыпке искусственных островов;
- устройстве гравийных подушек (насыпей большой площади) под гравитационные

МНГС с большой площадью опирания.

Нередко каменный материал применяется для фиксации откосов подводных земляных сооружений, а также в качестве заполнителя-утяжелителя МНГС.

В случае, когда камень выполняет задачу дополнительного балласта для морских нефтегазовых сооружений, требования к нему практически не лимитируются ни по качеству, ни по форме, ни по размерам. В остальных ситуациях, когда камень может быть подвержен прямому гидродинамическому воздействию потока воды, его размеры назначаются таким образом, чтобы ни течение, ни волны не смогли перемещать отдельные камни и не могли разрушить целостность самого сооружения. Еще более высокие требования предъявляются к так называемым каменным массивам правильной кладки. Эти массивные камни должны быть обработаны таким образом, чтобы щели между ними были не более определённых размеров.

Рассмотрим основные приемы каменных работ.

1) Каменные отсыпки в ограниченные объемы и на ограниченные площади выполняют с использованием барж, на которых установлены крепежные устройства, позволяющие выгружать камень не сразу, а отдельными порциями (от 2 м³ до нескольких кубических метров). При отсыпке подушек под сооружения больших площадей используют баржи с открывающимися днищами. При малой глубине (10-15 м) установка баржи в необходимое положение не представляет сложности, камень попадет в заданное место. Однако при больших глубинах за счет волнения и течения происходит разброс камня и отклонение его от места, где он должен опускаться. В этом случае возможно применение способа отсыпки с подачей камня в закрытых контейнерах или специальных ковшах-грейферах, удерживающих их от рассыпания под воздействием течения, волн и изменения траектории движения камня в воде.

При отсыпке камня в воду важно иметь в виду, что объем сухого камня, отсыпаемого в воду, будет отличен от объема подводной каменной наброски. Это связано с более плотной укладкой камня в воде и разбросом его при погружении в воду. Наибольший коэффициент увеличения объема сухого камня и готовой отсыпки составляет 1,1 [2].

2) Особенности правильной каменной кладки. Понятие «правильная» означает, что применяется камень, имеющий ограниченную плоскостями форму куба или параллелепипеда. Вес таких массивов может достигать 100-200 тонн.

Из массивов сооружают ограждения портовых акваторий, укрепления береговой части морских сооружений, искусственных островов и так далее.

При строительстве сооружений из массивов часто используют блоки различных размеров и форм, что дает возможность естественного связывания смежных блоков между

собой, повышая тем самым прочность и устойчивость всего сооружения в целом. Тем не менее, для предотвращения разломов каменного сооружения его разделяют с помощью вертикальных компенсационных швов на отдельные секции длиной 20-40 м. секции могут свободно перемещаться друг относительно друга по этому шву, а в теле сооружения не возникает чрезмерных напряжений. Ширина компенсационных швов не должна превышать пяти сантиметров. Это говорит о том, что точность в соблюдении размеров отдельных блоков, так и секций должна быть достаточно высокой [4].

2.2 Бетонные и железобетонные работы. Особенности подводного бетонирования

От качества бетона, способности длительное время сохранять необходимую прочность и водонепроницаемость зависит длительная прочность и работоспособность как элементов МНГС, так и всего сооружения в целом.

Бетон – это строительный материал, приготавливаемый искусственным путем из четырех компонентов: вяжущего материала – *цемента*; *песка*; *крупного заполнителя* в виде гравия или щебня; *воды*. Смесь этих компонентов, количество которых подбирается расчетом, в течение некоторого времени сохраняет пластичное состояние. В течение этого времени смесь должна быть уложена в опалубку (формующую емкость). Находясь далее в состоянии покоя, пластичная смесь отвердевает и начинает приобретать все более большую прочность. При этом бетон обладает способностью сцепляться с металлическими элементами (стержнями, балками и стойками из профилированного металла).

Прочность бетона зависит от прочностных характеристик мелкого и крупного заполнителей, а также так называемой «марки цемента», что также определяет прочность цементного камня, получаемого на основе двух элементов – цемента и воды.

Для приготовления бетона можно использовать практически любой природный песок. Зерновой состав, определяемый просеиванием песка через сита с разными отверстиями, должен укладываться в область, показанную на рисунке 2.4 штрихами. Можно использовать песок с размерами частиц с учетом и незаштрихованной области, но только для бетонов марки 150 и ниже.

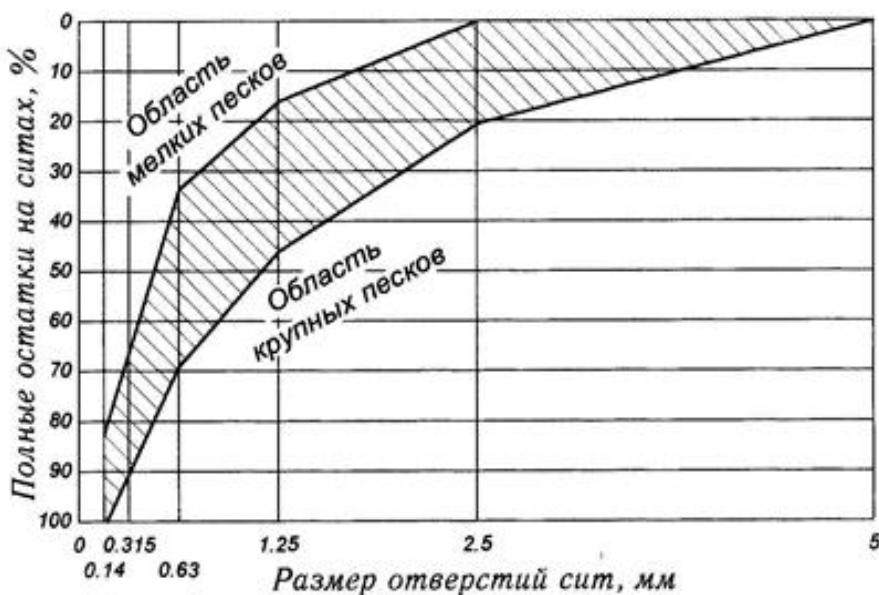


Рисунок 2.4 – Зерновой состав песка

Крупный заполнитель (щебень или гравий) должен содержать две или три фракции. В зависимости от имеющихся в наличии фракций назначается процентное соотношение этих фракций в бетоне.

Определение количеств цемента и воды в составе бетона представляет довольно сложную процедуру, включающую две самостоятельные части: *расчет состава бетона* (по всем составляющим) и *испытание образцов*, изготовленных из бетона, состав которого определен расчетом.

Расход воды зависит от требуемой подвижности бетона, определяемой по осадке усеченного конуса. Подвижность бетонной смеси меняется в зависимости от конструкций, куда укладывается бетон.

Железобетон в отличие от бетона обладает способностью воспринимать не только сжимающие напряжения, но и растягивающие. Из железобетона можно изготавливать любые конструктивные элементы сооружений: тонкие плиты, стены, колонны, балки, трубы, резервуары и т.д.

Особенности подводного бетонирования

Выполнение работ по укладке больших объемов бетона непосредственно в условиях открытого моря практически невозможно, массивные бетонные (железобетонные) конструкции МНГС делают на береговых строительно-монтажных базах и доставляют к месту сборки на плаву. Вследствие этого бетонные и железобетонные части МНГС должны быть сконструированы таким образом, чтобы они обладали необходимыми для плавания (буксировки) свойствами: *плавучестью, остойчивостью, водонепроницаемостью*.

На береговой базе оборудуют площадку, на которой осуществляют бетонирование массивов-гигантов с последующей их выдержкой в течение минимум 28 суток после окончания самых последних работ по бетонированию, поскольку бетон должен набрать необходимую прочность. При бетонировании важно обеспечить непрерывность работ независимо от объемов и габаритов заливаемой конструкции. Работы должны продолжаться без остановки от момента начала подачи первой порции бетона до окончания всего процесса заливки. Это необходимо для того, чтобы обеспечить монолитность бетонной или железобетонной конструкции. Конструкция должна быть выполнена без единого шва, благодаря чему достигается ее высокая прочность и герметичность.

Бетонирование может осуществляться двумя основными способами – подача бетонной смеси порциями и непрерывная подача (рисунок 2.5).

