

ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ШАГ В БУДУЩЕЕ»

НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ СОРЕВНОВАНИЕ «ШАГ В БУДУЩЕЕ, МОСКВА»

41355

регистрационный номер

Специальное машиностроение

название факультета

Специальное машиностроение - 11

название кафедры

ПРОЕКТ АРКТИЧЕСКОЙ ПОДВОДНОЙ ДОБЫВАЮЩЕЙ

ПЛАТФОРМЫ «СЕВЕР»

название работы

Автор:

Гостев Серафим Александрович

фамилия, имя, отчество

ГБОУ «Бауманская инженерная школа № 1580»,
8 класс «Д»

наименование учебного заведения, класс

Научный руководитель:

Безенков Юрий Владимирович

фамилия, имя, отчество

ГБОУ «Бауманская инженерная школа № 1580»

место работы

ассистент кафедры сунц-2, учитель физики

звание, должность

подпись научного руководителя

Москва – 2024

ПРОЕКТ АРКТИЧЕСКОЙ ПОДВОДНОЙ ДОБЫВАЮЩЕЙ ПЛАТФОРМЫ «СЕВЕР»

Аннотация

Освоение месторождений нефти, газа и других полезных ископаемых открытых арктических зон связано с применением нетрадиционных технологий и новых технических решений.

Актуальность: ресурсный потенциал арктической зоны России огромен. Сложность процесса поиска и добычи полезных ископаемых в суровых условиях Арктики приводит к принятию самых неожиданных решений.

Предметом исследования является добывающие платформы, работающие в арктической зоне России. **Цель работы** состоит в разработке проекта добывающей платформы, которая функционирует, находясь под поверхностью ледового покрова арктической зоны России, безопасной и позволяющей выполнять функцию буровой и исследовательской станции.

В работе использованы такие **методы и приёмы** как: анализ существующих объектов нефтегазодобычи, теория проектирования объектов океанотехники и конструирования нефтедобывающих платформ, общие размеры устройства и выбор подходящей концепции осуществлено эмпирическим методом изучения.

В результате исследований выявлены достоинства и недостатки имеющихся буровых в зоне Арктики и предложен проект технологического устройства, обеспечивающего экологическую безопасность при бурении и разработке месторождений полезных ископаемых северных морей. Платформу «СЕВЕР» предлагается расположить под толщей льда. Она совмещает функции буровой, эксплуатационной и исследовательской станций.

Вывод: разработанная модель добывающей платформы «СЕВЕР» является перспективной идеей для создания универсальной буровой, эксплуатируемой в условиях Арктики. Данная проектная модель не предусмотрена для проведения опытов в реальных условиях Арктики, поэтому планируется разработка масштабной модели, которая сможет пройти испытания.

Содержание

Введение.....	4
Глава 1. Освоение Арктики.....	7
1.1. Стратегические перспективы освоения арктической зоны России...	7
1.2. Анализ действующих добывающих платформ России.....	14
Глава 2. Проект «СЕВЕР».....	24
2.1. Основная идея плавучей станции и платформы.....	24
2.2. Устройство платформы «СЕВЕР».....	25
Глава 3. Система обеспечения безопасности.....	28
3.1. Производственная безопасность платформы.....	28
Заключение.....	31
Список используемых источников.....	32

Введение

«Арктика – важнейший регион, который будет обеспечивать будущее России. Возможности РФ будут прирастать ... Теперь такая возможность появилась»

В.В. Путин

В августе 2023 года, побывав в экспедиции на Северном полюсе в рамках проекта «Ледокол знаний-2023», я получил много новых и полезных знаний в области освоения Российской Арктики. Готовясь к экспедиции, я изучал историю исследования арктического шельфа русскими учёными и путешественниками, обзор современных технологий, предусмотренных для работы в суровых северных условиях, возможности ледокольного флота России, но больше всего меня заинтересовала тема исследования и добычи полезных ископаемых арктической зоны Российской Федерации (РФ).

Идеей освоения Арктики в России увлекались ещё с давних времён. М.В. Ломоносов предвидел исторический путь России – путь освоения несметных богатств Русского Севера. Сегодня ни для кого не секрет, что огромные материковые запасы нефти, газа и многих других полезных ископаемых истощаются. По экспертным прогнозам, при существующих темпах добычи на материке Россия выработает нефтяные запасы за 30 лет, в связи с чем освоение арктического шельфа становится наиболее актуальным.

В мировой экономике всё шире используются возобновляемые источники энергии, но ископаемые виды топлива по-прежнему будут доминировать на мировом энергетическом рынке. **Актуальность** обусловлена тем, что ресурсный потенциал арктической зоны РФ огромен. Здесь находится 91 % природного, а также 80 % газа промышленных категорий, углеводородное сырьё, 90 % – апатитов, 85 % – никеля, 60 % – меди, 50 % – вольфрама, около 90 % запасов золота и серебра, 99 % – алмазов и многое другое. В акватории морей открыто множество месторождений нефти и газа и много ещё неоткрытых залежей арктической зоны нашей страны.

Объектом исследования является добыча нефти, газа и других полезных ископаемых в условиях арктического шельфа.

Предметом исследования являются добывающие платформы, работающие в арктической зоне России.

Цель работы состоит в разработке проекта добывающей платформы, которая функционирует, находясь под поверхностью ледового покрова арктического шельфа, экологически безопасной и позволяющей выполнять функцию не только буровой, но и исследовательской станции.

Для достижения цели нужно решить следующие **задачи**:

- сбор и анализ данных об особенностях природных условий и составе ресурсной базы Арктики;
- изучение и анализ данных о морских и шельфовых месторождениях для морей не замерзающих, а также находящихся под толщей льда;
- анализ функционирующих буровых Российской Арктики, выявление их достоинств и недостатков;
- установление наиболее подходящей конструкции и выбор места планируемой установки платформы;
- выбор габаритных размеров и особенностей расположения внутренних помещений платформы.

После изучения соответствующей литературы по теме и ряда консультаций с ведущими специалистами Росатома, а также с капитаном Д.В. Лобусовым и членами команды атомного ледокола «50 лет Победы», выдвинута **гипотеза**: если сделать верные расчёты конструкции и произвести правильный выбор материалов станции, учитывая нахождение её в течение долгого времени подо льдами северных морей, то можно допустить, что предложенный проект добывающей платформы станет отправной точкой для будущих добывающих станций Российской Арктики.