В первом случае бетонный массив 2 заполняется с помощью специальной бадьи 3, вместимостью несколько кубических метров. На берегу имеется бетонный узел, состоящий из емкостей для цемента, песка и гравия 6 и бетоносмесительного агрегата 5, из которого заполняют бадью 3, перемещаемую краном 4 к месту выгрузки. По мере заполнения массива внутри опалубки 1 производится уплотнение бетона вибраторами-иглами. Отметим крайнюю важность виброуплотнения укладываемого бетона, так как только виброуплотнение может обеспечить необходимую плотность и прочность бетона.

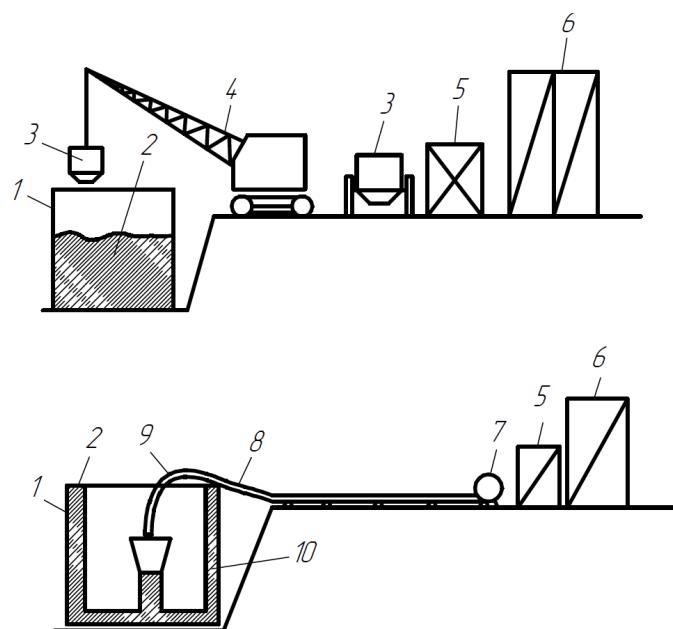


Рисунок 2.5 – Бетонирование фундаментного блока

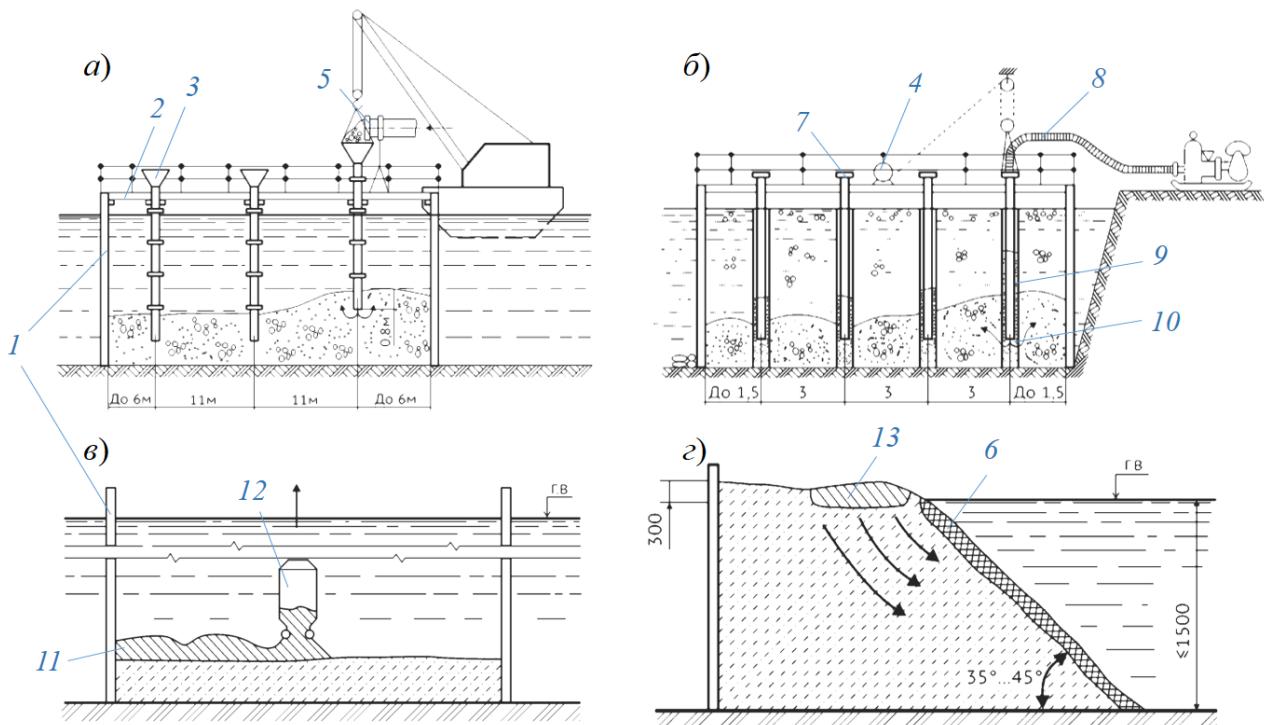
При непрерывной схеме бетонирования бетон доставляют к месту укладки по стальному трубопроводу 8 с гибким рукавом 9 на конце. Подача бетона производится

бетононасосом 7. Этот метод применяют при необходимости бетонировать сложные формы. В процессе подачи бетона также производится его виброуплотнение с помощью вибраторов.

Подводным бетонированием называют укладку бетонной смеси под водой без производства водоотливных работ. При подводном бетонировании заданные свойства бетонной смеси не ухудшаются, так как она поступает под слоем уложенной смеси. Этот верхний слой после окончания бетонирования удаляют (10 см).

Главным условием получения качественного бетона при подводном бетонировании является сохранение заданного водоцементного отношения. Применяемая бетонная смесь по своим характеристикам должна не менее чем на 10% превышать заданные характеристики по проекту.

Рассмотрим несколько основных способов подводного бетонирования (рисунок 2.6).



- а) метод вертикально перемещаемой трубы;
 б) метод восходящего раствора; в) укладка бетонной смеси бункером;
 г) втрамбование бетонной смеси;

1 – ограждение (опалубка); 2 – рабочий настил; 3 – бетонолитная труба (с вибратором);
 4 – лебедка; 5 – бетоновод; 6 – слабый слой бетона; 7 – труба для подачи раствора;
 8 – растворовод; 9 – шахта; 10 – уровень укладываемого раствора; 11 – укладываемая
 бетонная смесь; 12 – бункер; 13 – втрамбованная бетонная смесь

Рисунок 2.6 – Подводное бетонирование

1. *Метод вертикально перемещаемых труб*. Метод заключается в том, что бетонную смесь подают в опущенные до основания будущего сооружения трубы. Метод вертикально перемещаемой трубы (ВПТ) применяют при бетонировании конструкций на глубине до 50 м,

защищенных от проточной воды, когда требуется высокая прочность и монолитность подводного сооружения.

Для заливки таким способом потребуются:

- бетононасосы или другое оборудование, обеспечивающее непрерывную подачу раствора;
- бетонолитные трубы диаметром 200-300 мм, состоящие из звеньев длиной до 1 м, оснащенных быстроразъемными замками;
- оснастка площадки над местом бетонирования: траверса, лебедка, подъемный механизм.

Трубы устанавливаются вертикально, опуская до основания будущего сооружения. Конец трубы оснащают клапаном, открывающимся после того, как все рабочее пространство трубы заполнится бетоном. После заполнения трубы бетонной смесью при продолжающейся подаче бетонной смеси приподнимают конец трубы на 30...50 см и бетонная смесь вытекает в полость опалубки. По мере повышения уровня бетонирования трубу с помощью полиспаста и лебедки поднимают и лишние звенья удаляют. При этом нижний конец трубы должен быть постоянно заглублен в бетонную смесь не менее чем на 0,8 м при глубине бетонирования соответственно до 10 м и на 1,2 м при больших глубинах. Для предотвращения вымывания укладываемой бетонной смеси, цемента и частиц песка участок бетонирования защищают от притока воды шпунтовыми ограждениями или специально изготовленной опалубкой.

2. Способ восходящего раствора (ВР). Метод предполагает предварительное заполнение бетонируемого объекта камнем или щебнем с таким расчетом, чтобы пустоты составляли 45% от объема. Через трубы небольшого диаметра подается бетонный раствор, который, поднимаясь вверх, естественным образом заполняет пустоты в отсыпке, полностью вытесняя воду. Применяются два метода заливки: напорный и безнапорный.

В первом случае трубы устанавливаются непосредственно в каменную или щебеночную наброску. Цементный раствор или цементное тесто под давлением поступает к основанию наброски, затем поднимается, обеспечивая монолитное схватывание с заполнителем. Трубы после завершения работ остаются в забетонированном блоке, излишки срезаются.