Для решения задач использованы следующие **методы исследования**: в виду отсутствия реализованных решений и проработанных проектов подводной арктической добывающей станции, в исследовании используется теоретический метод, основанный на анализе существующих морских объектов нефтегазодобычи, теория проектирования объектов океанотехники и

конструирования нефтедобывающих платформ. При этом габаритные размеры и выбор подходящей концепции осуществлено эмпирическим методом изучения.

Теоретическая значимость работы заключается в том, что предложено решение главной проблемы арктических добывающих платформ – взаимодействие со льдами и работа в суровых условиях Арктики. Результаты могут быть использованы в качестве перспективной идеи проектирования технического средства для освоения арктической зоны России, расположенного в зоне дрейфующего льда Северного Ледовитого океана. Использование подобной станции может иметь экономическую выгоду для государства и стать средством технологического роста страны. Основная идея проекта – местоположение добывающей платформы – под толщей льда – предложено впервые и не имеет аналогов современности.

Работа состоит из трёх частей. Первая посвящена освоению Арктики, на какой стадии развития технического прогресса мы находимся, а также анализ действующих добывающих арктических платформ. Вторая глава рассказывает об основной идее проекта, об устройстве добывающей платформы, а также содержит необходимые расчёты. В третьей главе содержатся данные о системе обеспечения безопасности.

ГЛАВА 1. ОСВОЕНИЕ АРКТИКИ

1.1. Стратегические перспективы освоения арктической зоны России

На бескрайние просторы ледяной пустыни Арктики претендуют сразу несколько стран: Россия, Канада, Норвегия, Дания, США, Исландия, Швеция и Финляндия. Ведущую роль в битве за Север играют Россия, США, Канада, Дания и Норвегия (рис. 1.1). В начале XXI века на некоторые районы российского сектора Арктики стали претендовать другие страны, внимание которых было обращено к богатству энергоресурсами и полезными ископаемыми. Спустя 20 лет Россия вновь возвратилась в Арктику, однако инфраструктура региона была в упадке.

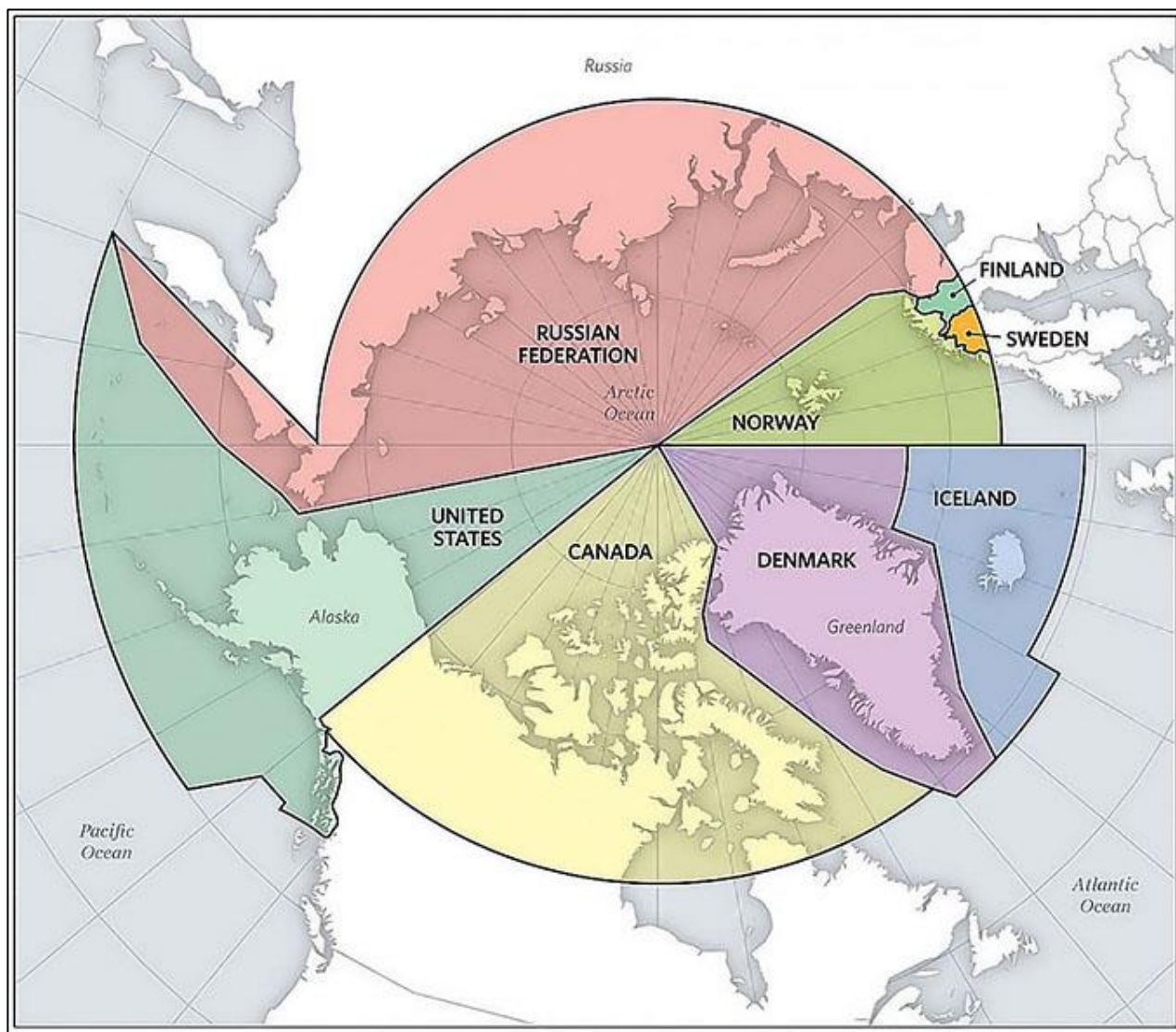


Рис. 1.1 Карта разделения Арктики на секторы между ведущими странами.

Арктика богата энергоресурсами и полезными ископаемыми. К примеру, общие запасы нефти в Арктике оцениваются Геологической службой США в 90 млрд. баррелей, при этом России принадлежат два из трёх самых перспективных арктических шельфа – шельф Карского моря (общие запасы 90 млрд. баррелей, разведано – 18 млрд. баррелей) и шельфы Баренцева и Печорского морей (общие запасы – 55 млрд. баррелей, разведано 30 млрд. баррелей).

Сегодня на арктическом шельфе России разведано более двадцати крупных нефтегазовых месторождений, в половине из которых подтверждено наличие прогнозируемого количества запасов углеводородов. Арктическая зона России также богата золотом, медью, никелем, вольфрамом, ураном и алмазами.

Ситуация усложняется тем, что арктические условия характеризуются физическими проблемами. К особенностям, препятствующим обеспечению энергетической безопасности, можно отнести следующее:

- тяжелые и длительные климатические условия (средние температуры холодного периода составляют: -2°C – -25°C на юге и до -60°C на севере);
- ограниченный диапазон используемых видов энергоресурсов;
- сложность строительства капитальных строений;
- необходимость использования технических средств, изготовленных специально для условий Арктики.

Российская арктическая зона обладает большими перспективами развития добычи полезных ископаемых в таких местах, как например, практически неосвоенная территория северных улусов Якутии, на Таймыре и в Карелии. На Чукотке и в Архангельской области предполагается небольшой рост добычи.

Проведя анализ данных по развитию энергетики в арктической зоне был составлен сводный перечень сильных и слабых сторон. Эти данные доказывают актуальность разработки в арктической зоне России. Результаты исследования приведены в таблице 1 в виде swot-анализа с выявлением сильных и слабых сторон и возможностей.

Таблица 1. — Анализ факторов, влияющих на развитие энергетики в Российской Арктике

Сильные стороны	Возможности
Большие запасы полезных ископаемых и биологических ресурсов	Рост статуса России как мировой державы
Открытый выход к Мировому океану	Развитие промышленного рыболовства
Наличие развитых портовых мощностей	Рост экспорта газа и нефти в различные страны мира
Самый большой атомный ледокольный флот в мире	Использование Северного морского пути для транспортировки грузов
Опыт строительства технических сооружений в условиях Арктики	Перераспределение грузопотоков из европейский портов
Слабые стороны	Угрозы
Неудовлетворительное развитие транспортной и портовой инфраструктуры	Отсутствие долгосрочной государственной программы стимулирования разработок теории решения изобретательских задач
Тяжёлые климатические условия для строительства и эксплуатации добывающих станций	Санкции, наложенные на Россию и отсутствие сотрудничества с зарубежными странами
Высокие расходы на строительство и эксплуатацию	
Ограниченный доступ к станциям, зависимость от ледокольного обеспечения при проводке судов	Слабый интерес крупных госкорпораций к теме освоения месторождений арктического шельфа, компаниям выгоднее выкачивать из старых скважин
Отсутствие нефтегазопроводов в регионе	

Следовательно, несмотря на наличие слабых сторон, арктический регион обладает целым рядом экономических и природных условий, при которых он является источником для активного развития экономики России.

Развитие энергетики в российской Арктике – актуальная государственная задача и одно из важнейших направлений современной государственной политики.

Таким образом, в Арктическом регионе России скрыт огромный энергетический потенциал, и заключается он не только в больших запасах угля, нефти и газа, но и в возможности добывать энергию инновационными способами. В настоящее время потенциал Арктического региона России не раскрывается полностью из-за суровых климатических условий и недостаточного развития техники. Но есть надежда, что в будущем Арктика станет одним из основных производителей энергии в России.

В рамках программы «Воспроизводство и использование природных ресурсов» были организованы международные экспедиции на Новосибирские острова в 2011, 2013 и в 2015 годах. В ходе этих экспедиций, совместно с Российской Академией наук, впервые выполнены палеомагнитные исследования. Доказано, что архипелаг Де-Лонга не является самостоятельной структурой, а вместе с архипелагом Анжу образует единый континентальный блок, который можно проследить и в глубоководной акватории. В итоге за тектоническую карту арктической территории отвечает российская сторона. В эту карту включены перспективы нефтегазоносности осадочных толщ в Арктике и карты оценки неразведанных запасов нефти и газа.

Ученые из Научно-исследовательского института аквариума залива Монтерей (Калифорния, США) просканировали дно шельфа моря Бофорта, омывающего Канаду и Аляску (рис. 1.2). Работа показала, как таяние вечной мерзлоты под водой у берега Северного Ледовитого океана воздействует на морское дно.

Сокращение льдов Арктики объясняется повышением среднегодовой температуры из-за изменения климата в результате деятельности человека.

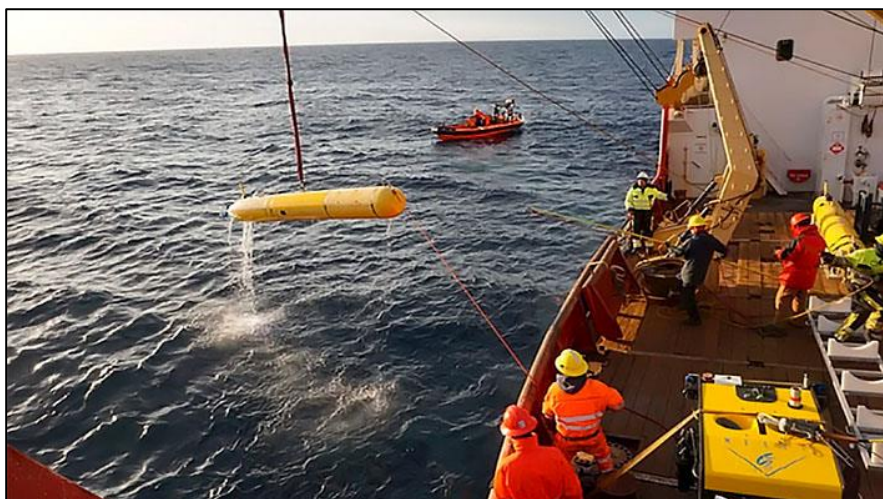


Рис. 1.2 Подъём автономного подводного аппарата после картирования морского дна Северного Ледовитого океана.

Об арктическом регионе немного долгосрочных данных о температуре морского дна, но цифры не показывают тенденции к потеплению. Изменения рельефа морского дна вызваны теплом, переносимым медленно движущимися подземными водами. На рис. 1.3. представлена гистограмма анализа рельефа дна Арктики, где видно, что перепады высот достигают более 80 м, но в основном преобладают равнины. Самые глубокие моря на Дальнем Востоке (море Лаптевых и Восточно-Сибирское море), а также наблюдается существенный перепад глубины во всей Арктике.