При безнапорном методе в бетонируемый блок устанавливается шахту с решетчатыми стенками, на всю глубину которой опускают стальную трубу, собранную из звеньев с водонепроницаемыми соединениями. Труба по мере заполнения опалубки поднимается внутри этой шахты, что делает данный метод схожим с предыдущим методом. Бетонный раствор растекается под собственным весом, звенья трубы поочередно демонтируются.

Метод применяют при укладке бетонной смеси на глубине до 20 м.

3. Метод бетонирования бункерами. Бетонную смесь опускают под воду в раскрывающихся ящиках, бадьях и там разгружают. Первый слой, наиболее подверженный размыву водой, укладывают из бетонной смеси с содержанием цемента на 15-20 % больше чем обычно. Бетонную смесь выпускают при минимальном отрыве дна бункера от поверхности уложенного бетона или основания опалубки, исключая возможность свободного сбрасывания бетонной смеси через толщу воды. Метод технологически прост и допускает укладку бетонной смеси на неровное основание. Однако бетонная кладка характеризуется слоистостью и наличием швов, поэтому метод может быть применен лишь при бетонировании неответственных конструкций.

4. Метод втрамбовывания бетонной смеси заключается в том, что над водой создают пионерный островок из свежеуложенной бетонной смеси в одном из углов бетонируемой конструкции, при подаче смеси по трубе или в бадьях с открывающимся дном. Островок должен возвышаться над поверхностью воды не менее чем на 30 см. Новые порции бетонной смеси втрамбовывают в островок равномерно с интенсивностью, не нарушающей процесс твердения уложенного бетона, и не ближе 20–30 см от кромки воды. Этим приемом обеспечивается защита от соприкосновения с водой новых порций бетонной смеси. Метод применяют при глубине воды до 1,5 м для конструкций больших площадей.

2.3 Технология устройства свайных фундаментов

Сваи в морском нефтегазовом строительстве применяются наиболее часто в качестве элементов при устройстве фундаментов под МНГС любого вида, при устройстве ограждающих сооружений, эстакад, подпорных стенок.

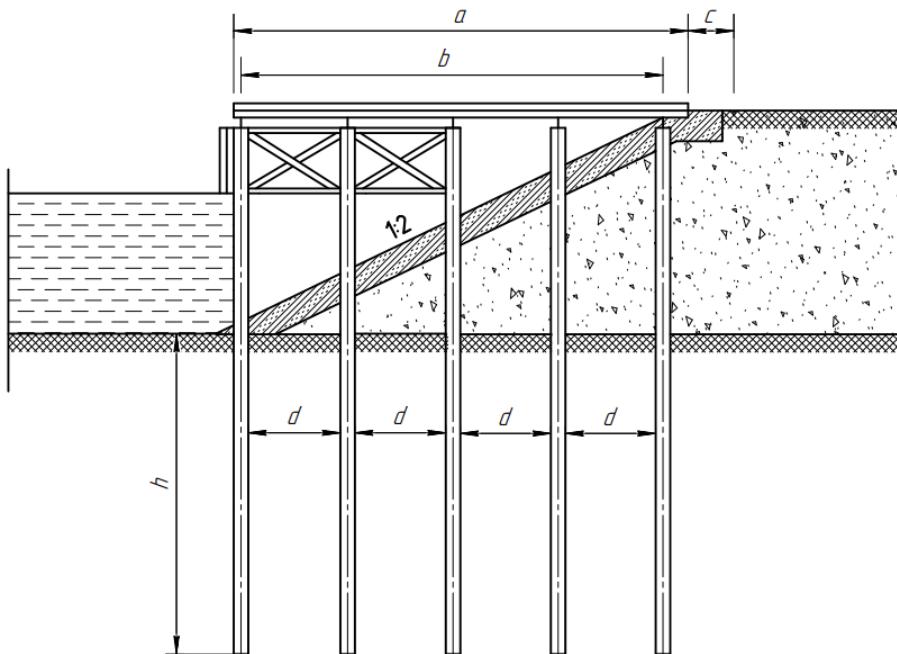
Основные достоинства свайных сооружений:

- сравнительная простота их устройства;
- возможность погружения свай на значительную глубину в грунт;
- способность свай воспринимать большие как вертикальные, так и горизонтальные нагрузки;
- способность держать не только силы, направленные вниз, то есть сжимающие, но и направленные вверх, то есть отрывные.

Использование свай при строительстве прибрежных и ограждающих сооружений

К прибрежным сооружениям можно отнести различного рода подпорные стенки, эстакады, причалы и другие аналогичные сооружения.

На рисунке 2.7 показана схема причальной конструкции на сваях с откосами, закрепленными крупным сортировочным камнем.



a – полная ширина настила; b – расстояние между осями крайних свай; c – отмостка;
 h – глубина забивки свай; d – расстояния между сваями

Рисунок 2.7 – Конструкция причала

Сваи изготовлены из металлических труб, диаметр которых зависит от силы, передающейся на сваю от веса настила и веса строительных конструкций, машин и оборудования на нем.

На рисунке 2.8 показана конструктивная схема свайного фундамента из свай, верхние части (головы) которых расположены ниже уровня дна водоема.

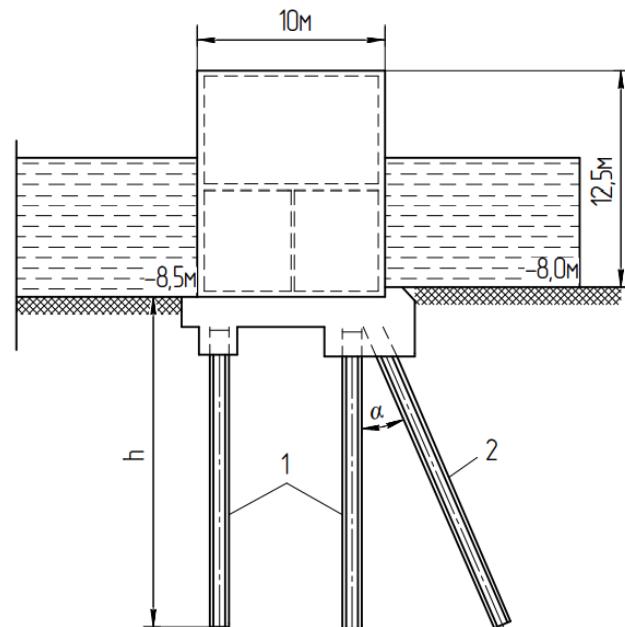
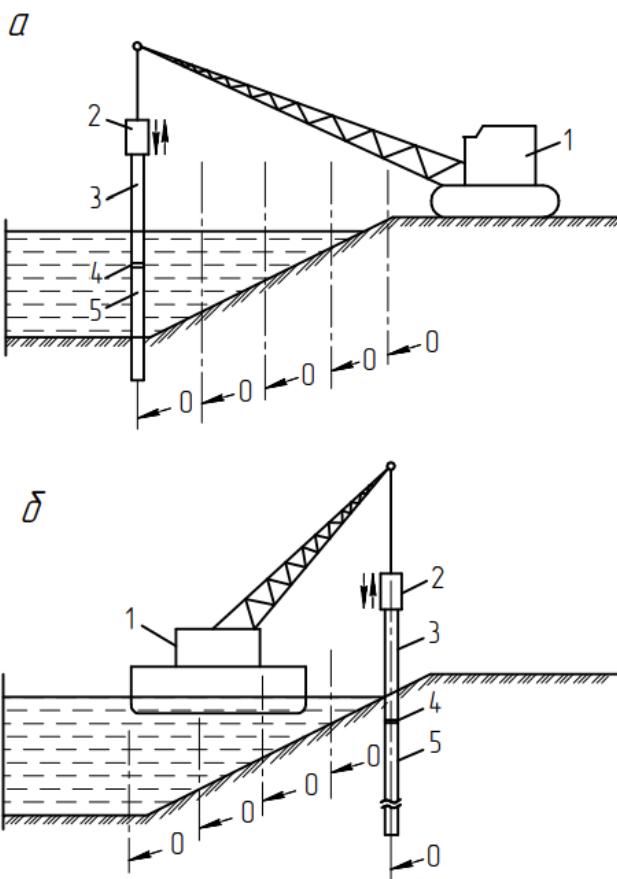


Рисунок 2.8 – Стенка из крупных блоков на свайном фундаменте

На сваях размещены бетонные блоки. Сваи 1, 2 погружаются на глубину h ниже дна водоема. Сваи 1 забиваются вертикально, а сваи 2 – наклонно под углом α (для лучшего восприятия, в том числе горизонтальных сил). При этом могут использоваться различные методы погружения: забивка молотом, вибрация, размыв грунта под нижним концом сваи мощной струей воды. Все эти способы могут реализоваться специальной техникой как с берега, так и с плавающего крана с помощью молота или тяжелого вибратора (рисунок 2.9).

Сваи погружаются методом последовательного наращивания из отдельных сегментов или секций. Таким образом, можно забивать сваи на любую необходимую глубину. На рисунке 2.9, б забивка свай производится с помощью плавающего крана 1, удерживаемого в необходимом положении с помощью якорной системы. Забивка свай производится по строго намеченной сетке осей 0-0, ввиду того, что по верху свай должны укладываться конструкции настила над уровнем воды или устанавливаться конструкции ростверка на уровне отметки дна, объединяющие сваи по верхним концам («головки» свай). В конструкции ростверка имеются специальные углубления (направляющие пазы), обустроенные строго в соответствии с сеткой забивки свай. Установка ростверка также производится с помощью крана.



1 – кран; 2 – вибромолот; 3 – присоединяемая секция сваи; 4 – соединительный шов между секциями сваи; 5 – присоединяющая секция сваи; 0-0 – сетка осей

Рисунок 2.9 – Погружение сваи с помощью крана

Особенности установки свай на больших глубинах. Сваи на больших глубинах устанавливаются в качестве фундамента для последующего опирания и закрепления на нем различного вида платформ. Поскольку платформы (гравитационные и стержневые) имеют большую массу и подвергаются воздействию волн и течений, то и нагрузки, воспринимаемые сваями, достигают сотен и более тонн на каждую сваю, что намного превышает нагрузки на сваи, устанавливаемые на малых глубинах. Кроме того, технология установки свай на больших глубинах отличается большой трудоемкостью, необходимостью применения сложной техники. Поэтому при проектировании свайных фундаментов на больших глубинах предпочтение отдается конструкциям свай, обладающих большой несущей способностью, что позволяет уменьшить число свай. Диаметры таких металлических трубчатых свай могут быть от 0,6 до 3 м (в особых случаях до 6 м), а толщины – от 30 до 60 мм. Глубина погружения свай в грунт зависит от нагрузки на сваю, характеристик грунта, а также наличия необходимой сваебойной техники. В особых ситуациях глубина погружения свай может достигать до 150 м.

Рассмотрим основные способы погружения свай, предварительно отметив одну важную особенность забивки свай на больших глубинах – применение направляющего кондуктора. В конструкции кондуктора устроены специальные направляющие втулки для установки в них свай. Втулки кондуктора определяют положение и направление забиваемых свай на дне, таким образом, исключая операцию разметки дна (рисунок 2.10). Альтернативой кондуктору может явиться применение на выровненной площадке дна опорного (фундаментного) блока платформы. В опорном блоке имеются отверстия, в которые вставляют концы свай и после этого начинается процесс забивки. После достижения необходимого отказа сваи забивку приостанавливают, давая возможность грунту релаксироваться. После чего процесс забивки может быть продолжен вновь до достижения необходимого отказа («отказом» называется величина погружения сваи за один удар молота или какой-то период времени, если погружение сваи производится вибромолотом).

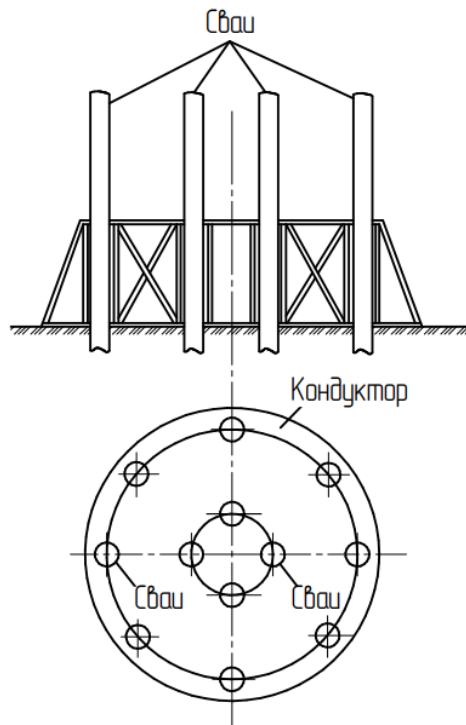


Рисунок 2.10 – Установка свай с помощью кондуктора

Свай собирается из отдельных секций длиной 20–30 м (в зависимости от высоты подъема головки сваи, допускаемого плавкраном). Секции соединяются на весу в вертикальном положении автоматической сваркой. На рисунке 2.11, а показан процесс соединения секций свай.

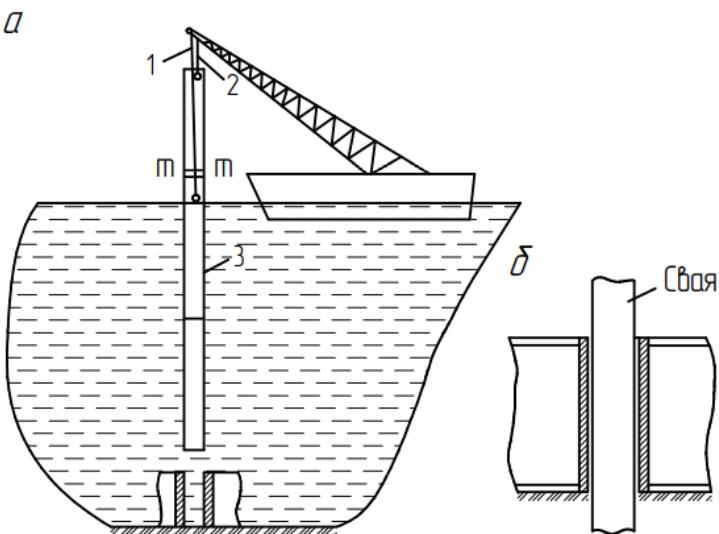


Рисунок 2.11 – Свая из отдельных частей

Кран-крюком 1 удерживает уже соединенные секции 3. Другой крюк 2 подводит к участку 3 новую секцию и удерживает ее во время сварки стыка *m-m*, после чего удлиненная часть сваи опускается вниз до тех пор, пока нижний конец сваи не войдет в отверстие кондуктора (рисунок 2.11, б). Сразу же начинается процесс забивки свай гидравлическим молотом. Следует отметить, что время, затрачиваемое на устройство (сборку) сваи, в 3–4 раза больше, чем время, затрачиваемое непосредственно на забивку свай молотом.

После окончания забивки сваи пространство между стенкой сваи и стенкой направляющей втулки заполняют цементным раствором, подаваемым под давлением по специальному шлангу с обслуживающего процесса устройства свай судна. В некоторых случаях для надежной фиксации сваи к фундаментному блоку применяют технологию гидроразжима, сущность которой заключается в местном деформировании стенки сваи под большим внутренним давлением, создаваемого водой, в зоне соединения.

В последнее время при устройстве бурозаливных свай на глубоководных участках начали применять подводные буровые машины, с помощью которых бурятся скважины диаметром до 2 м.

Дадим краткое описание последовательности работ (рисунок 2.12):

- 1) доставка буровой машины буксировочным судном к месту бурения;
- 2) закрепление машины в точке предполагаемого бурения скважин;
- 3) опускание буровой машины на дно (за счет регулирования плавучести конструкции шаровых емкостей-кессонов);

- 4) установка буровой машины на дне и подготовка ее к бурению (при полном заполнении шаровых емкостей-кессонов водой, обеспечивающих необходимую балансировку и балластировку машины на дне);
- 5) бурение скважины (управление бурением осуществляется с судна обеспечения);
- 6) перемещение машины из заданной точки бурения к следующей согласно сетке бурения;
- 7) погружение трубчатых свай в пробуренные скважины.