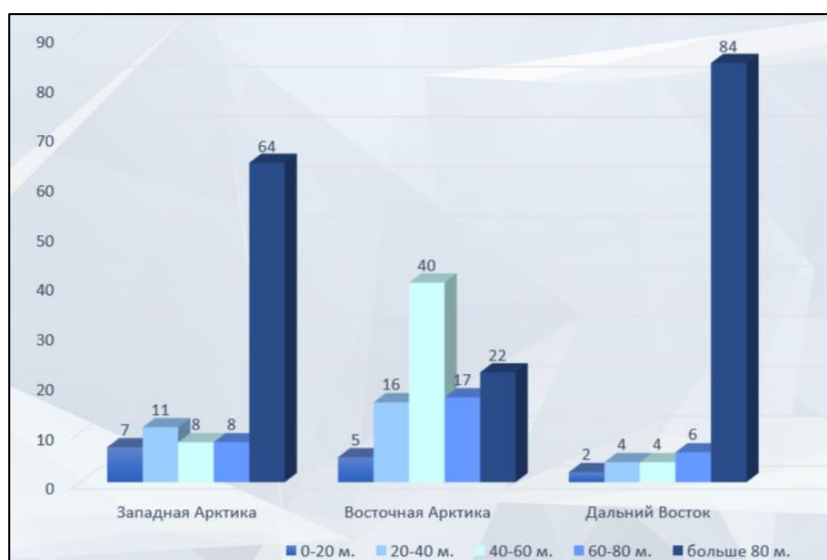


Рис. 1.3 Гистограмма анализа рельефа дна подводной части морей Арктики

Нужно отметить, что доступ к месторождениям неодинаков, есть места с лёгкой досягаемостью, но есть и труднодоступные места, где морская и ледовая обстановка затрудняют процесс добычи. Чтобы иметь полноценное представление о ледовой обстановке, обратимся к анализу толщины льда. Данные о состоянии ледового покрова Арктики представлены в таблице 2.

Таблица 2. — Анализ толщины льда Арктики и Дальнего Востока

Акватория	Наличие многолетних льдов/айсбергов	Средняя максимальная толщина ровного ледового поля, м	Усреднённая длительность для ровного ледового поля различной толщины, недель					
			Открытая вода или сплочённость льда менее 10%	Условная толщина ровного ледового поля (без учёта увеличения толщины льда при торошении)				
				Менее 0,3 м	Менее 0,6 м	Менее 1 м	Менее 1,4 м	1,4 м и более
Баренцево море (Ю)	Нет	0,9	13	10	4	10	10	5
Баренцево море (СВ)	Есть, часто	1,5	13	4	6	10	9	10
Карское море (ЮЗ)	Нет / редко	1,2	9	10	6	6	6	15
Карское море (СВ)	Есть, часто	1,8	3	6	5	3	2	33
Море Лаптевых	Есть	2,0	10	3	6	7	5	21
Восточно-Сибирское море	Есть	2,3	9	4	5	6	8	20
Чукотское море	Редко	1,8	12	3	5	6	8	18
Берингово море	Нет	1,2	30	3	5	12	2	0
Охотское море	Нет	1,2	26	4	6	14	2	0
Японское море (С)	Нет	0,4	40	8	4	0	0	0

Можно сделать вывод, что западные моря Северного Ледовитого океана более тёплые из-за близости Гольфстрима и имеют небольшие глубины, поэтому они наиболее доступны для добычи. Напротив же, восточные моря практически круглый год находятся в ледовом «плёну».

В последние десятилетия наблюдается активное таяние арктических льдов, что отражено на аэрокосмических снимках за 1984 и 2019 гг. На Рис. 1.4 хорошо видно, как сокращается ареал арктических льдов.



Рис. 1.4 Сокращение льдов Арктики

1.2. Анализ действующих добывающих платформ России

Морские нефтегазодобывающие платформы в условиях Арктики подвергаются воздействию ледовых образований повышенной прочности и толщины, а также влиянию интенсивного ветра и волнения. Неблагоприятным фактором, влияющим на прочность и надежность конструкций платформ, является и низкая температура воздуха, способствующая образованию хрупких разрушений стальных конструкций.

Выбор архитектурного и конструктивного оформления морского нефтегазового сооружения предопределяется, прежде всего, толщиной ледового покрова и глубиной моря. Весьма важной является проблема создания ледостойких плавучих буровых установок (ЛПБУ). Приступая к проекту морской добывающей платформы, полезно рассмотреть имеющиеся типовые проектные решения. Известно достаточно много технических решений таких сооружений, обладающих определенными преимуществами и недостатками.

Рассмотрим некоторые из известных разработок подводных буровых установок, приспособленных к работе при низких температурах.

Все многообразие морских буровых установок четко разделяется на две группы (рис. 1.6): системы, закрепленные на дне моря – стационарные, а также швартуемые и привязанные плавучие системы – мобильные. Также они различаются на платформы, предназначенные для мелководья и для глубоководной добычи. Разберём основные типы буровых (рис. 1.5.).

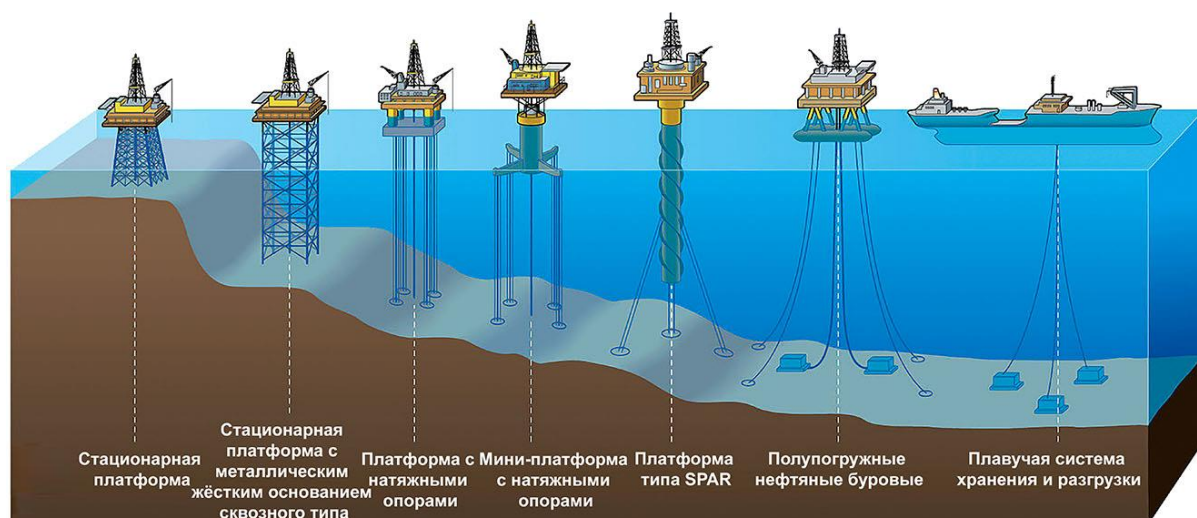


Рис. 1.5. Типы нефтяных платформ



Рис. 1.6. Схема типов морских буровых установок

Стационарные платформы

Они состоят из опорного блока и палуб. Блок представляет собой высокую вертикальную секцию из стальных труб, закрепленных на дно с помощью свай – ферму. В состав верхних строений входят как жилые помещения для команды, так и буровое оборудование. Стационарные платформы можно разделить на:

1. Бетонные платформы - с бетонным основанием. Необыкновенно плотные пласты глины на большей части морского дна позволяют таким конструкциям на место и оставаться благодаря собственному весу.

2. Стальные платформы – классическая стационарная платформа, используемая наиболее часто, которая состоит из:

- каркас – стальная конструкция, поднимающаяся от морского дна вверх, выше уровня воды;

- палуба – расположена сверху каркаса платформы, на ней размещено оборудование для бурения и добычи;
- сваи – стальные цилиндры, благодаря которым платформа стоит на морском дне;
- колонны (вертикальные секции) – стальные трубы, с помощью которых осуществляется бурение и заканчивание скважин, а также добыча нефти и газа.

3. Гибкие платформы – как и стальные, состоят из трубных элементов и закреплены на морском дне с помощью свай, поддерживающих палубу. Предполагается, что гибкие платформы могут выдержать большие отклонения от вертикали, чем более массивные стационарные платформы.

Искусственные острова разделяют на две группы: грунтовые и ледовые.

1. Грунтовые – применялись для разработки прибрежных морских месторождений, до глубины 32 м. Особо широко распространены на арктическом шельфе Канады и США.

2. Ледовые – максимальная глубина моря до 120 м. Образуют благодаря увеличению ледового слоя до той степени, пока он не сможет удерживать вес необходимого оборудования. По степени утолщения, ядро острова становится все тяжелей и в итоге садится на грунтовое дно.

Мобильные (плавучие) системы

Процентное содержание используемых в данный момент плавучих установок, от общего количества:

- самоподъемные – 53 %;
- полупогружные – 20 %;
- буровые суда – 9 %;
- болотные баржи – 8 %;
- тендерные – 5 %;
- буровые баржи – 4 %;
- погружные – около 1 %.

Это суда либо платформы с натяжным креплением, либо полупогружные основания, на которых установлено добычное оборудование. Они удерживаются на месте с помощью проволочных или синтетических канатов. Так как они довольно интенсивно двигаются как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости, то не допускают установку надводного оборудования, ни бурение. Значительная подвижность в штормящих морях и бурных течениях требует специального оборудования и трубопроводов, которые способствовали бы доставке газа или нефти от устья скважины на дне наверх, на платформу, где расположено добычное оборудование.

Помимо того, что они удерживаются якорным креплением, используются динамические системы стабилизации. Они обеспечивают нужную точность позиционирования для плавучих буровых установок, на глубинах больше 200 м. Они работают либо с датчиками, установленными на судне, либо с Global Positioning System (GPS) и определяют координаты продольного и поперечного перемещения, а также угол поворота относительно заданных неподвижных координат. Эти системы автоматизированы и в определенный момент времени получают данные через обратную связь от внешних датчиков, а уже затем обеспечивают перемещение судна.

Кроме того, реалии физических законов, ограниченная прочность и гибкость материалов делают глубину решающим фактором в выборе системы разработки.

Стационарная платформа сквозной конструкции на свайном основании. У глубоководных платформ на моноблоке сваи и пространственная ферма работают совместно. Принимаются меры по жесткому соединению опорного блока со сваями (цементация межтрубного пространства, соединение сваркой), и в результате нагрузки от верхнего строения воспринимаются и сваями, и опорным блоком.

Платформа с натяжными опорами – это платформа, способная к вертикальному швартову. Плавучая платформа с избыточной плавучестью швартуется вертикально с помощью натянутых швартовых тросов, называемых

сухожилиями (или фалами). Конструкция ограничена по вертикали, что исключает вертикальные движения (крен) и вращательные (тангаж и крен).

SPAR-платформы. Платформы с подводным основанием цилиндрического типа относятся к самым крупным оффшорным установкам, а также к самым современным технологическим решениям для глубоководной добычи. Эти огромные сооружения состоят из большого цилиндра или штанги, поддерживающей типичную верхнюю надстройку буровой. Цилиндрическое основание не простирается до дна, а укреплено на плаву с помощью кабелей и тросов, выполняет задачу стабилизации платформы, учитывая её перемещения на воде.

Полупогружная нефтяная буровая платформа (ППБП) не может перемещаться, так как удерживается якорями массой около 15 тонн. Однако поддержание постоянной нагрузки на плавучей конструкции является трудной и дорогой операцией. ППБП применяют в разведочном бурении на морских нефтяных и газовых структурах и месторождениях в акваториях с глубин 90 – 100 м, когда использование самоподъёмной буровой установки (СПБУ) становится экономически не оправданным, до глубин 200 – 300 м и более. ППБП состоят из верхнего корпуса, стабилизирующих колонн и нижних понтонов. Колонны в верхней части присоединены к корпусу, а в нижней - к понтонам. Понтоны и корпус соединены между собой и с колоннами прочными трубчатыми связями.

Особенность конструкции установки при её погружении в воду – резкое сокращение площади действия ватерлинии, что приводит к уменьшению волновых нагрузок на установку.

АО «Центральное конструкторское бюро (ЦКБ) «Лазурит» в 1999 году запатентовал технологический комплекс добычи. Конструкторское бюро для Публичного акционерного общества (ПАО) «Газпром» представило проект подводного бурового судна «Аквабур» (рис. 1.7).

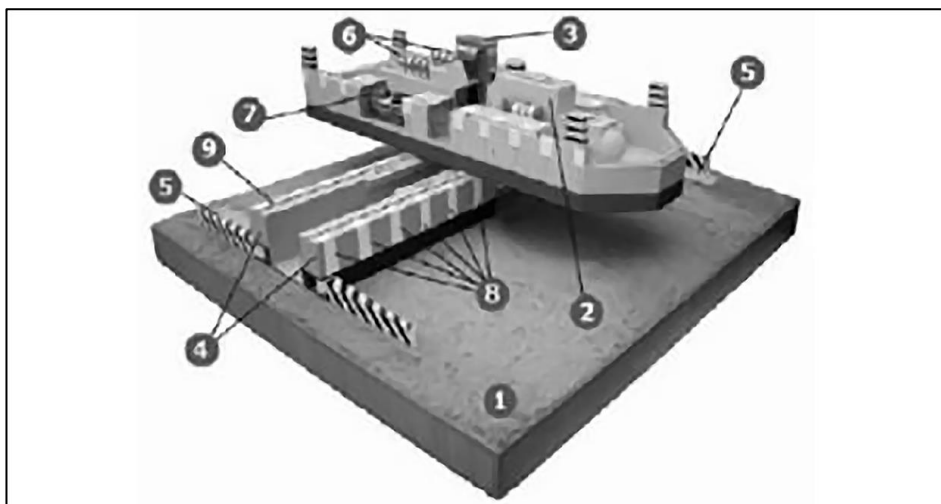


Рис. 1.7. Общий вид подводного бурового комплекса «Аквабур».

1-шельф; 2-спасательная капсула; 3-рубка; 4-направляющие; 5-подводные трубопроводы и силовые кабели; 6-колнтейнеры с расходными материалами; 7-энергетическая установка; 8-скважины; 9-опорная плита.

Подводный буровой комплекс погружного типа предназначен для обеспечения круглогодичного режима ведения буровых работ при освоении месторождений нефти и газа на глубоководном шельфе независимо от климатических условий и ледовой обстановки на поверхности моря.

Подводная буровая установка – это модульный, полностью автоматизированный и роботизированный агрегат. Его управление осуществляется удалённо с использованием компьютеризированного 3D-интерфейса, установленного на судне или берегу. Электрическая энергия и команды управления подаются по гибкому шлангокабелю, который также используется для циркуляции бурового раствора и цемента. Шлангокабель имеет в своем составе отдельные линии для каждой среды.

В 2015 г. стало известно об отечественном проекте «Айсберг» (рис. 1.8). Основным куратором проекта выступает ЦКБ «Рубин», в партнерстве с Опытным конструкторским бюро машиностроения (ОКБМ) «Африкантов», Политехническим университетом Петра Великого, Курчатовским институтом и Институтом проблем нефти и газа РАН.



Рис. 1.8. Общий вид проекта «Айсберг»

Подводный комплекс полностью обеспечивает подводное (подлёдное) освоение месторождений углеводородов в зоне круглогодичного ледового покрова.

Ледовая самоподъёмная буровая установка (СПБУ). Трёхопорная ледостойкая СПБУ (рис. 1.9.) предназначена для глубин моря 10 – 80 м, обеспечивает операционный сезон от 21 недель в сложных ледовых условиях восточной Арктики до 40 недель в акваториях сезонно-замерзающих морей западной Арктики и Дальнего Востока, предельные ледовые нагрузки при глубине 40 м соответствуют ровному ледовому полю толщиной до 1 м и сформированным из него торошенным полям, при глубине 60 м – до 0,8 м, при глубине 80 м – до 0,6 м соответственно. С ростом глубины способность СПБУ противодействовать ледовым нагрузкам падает.



Рис. 1.9. Самоподъёмная буровая установка «Арктическая»

Концептуальный проект СПБУ разработан АО ЦКБ «Коралл», запланированные предпроектные работы предусматривают верификацию устойчивости буровой установки и ее конструктивных элементов (включая опоры и защиту райзера) к ледовым нагрузкам, в том числе в рамках модельных испытаний в ледовом бассейне, возможность снятия СПБУ с точки бурения при различных ледовых условиях с применением и без применения транспортного судна.

Производство и эксплуатация морских ледостойких платформ, которые отвечают самым жестким требованиям безопасности, приспособлены к работе в суровых природно-климатических условиях, спроектированы с расчетом на максимальные ледовые нагрузки.

Платформы с использованием дополнительных подводных добычных комплексов станут форпостами России в освоении арктического шельфа. Данные технические сооружения будут выполнены в полном объеме по

российским технологиям и с использованием российских материалов и сплавов, в том числе и отечественных композитных материалов.



*Рис. 1.10. Морская ледостойкая стационарная платформа (МЛСП)
«Приразломная»*

Как яркий пример возможно привести морскую ледостойкую стационарную платформу «Приразломная» (рис. 1.10.). Предназначена для разработки Приразломного месторождения Печорского моря. В настоящий момент МЛСП «Приразломная» является единственной платформой, которая ведет добычу нефти на российском арктическом шельфе. Платформа расположена севернее поселка Варандей Ненецкого автономного округа в 320 км от Нарьян-Мара. Принадлежит ООО «Газпромнефть шельф». МЛСП «Приразломная» осуществляет бурение, добычу, отгрузку нефти на нефтяные танкеры, вырабатывает собственную электрическую и тепловую энергию. Платформа рассчитана на эксплуатацию в экстремальных природно-климатических условиях, в обстановке дрейфующих ледовых полей, отвечает самым жестким требованиям безопасности.

Рассмотренные установки наглядно показывают возможность бурения скважин с судна. Но малая мощность, отсутствие возможности замены деталей и отсутствие контроля процесса бурения ограничивают их применение на более серьезных работах.

Подводные буровые установки остаются пока только концептами, так как возникает множество проблем при переносе процесса бурения под воду. Но общая концепция уже намечена. Так для многофункционального промысла предпочтение отдается сооружениям обтекаемой формы, способных вместить в себя все оборудование для бурения и эксплуатации скважин, а для разведочного бурения больше подходят сооружения по форме похожие не традиционные подводные лодки, с буровым оборудованием на борту.

ГЛАВА 2. ПРОЕКТ «СЕВЕР»

2.1. Основная идея плавучей станции и платформы

В статье «Подводные добычные комплексы как перспективный тренд в освоении арктических месторождений и некоторые вопросы их электроснабжения», опубликованном в электронном журнале Neftegaz.ru говорится: «В мировой практике использование подводных добычных комплексов (ПДК) нашло широкое применение; к 2016 г. уже насчитывалось более 130 морских месторождениях, где применялись подводные технологии добычи углеводородов. Эта технология (ПДК) основывается на системе подводного заканчивания скважин, устья которых располагаются на морском дне. Например, на шельфе Норвегии внедрены технологии подводной добычи на месторождениях Снёвит и Ормен Ланге. В России ПДК впервые были применены на Киринском месторождении, лицензионном участке ПАО «Газпром».