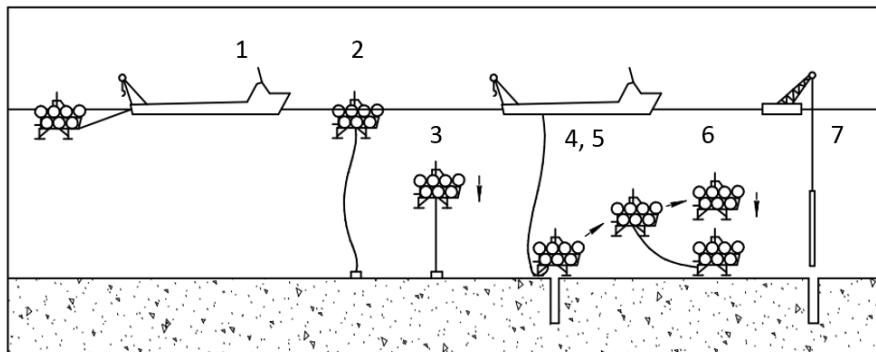


Рисунок 2.12 – Технологическая последовательность работ с буровой машиной

2.4 Строительство гравитационных МНГС на прибрежных базах. Характеристика береговых строительных баз

Строительная база (площадка) предназначается для выполнения всех работ, необходимых при изготовлении блоков, элементов и деталей, используемых в строительстве таких сложных сооружений, как МНГС гравитационного типа. Поэтому строительная площадка должна иметь необходимое число зон, в пределах которых осуществляется выполнение различных работ: изготовление, сборка и сварка металлических стержневых конструкций, труб, арматуры, листовых конструкций; приготовление и укладка бетона, изготовление фигурных железобетонных элементов и объемов; транспорт и перемещение блоков и тяжеловесных конструкций внутри строительной площадки из одной зоны в другие. Вследствие чего зоны должны быть размещены таким образом, чтобы учитывалась логическая последовательность выполняемых работ, при которой будут минимизированы перемещения блоков, элементов, деталей.

На рисунке 2.13 приведена схема береговой зоны. Одним из основных условий определения ее местоположения является обеспечение возможности свободного перемещения тяжеловесных блоков с суши на воду, поскольку доставка отдельных блоков и даже всего сооружения к месту установки может быть осуществлена только на плаву.

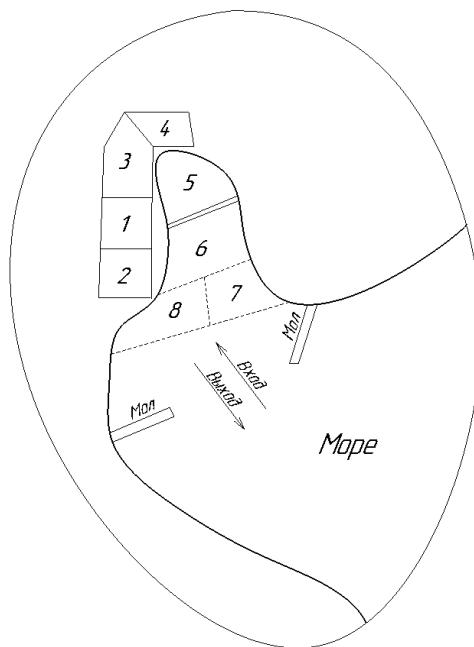


Рисунок 2.13 – Схема расположения производственных участков

Приведем перечень основных зон, в пределах которых осуществляются необходимые операции по созданию гравитационных МНГС:

1-я зона. Территория, на которой производятся бетонные и железобетонные работы.

Следует иметь в виду, что эти работы являются наиболее материалоемкими, а готовые изделия из бетона имеют большой вес, что очень усложняет перемещение их как в самой зоне, так и в другую зону (по мере готовности). В составе 1-й зоны должны быть оборудованы площадки: для песка, щебня или гравия; емкости для цемента; склад арматуры; склад профильных сталей для создания жесткого каркаса блоков; склад материалов для опалубки и готовых элементов опалубки; оборудование для производства бетонных работ.

2-я зона. Включает площадки для изготовления арматурных каркасов, заготовки из профилированных стальных материалов (двулавровые балки, швеллеры, трубные заготовки); подвижные краны на гусеничном или ином ходу для погрузки готовых изделий на транспортные машины (автомобильный или железнодорожный транспорты).

3-я зона. Участок изготовления частей и элементов опалубки для формирования очертаний будущего сооружения. Возводятся цехи изготовления простой и сложной опалубки. Под «простой» понимается опалубка, формирующая объемы плоскими поверхностями; сложная – опалубка, формирующая фигурные объемы с использованием различных кривых поверхностей, соединений и т.д.

4-я зона. Участок изготовления железобетонных элементов, используемых в качестве элементов для сборных частей МНГС.

5-я зона. Котлован, отделяемый от открытого моря защитной перегородкой. Котлован может освобождаться от воды (морской термин – осушаться) и в нем могут выполняться все работы, связанные со строительством опорного блока МНГС, насухо. После окончания бетонных и других работ котлован заполняется водой и опорный блок всплывает.

6-я зона. Акватория дистройки МНГС на плаву. В эту акваторию приводится на плаву готовый опорный блок. В этой же акватории находится судно (баржа), на котором размещается завод по производству бетонных и железобетонных работ.

7-я зона. Зона постановки МНГС на якоря в защищенном от волн месте для выполнения работ по установке несущего блока и верхнего строения (если это предусмотрено проектом).

8-я зона. Отстой плавучих кранов, транспортных барж, буксиров и других судов специального назначения (пожарные суда, суда экологического мониторинга, суда для перевозки людей, обеспечения их питания и других нужд).

В перечне зон не указаны зоны вспомогательные как не имеющие непосредственного отношения к процессу изготовления МНГС (административная зона, жилой городок (гостиница), службы охраны, пожарные депо, службы водообеспечения, транспортные службы, медицинский центр).

2.5 Строительство гравитационных МНГС на прибрежных базах. Последовательность технологических работ

2.5.1 Технология выполнения основных работ по строительству МНГС на прибрежной базе

В конструкции стационарного МНГС (платформа, отгрузочный причал, терминал) возможно выделить три основных блока – опорный (фундаментный), несущий, связывающий опорный блок с верхним строением, и блок верхних строений.

Строительство начинается с формирования нижнего, опорного блока. На рисунке 2.14 представлены концептуальные формы ледостойких МНГС. Как видно из рисунков, у всех сооружений имеется мощный (распластанный) опорный блок, изготовленный из железобетонных конструкций. Причем особенностью блоков является то, что они должны обладать плавучестью, способной поддержать на плаву не только собственную тяжесть, но также тяжесть несущего (среднего) блока, а иногда и блока верхних строений. Рассмотрим реализацию технологической последовательности выполнения работ, относящихся к прибрежной базе на примере первой схемы, приведенной на рисунке 2.14.

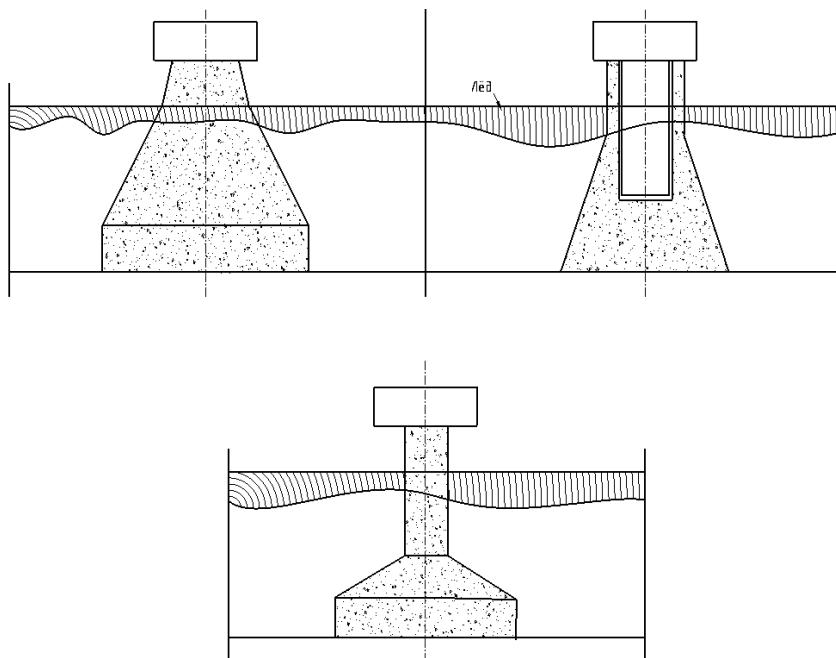


Рисунок 2.14 – Концептуальные схемы ледостойких стационарных МНГС

Начинается строительство опорного блока в осушенном котловане (или в сухом доке) с тщательной разбивки плана нижней плоскости блока и подготовки поверхности дока, на которой будет сооружаться опорный блок. Поскольку блок должен обладать необходимой плавучестью, он изготавливается в форме ячеистой структуры. При этом ячейки должны быть водонепроницаемы; однако в них должен быть доступ для заполнения внутренней полости ячеек утяжелителем (вода, гравий, песок) при установке МНГС на точку (место рабочего положения МНГС на дне). Поэтому ячейки могут иметь форму цилиндров со стенкой из железобетона с очень плотно уложенным бетоном (обязательное виброуплотнение). Толщина стенки цилиндров рассчитывается таким образом, чтобы вода в результате фильтрации внутрь цилиндров не привела бы к заполнению блока при его буксировке. Для обеспечения недоступности воды внутрь цилиндров при транспортировке их обшивают (покрывают) снаружи металлическими листами, а внутри стенки устанавливается продольная и кольцевая арматура. Ячейки могут иметь и другие очертания, например, квадратные или прямоугольные в плане.

После подготовки поверхности дна котлована производится разбивка (разметка) расположения всех элементов, устанавливаемых на дно опорного блока. К этим элементам относятся стенки ячеек, площадки опирания несущих элементов, на которые должен опираться блок верхних строений. Далее раскладывается рабочая арматура, обеспечивающая необходимую несущую способность днища опорного блока; размещается мощная жесткая арматура и несущие конструкции из профилированного металла (тавры, двутавры, швеллеры

и т.д.). Арматурные стержни и конструкции из них соединяются в общую конструкцию, образуя так называемый каркас. После закрепления металлического арматурного каркаса производится установка опалубки как внешнего ограждения опорного блока, так и стенок внутренних ячеек. Опалубка изготавливается из металлических листов, усиливается ребрами жесткости для сохранения проектной формы бетонируемых элементов. После установки опалубки и тщательной проверки соответствия ее размещения проектным данным начинается заполнение бетоном объектов, ограниченных опалубкой.

Поскольку размеры МНГС как в плане, так и по высоте огромные, то работы по подготовке днища опорного блока, установке арматуры, опалубки и, наконец, укладке бетона производятся в определенной последовательности. При этом важно, как было отмечено ранее, бетонные работы производить без остановки. По достижении необходимой прочности бетона опалубка снимается и устанавливается на очередном участке.

Несущий блок бетонируется в одном котловане или доке на высоту H , которая зависит от величины плавучести опорного блока и допустимого давления на днище, опирающееся на жесткое основание сухого дока. Эти параметры определяются расчетом несущей способности днища опорного основания на действие распределенных нагрузок и сосредоточенных сил.

2.5.2 Технология работ, выполняемых на плаву в прибрежной акватории

После окончания работ по строительству опорного блока и приобретения бетоном необходимой прочности производится постановка блока на воду. Котлован постепенно заполняется водой до момента, когда начнется отрыв опорного блока и части несущего блока, собранного вместе с опорным блоком. В процессе заполнения котлована (или сухого дока) водой осуществляется тщательный контроль за состоянием всех элементов всплывающего МНГС. При малейших неполадках, например, при возникновении течи, процесс заполнения водой прекращается до выяснения причины неполадки и устранения ее. После отрыва строящегося МНГС от грунта (или дна сухого дока) определяются необходимые параметры его плавучести; особое внимание обращается на возможные наклонения МНГС и определение причины их возникновения.

После выполнения проверочных процедур производится подготовка МНГС к проведению различных морских операций, связанных с перемещением строящегося МНГС в зону достройки на плаву. Должны быть выполнены такие работы, как закрытие всех отверстий и люков, куда может попасть вода при транспортировке МНГС в зону достройки, установлены всевозможные заглушки (проверяется их наличие), уплотнены все мягкие прокладки, закреплены все устройства, которые могут переместиться при наклонах МНГС.

Если достройка МНГС будет продолжаться на плаву в том же котловане или сухом доке, но уже заполненном водой, то все работы будут продолжаться до тех пор, пока несущий блок не будет достроен до площадки, на которую будет устанавливаться верхнее строение. Если строительный котлован (док) освобождается для строительства нового МНГС, то частично построенное МНГС буксирами отводится в резервную зону акватории, защищенной от прямого воздействия волн и течений в период достройки. В этой зоне имеется вся необходимая техника для выполнения строительно-монтажных работ.

2.5.3 Достройка элементов несущего блока

Под элементами несущего блока понимаются конструкции, соединяющие опорный (фундаментный) блок и блок верхних строений. Эти конструкции могут быть железобетонными (без покрытия металлическим листом, с покрытием), состоящими из одной, двух, трех и более колонн, стержневыми металлическими. Конструкция и материал зависят от глубины моря в точке установки и состояния поверхности моря в зимний период. Если море замерзает, образуя ледовый покров большой толщины, то колонны делаются массивными, мощными, способными выдержать давление льда.

В прибрежной акватории не всегда возможно построить несущий блок на полную высоту, так как глубина воды в доке или котловане не превышает 10-15 м. Поэтому достройка элементов несущего блока производится после выведения МНГС на глубину, где уже построенную часть сооружения можно опустить на необходимую глубину.

Притапливание фундаментного блока с достроенной частью МНГС производится постепенным заполнением балластных емкостей. При этом увеличивается остойчивость сооружения за счет опускания вниз центра тяжести.

Строительство несущего блока ведется с помощью кранов и так называемой подвижной опалубки, поднимаемой вверх по мере отвердения и упрочнения бетона. Если колонны конструктивно оформлены из стержней, то монтаж их ведется из секций, доставляемых с береговой базы на баржах. На период проведения работ МНГС закрепляется якорной системой, что позволяет удерживать его в заданном месте весь период выполнения строительных работ.

После окончания работ по строительству опор несущего блока, если обеспечивается необходимая плавучесть сооружения, на его верхнюю часть может быть установлена палуба верхних строений (блок).

Требования к установке палубы верхних строений на несущий блок, подготовке к выводу МНГС из береговой или прибрежной базы, его транспортировке в открытом море подробно рассмотрены в следующих разделах.

2.6 Технология строительства стационарных МНГС в условиях открытого моря

Сооружение морской нефтегазовой платформы (МНГС) состоит из ряда операций, проводимых как на суше (береговой и прибрежной базе), так и непосредственно в условиях открытого моря. Рассмотрим последовательность выполнения работ в открытом море. Они включают в себя:

- вывод МНГС в открытое море из береговой или прибрежной базы;
- установку МНГС (или МНГС совместно с баржей) в положение, при котором обеспечивается необходимая плавучесть и остойчивость;
- подготовку МНГС к транспортировке, в том числе подбор и расстановку буксиров;
- транспортировку МНГС к месту установки (монтажа);
- позиционирование МНГС на плаву над «точкой» установки;
- опускание МНГС на заданную глубину и установка его на фундаментный блок или на свайные опоры;
- закрепление МНГС на фундаменте;
- установку блока верхних строений на несущий блок, если блок верхних строений не был установлен на прибрежной базе;
- соединение коммуникаций (трубопроводов, кабелей, шлангов), расположенных на платформе, и коммуникаций, имеющихся на дне (трубопроводов, кабелей).

Необходимо понимать, что работы по возведению фундаментного блока или установке свайных опор в открытом море должны быть завершены к моменту начала подготовки МНГС к транспортировке.

2.6.1 Подготовка к выводу МНГС из береговой или прибрежной базы

Еще до момента вывода конструкции в открытое море с ней должен быть проведен ряд операций на прибрежных строительно-монтажных площадках. Данные операции должны проводиться в закрытых акваториях, чтобы избежать воздействия волн и течений.

Важно до начала транспортировки определить положение метацентра (точки конструкции, вокруг которой происходят маятниковые колебания), которое должно быть выше центра тяжести сооружения. В случае транспортировки конструкции с применением pontонов (балластных цистерн), необходимо также определить угол затопления – угол, при котором вода начнет поступать в вентиляционные отверстия балластных цистерн.

Кроме того, необходимо провести комплекс мероприятий по подготовке баржи и самой конструкции МНГС к транспортировке. Следует подготовить устройства для

установки и закрепления МНГС на барже; замерить расстояние между опорными точками; определить точный вес сооружения и положение центра его тяжести (ЦТ).

Выбор баржи должен осуществляться таким образом, чтобы размеры ее грузовой палубы обеспечивали возможность свободной установки на нее МНГС, а грузоподъемность – сохранение плавучести и остойчивости комплекса баржи совместно с МНГС.

2.6.2 Постановка МНГС на баржу или воду

Баржа пришвартовывается к причалу с последующей обязательной ее анкеровкой. Это делается для блокировки возможного перемещения баржи во время погрузки на нее частей МНГС. При малых глубинах акватории и качественной предварительной подготовке дна водоема возможно применение дополнительной балластировки баржи. Современные лихтеры оснащены кессонами и насосным оборудованием, позволяющими изменять осадку судна. Данная особенность может быть использована для постановки баржи на мель. При этом судно принимает максимально устойчивое положение.

Перемещение конструкции с причала на лихтер осуществляется по специальным путям с применением многоосных колесных или гусеничных тележек. Усилие, необходимое для перемещения части конструкции МНГС на тележке, создается лебедкой, расположенной на самом судне. При этом баржа должна располагаться строго перпендикулярно к причалу. Перемещение конструкции МНГС также может осуществляться с помощью самоходных тележек, оснащенных собственными двигателями. Данный вариант погрузки позволяет ускорить процесс постановки конструкции на палубу баржи, обеспечивая высокую безопасность работ. Кроме того, погрузка частей конструкции МНГС на судно может быть выполнено с помощью кранов-перегружателей или плавучих кранов.

На рисунке 2.15 представлены работы по погрузке секций МНГС на судно с помощью лебедки и крана соответственно.



Рисунок 2.15 – Погрузка частей конструкции МНГС на баржу

Выведенные на воду МНГС как гравитационные (железобетонные в металлической облицовке), так и стержневые обязательно закрепляются якорной системой во избежание свободного дрейфа сооружения под воздействием ветра. Это необходимо для предотвращения возможной посадки МНГС на мель при свободном дрейфе (смещение МНГС с мели является крайне сложной задачей). Удерживающие канаты при этом должны быть максимально натянутыми, вследствие того, что перемещение МНГС огромной массы даже при малых скоростях может привести к разрыву канатов и выдергиванию якорей.

2.6.3 Транспортировка МНГС

Перемещение МНГС от прибрежных баз или портов до места ее установки представляет собой комплекс сложных задач, необходимость тщательной проработки которых определяет всю успешность мероприятия по транспортировке.

Перед началом работ разрабатывается специальный проект транспортировки, в котором изучаются все возможные технологические схемы буксировки конкретного МНГС.

В зависимости от конструктивного исполнения МНГС может быть применен один из двух методов доставки его к месту установки:

- 1) на специальных баржах, с последующей разгрузкой плавучими кранами, обладающими необходимой грузоподъемностью;
- 2) буксировкой самого МНГС за счет собственной плавучести конструкции.

Кроме того, в современной практике встречаются ситуации, когда перемещение опорных частей каркасных конструкций и верхних строений МНГС осуществляется на базе трубоукладочных судов. Примером служит судно «Pioneering Spirit» (рисунок 2.16).

Рассмотрим более подробно описанные варианты. В первой ситуации буксировка баржи с МНГС может осуществляться как одним буксирующим судном, так и несколькими, расположенными по периметру транспортируемого объекта. Количество буксиров определяется расчетным путем и зависит от массы и габаритов перемещаемого сооружения.

Второй способ может быть применим для конструкций с положительной плавучестью. Для данного метода характерны как преимущества – отсутствие операций по установке конструкций на барже, так и недостатки – большая чувствительность к гидродинамическому воздействию потока воды (волн, течений) и, как следствие, зависимость от погодных условий, а также низкая скорость транспортировки. Применение временных плавучих кессонов или pontонов может устраниить некоторые недостатки данного метода. Однако это накладывает новые ограничения, связанные с вопросами соединения поддерживающих элементов с основной конструкцией. Для решения обозначенных проблем широкое применение на практике также находит метод транспортировки МНГС с

положительной плавучестью на базе транспортно-спусковых барж. Данный способ гарантирует высокую безопасность во время транспортировки, позволяет достичь большей скорости транспортировки МНГС за счет меньшего сопротивления корпуса баржи о воду. Кроме того, не требует привлечения дополнительных грузоподъемных устройств, кранов на момент разгрузки МНГС за счет регулирования плавучести как самого судна, так и конструкции МНГС.

В процессе транспортировки частей МНГС на базе трубоукладочного судна выделяют два основных этапа: погрузка конструкции сооружения на баржу; перевалка конструкции МНГС с баржи на судно. На втором этапе лихтер подводится к корме и стыкуется с П-образной рамой, выступающей за габариты судна. При помощи лебедок по специальным путям конструкция перемещается с баржи на раму трубоукладочного судна, а затем закрепляется на нем. После чего судно начинает движение в сторону места установки стационарной платформы.

На рисунке 2.16 представлен процесс транспортировки верхней конструкции платформы на «Pioneering Spirit».



Рисунок 2.16 – Перевозка верхней конструкции платформы на судне «Pioneering Spirit»

Далее представлены схемы расстановки буксиров и судов обслуживания при транспортировке МНГС различными способами. На рисунке 2.17 показана схема расстановки судов при выводе МНГС из закрытой акватории с применением одного судна буксировщика и нескольких страхующих судов.



Рисунок 2.17 – Расстановка судов при выводе МНГС из прибрежной базы

После вывода МНГС в открытое море производится расстановка буксиров в строгом соответствии с проектом буксировки. На рисунке 2.18 можно наблюдать процесс транспортировки плавучей платформы.



Рисунок 2.18 – Схема расположения судов при транспортировке МНГС

После достижения места установки МНГС производится спуск его на воду (если МНГС находилось на судне) с последующим позиционированием над «точкой» установки. После чего начинается процесс заполнения балластных емкостей МНГС водой с постепенным погружением сооружения до проектных отметок.

2.7 Установка стационарных МНГС на морское дно в рабочее положение. Установка верхних строений МНГС на несущий блок

2.7.1 Подготовка основания и устройство фундамента

Подготовка основания для МНГС гравитационного типа заключается в двух основных видах работ:

- выравнивание поверхности дна;
- отсыпка и планировка сыпучих материалов в случае невыполнения выравнивания.

Объем подводно-технических работ, в первую очередь земляных и каменных, определяется по объемной форме выемки. При этом весь объем выемки разбивается на элементарные геометрические фигуры, объемы которых легко рассчитываются.

Фундамент для стационарных сооружений может устанавливаться на ранее подготовленное основание как в виде самостоятельной конструкции, так и в виде объединенной с несущим блоком части платформы. В первом случае фундамент доставляется отдельно от всего МНГС, а во втором – совместно с ним.

Доставку несущих блоков и блоков верхних строений можно осуществлять только после полной готовности как основания, так и фундамента, на которые далее будут устанавливаться блоки (рисунок 2.19).



Рисунок 2.19 – Блок МНГС, доставляемый к месту установки

Несущие блоки МНГС, устанавливаемые на фундамент или основание, могут быть выполнены в виде:

- отдельных монолитных блоков;
- укрупненных конструкций, объединённых с частью фундаментного блока;
- колонн;
- стержней, имеющих опорные и усиливающие элементы.

2.7.2 Технология установки верхних строений на несущий блок в закрытой акватории

Установка блока верхних строений (БВС) на верхний срез несущего блока, удерживаемого в заданной точке якорной системой, как правило, производится в акватории, закрытой от прямого воздействия волн и течений. Основным условием, позволяющим устанавливать БВС на несущий блок, является обеспечение плавучести и остойчивости объединённой конструкции БВС и несущего блока.

Плавучесть конструкции обеспечивается за счет полостей-кессонов в нижней части несущего блока (рисунок 2.20). Заполняя те или иные объемы можно регулировать глубину погружения нижнего среза блока, тем самым уменьшая или увеличивая расстояние от верхнего среза несущего блока до поверхности воды.

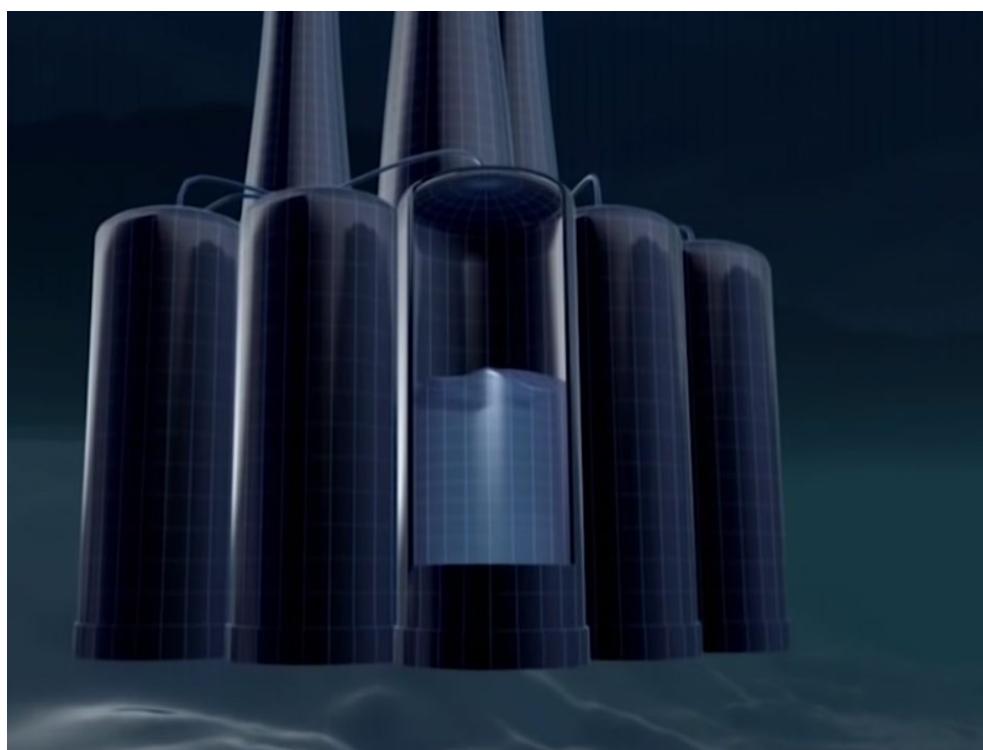


Рисунок 2.20 – Несущий блок в закрытой акватории

Транспортировка БВС к несущему блоку осуществляется на барже после надежной фиксации конструкции на судне (рисунок 2.21). К этому моменту несущий блок притапливается и опускается вниз. При этом расстояние от нижнего среза до дна должно быть таким, чтобы при погрузке БВС было обеспечено минимальное расстояние, при котором возможна транспортировка объединенной конструкции несущего блока и БВС.

Далее с помощью плавучего крана аккуратно перемещают БВС с баржи на несущий блок, закрепляют стыковочные узлы и поднимают всю конструкцию в расчетное положение

для транспортировки к месту установки МНГС в рабочее положение. Подъем производится вновь за счет плавучести несущего блока, достигаемой за счет откачки воды из емкостей-кессонов.



Рисунок 2.21 – Погрузка и установка БВС на несущий блок



Рисунок 2.22 – Буксировка объединенного МНГС к месту установки на точку

Вся технология по установке БВС на несущий блок нуждается в проведении ряда предварительных измерительных и расчетных действий:

- 1) определение с большой точностью весовых характеристик как несущего блока P_1 , так и БВС P_2 ;
- 2) определение положения центров тяжести несущего блока и БВС;
- 3) определение плавучести несущего блока и оценка её изменения при

заполнении/опорожнении балластных цистерн (ёмкостей-кессонов);

- 4) выполнение процедуры кренования, которая должна выявить практически допустимые наклонения МНГС при его транспортировке в открытом море;
- 5) расчет необходимой плавучести и проверка остойчивости объединенного МНГС.

2.7.3 Установка БВС на несущий блок в открытом море

Технология установки БВС в открытом море состоит из двух основных этапов – доставка БВС к месту установки и, собственно, установка БВС на несущий блок.

1. *Доставка БВС к несущему блоку*, уже установленному на рабочую точку, осуществляется только с помощью плавсредств, специально предназначенных для перевозки тяжеловесных грузов. Это могут быть самоходные баржи, оснащенные кранами с достаточной для выгрузки БВС и установки его на несущий блок, и баржи большой грузоподъемности, не оснащенные кранами.

2. *Установка БВС на несущий блок*. Перед установкой БВС на несущий блок его верхний срез должен быть подготовлен таким образом, чтобыстыковочные устройства несущего блока и БВС были расположены в точном соответствии всех мест соединений.

Стыковочным узлом является соединение по конструкции «труба в трубе». Конструктивная схема стыковочного узла сделана с конусообразным нижним концом для более простого попадания в приемное углубление. В качестве приемного углубления могут использоваться верхние концы трубчатых несущих стержней (рисунок 2.23).

Стыковочные патрубки играют большую роль в обеспечении надежной работы всего МНГС, так как они держат весь БВС в период его транспортировки, а также после установки на несущий блок. Поэтому необходим расчет прочности стыковочного узла на все силы, которые возникают в период строительно-монтажных работ, транспортировки и эксплуатации МНГС.



Рисунок 2.23 – Стыковочный узел

Назовем одни из самых важных факторов, которые требуют к себе особого внимания:

- при установке БВС на баржу или на монтажную площадку патрубки должны выдерживать вес блока верхних строений. Для этого необходимо произвести расчет патрубков и мест их закрепления на вертикальную силу, приходящуюся на каждый патрубок в отдельности;
- после определения необходимой площади F , внутреннего и наружного диаметров (d и D соответственно) рассчитывается прочность стыковочного патрубка в опасном сечении на срез и изгиб. Сила среза и изгибающий момент возникают за счет сил инерции при различных подвижках БВС, например, торможении баржи в момент транспортировки конструкции или при наклонах вертикальной оси БВС при волнении моря.

Выполнению работ по установке БВС на несущий блок в открытом море оказывает существенное влияние состояние поверхности моря, работы рекомендуется вести при «спокойной» воде. Кроме того, в отличие от закрытой акватории, где несущий блок притапливается и подводится под БВС, удерживаемый кранами, в открытом море несущий блок стоит на дне. Изменить расстояние между несущим блоком и БВС возможно только с помощью кранов. При этом краны, как правило, работают при «максимальной загрузке», что делает процесс сборки МНГС весьма опасной и рискованной.

Литература

1. Васильев Г.Г., Горяинов Ю.А., Беспалов А.П. Сооружение морских трубопроводов: Учеб. для вузов. – М.: Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина, 2015. – 200 с.: ил.
2. Бородавкин П.П. Морские нефтегазовые сооружения: Учеб. для вузов. Часть 2. Технология строительства. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2007. – 408 с.: ил.
3. Хасанов Р.Р., Гулин Д.А. Онлайн-курс «Строительство магистральных газонефтепроводов» [Электронный ресурс] // Образовательная онлайн-платформа «OILEDU». Уфа, 2020. <https://oiledu.ru/courses/ugntu/stroi-magistral-gazonefteprovod.html> (дата обращения: 19.08.2021).
4. СП 378.1325800.2017. Морские трубопроводы. Правила проектирования и строительства.
5. П.П. Бородавкин Морские нефтегазовые месторождения: Учебник для вузов. Часть 1. Конструирование. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2006. – 555 с.: ил.
6. Бетонный завод Омега: подводное бетонирование [Электронный ресурс]. – URL: https://omega-beton.ru/informatsiya/stati/podvodnoe_betonirovanie/ Дата обращения: 23.02.2021
7. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 (с Изменениями № 1,2,3) [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200084538>.
8. Ben C. Gerwick, Jr. Construction of marine and offshore structures/ Ben C. Gerwick, Jr. – San Francisco, California, U.S.A.: CRC Press Taylor & Francis Group, 2007. – P. 803.
9. Морские инженерные сооружения. Ч. 1. Морские буровые установки: Учебник / Р.В. Борисов, В.Г. Макаров, В.В. Макаров, В.С. Никитин, А.С. Портной, А.С. Симоненко, В.Ф. Соколов, И.В. Степанов, О.Я. Тимофеев: Под общ. ред. В.Ф. Соколов, СПб.: Судостроение, 2003. – 535 с., ил.
10. Морские нефтегазодобывающие платформы: история, современность, перспективы. Аналитический обзор. – СПб.: ФГУП «Крыловский государственный научный центр», 2016. – 352 с., ил.
11. НД № 2-090601-006. Правила разработки и проведения морских операций. – СПб.: Российский морской регистр судоходства, 2017. – 163 с.
12. El-Reedy, Mohamed A. (Mohamed Abdallah) Offshore structures: design, construction and maintenance / Mohamed A. El-Reedy. – Waltham, MA, USA.: Gulf Professional Publishing, 2012. – P. 673.

13. Платформы на бетонном основании гравитационного типа для Арктических условий /INSTOK 13-ая ежегодная Российско-Норвежская нефтегазовая конференция Санкт-Петербург, 2015.
14. Chakrabarti Subrata Kumar. Handbook of Offshore Engineering Vol.1 Oxford: Elsevier Ltd., 2005, 696 p.
15. Нефтяная платформа. Анатомия монстров – [Электронный ресурс]. Режим доступа <https://youtu.be/W-5-zwv3QMs> (дата обращения: 06.03.2021).
16. Нефтяная вышка – Чудеса инженерии – [Электронный ресурс]. Режим доступа <https://youtu.be/U3Bomp90LwI> (дата обращения: 06.03.2021).