По мнению профессора Ю.П. Ампилова: «из главных достижений проекта «Сахалин-3» на сегодня – это начало добычи на Киринском месторождении без использования традиционных морских платформ, а с помощью передовых зарубежных подводных технологий – ПДК».

Д.А. Мирзоев, профессор кафедры освоения морских нефтегазовых месторождений РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, считает, что подводные промыслы могут быть полностью автономными, а также применяться в сочетании со стационарными или плавучими технологическими платформами, т.е. как комбинированный промысел.

Несмотря на то, что в мире нет апробированных технологий для подводной добычи в тяжелых ледовых условиях, использование ПДК можно считать возможным решением. Их применение в условиях Арктики не реализовано до настоящего времени, хотя и ведутся предпроектные проработки. Осуществление же проектов для условий хотя бы приближенных к арктическим носит крайне ограниченный характер. Тем не менее, их использование может оказаться полезным, при условии соблюдения определенных ограничений.

2.2. Устройство платформы «СЕВЕР»

Рассмотрим, как влияют различные нагрузки и факторы, действующие на опору и определяющие ее размеры. Для этого будем использовать обобщенные, укрупненные показатели:

- размер верхнего строения (примерно от 60 до 80 м), исходя из концептуального проекта подводной буровой установки определяется необходимостью размещения бытового, рабочего и вспомогательного оборудования и различных помещений. Число помещений напрямую зависит от удаленности платформы от береговой инфраструктуры, коммуникаций и режима навигации в акватории моря;
- количество скважин, обслуживаемых платформой (в среднем 10-20 шт.);
- влияние внешних нагрузок: от волн, ветра, льда, навала судов;
- размеры и местоположение резервуаров для хранения добытых ресурсов.

Исходя из будущей конструкции необходимый клиренс платформы должен составлять не менее 1 м.

Определим из концептуального проекта основание с габаритными размерами примерно 60×80×50.

Определение полезной площади колонны, диаметра, толщины стенки, массы по критерию несущей способности.

Исходные данные:

По концептуальному проекту примем вес строения 50 тыс. т. (491 МН). Такой вес определяется отдаленностью от береговой инфраструктуры, суровыми климатическими условиями (условия крайнего Севера).

Глубина моря в районе установки платформы – не менее 20 м;

Максимальная высота волны – 8 м;

Толщина льда в месте установки – не менее 3 м;

Скорость движения льда – 1,2 м/с;

Количество скважин – 10 – 20.

Определение внутреннего диаметра колонны по количеству скважин в колонне.

Исходя из концептуального проекта, примем количество скважин с платформы равным 10, диаметр составит 0,9 м, а расстояние между осями скважин 2 м. Расстояние от скважины до стенки колонны 1 м. Тогда внутренний диаметр колонны получится: 15 м.

Определение нагрузки от течения.

Для определения нагрузки от течения воды будем использовать методику расчета Российского Морского Регистра Судоходства. «Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ». Сила воздействия течения F_t , Н:

$$F_t = \rho \cdot C_r \cdot 0,5d \cdot v^2 \cdot H,$$

где ρ – массовая плотность воды, т/м³;

C_r – коэффициент скоростного сопротивления преграды;

d – диаметр преграды, м;

v – скорость течения, м/с;

H – глубина моря.

Карское море характеризуется двумя подводными течениями. При этом скорость течения у поверхности воды $v_1 = 1,1$ м/с,

тогда как вблизи дна $v_1 = 0,6$ м/с.

Для цилиндрического опорного блока:

$$F_{t2} = \rho \cdot C_r \cdot 0,5d \cdot v^2 \cdot H = 1 \cdot 0,9 \cdot 0,5 \cdot 16,0 \cdot 1,1^2 \cdot 20,0 = 0,17 \text{ МН}$$

Для прямоугольного опорного основания:

$$F_{t1} = \rho \cdot C_r \cdot 0,5d \cdot v^2 \cdot H = 1,0 \cdot 1,2 \cdot 0,5 \cdot 60,0 \cdot 0,6^2 \cdot 20,0 = 0,25 \text{ МН}$$

Суммарное воздействие течение $F_t = 0,42$ МН.

Определение возможности опрокидывания платформы.

Удерживающий момент M_u , Н·м:

$$M_u = F_{m2} \cdot r,$$

где F_{m2} – сила тяжести, действующая на платформу в полностью погруженном состоянии;

r – плечо.

Опрокидывающий момент:

$$M_0 = M_{F_w} + M_{F_t} + M_{F_v} + M_{F_{c.p}} + F_A \cdot r_a,$$

где r_a – плечо от крайней точки до линии действия силы Архимеда.

Масса платформы, установленной на морское дно:

$$M_{пл} = m_{пл} + m_{б},$$

где $m_{б}$ – масса балласта.

$$M_{пл} = 5299563 + 3000 = 55995,3 \text{ т}$$

Сила тяжести:

$$F_{t2} = M_{пл} \cdot g = 549,3 \text{ МН}$$

Сила Архимеда:

$$F_A = \rho_v \cdot g \cdot V = 519,9 \text{ МН}$$

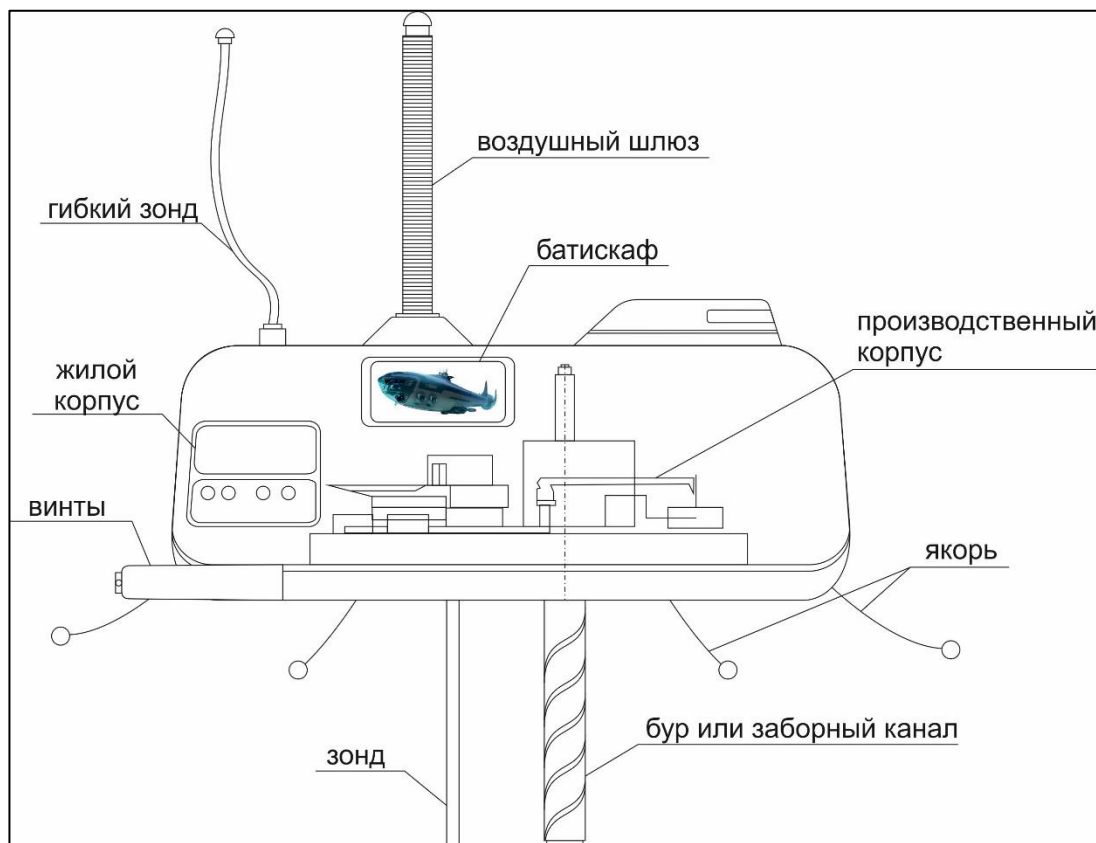


Рис. 2.1. Схема арктической подводной добывающей платформы «СЕВЕР»

На рис. 2.1 представлена схема проектируемой подводной добывающей платформы «СЕВЕР».

ГЛАВА 3. СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

3.1. Производственная безопасность платформы

Социальная ответственность – это сознательное отношение субъекта социальной деятельности к требованиям социальной необходимости. При разработке новых решений должно обеспечиваться: исключение несчастных случаев; защиту здоровья работников; снижение вредных воздействий на окружающую среду; экономное расходование невозобновляемых природных ресурсов.

Рассмотрим факторы производственной безопасности, представленные в таблице 3.

Таблица 3. — Факторы производственной безопасности

Источник фактора Наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003 – 2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Полевые работы:	1.Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе	1.Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	СанПиН 2.2.4/2.1.8.562 - 96
1.Установка платформы на место			
2.Буровые работы	2.Превышение уровней шума и вибрации	2.Работа в условиях низкой температуры	СанПиН 2.2.4 – 548 - 96
3.Работы по извлечению углеводородов	3.Недостаточная освещённость естественным светом	3.Загрязнение рабочей зоны газом и опасными химреагентами	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 - 03
4.Ремонтные и профилактические работы		4.Загорание	СанПиН 2.2.2.540 – 96 ГОСТ 12.1.007-99

Защита от шума и вибрации

Шумом называют комплекс звуков, воспринимаемых органом слуха человека вне зависимости от характера и природы возникновения. Величина шума характеризуется двумя показателями: уровнем звукового давления и эквивалентным (по энергии) уровнем звука. Уровень звукового давления

является показателем постоянного шума на рабочем месте и измеряется в децибелах (дБ). Эквивалентный уровень звука является показателем прерывистого, импульсного шума на рабочем месте и измеряется в децибелах по шкале «А» (дБА).

Длительное воздействие интенсивного шума может вызывать понижение чувствительности слухового аппарата. Через слуховую систему шум оказывает вредное влияние на весь организм и в первую очередь на нервную систему человека. Кроме того, производственный шум мешает рабочему сосредоточиться при выполнении работы и снижает его работоспособность.

Эффективным мероприятием по борьбе с шумом является снижение его в источнике образования.

Предельно допустимые уровни шума представлены в таблице 4.

Таблица 4. — Предельно допустимые значения уровня шума

Рабочее место	Уровни звукового давления, дБ									По шкале
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Цех	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Щит управления	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

Одним из наиболее вредных для человеческого организма производственных факторов является вибрация. Под вибрацией понимается колебание твёрдых тел.

При длительном воздействии вибрации на человека страдают отделы центральной нервной системы, желудочно-кишечного тракта и вестибулярного аппарата человека, а также это приводит к профессиональным заболеваниям, основной из которых является – виброболезнь, признаки которой: головокружение, онемение нижних конечностей и потеря ориентации в пространстве.

Микроклимат

Производственные помещения характеризуются:

- наличием большого количества металлического оборудования;
- повышенной температурой.

Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений представлены в таблице 5.

Таблица 5. — Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Сезон года	Категория работ	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
		По ГОСТ 12.1.005 – 88	По ГОСТ 12.1.005 – 88	По ГОСТ 12.1.005 – 88
Холодный	Средней тяжести	17 – 19	40 – 60	0,3
Тёплый со значительным избытком тепла	Средней тяжести	20 – 22	40 – 60	0,2 – 0,5

Для обеспечения нормального микроклимата предусматривается, в соответствии с Сан ПиН 2.2.4.548 – 96 (1), следующее:

- вентиляция приточно-вытяжная по СНиП 2.04.05 – 91* (28.11.91) установка центробежных вентиляторов. Кратность воздухообмена 1;
- установка систем воздушного отопления, совмещённых с вентиляцией.

В соответствии с Сан ПиН 2.2.4.548 – 96(1) значения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха устанавливаются, для рабочей зоны производственных помещений, в зависимости от категории тяжести выполняемой работы, величины явного избытка тепла, выделяемого в помещении и периода года.

Заключение

У российских компаний имеется ценный опыт по сотрудничеству и производству плавучих технических средств (платформ) для освоения арктического шельфа, ледокольных кораблей, инфраструктурных машин и механизмов, энергетических систем. Производство собственных законченных морских добывающих платформ ведется в недостаточных количествах. Однако технико-технологические наработки заводов, опыт ученых и специалистов, принимавших участие в их разработке и производстве, на сегодня для нашей страны является бесценными.

Освоение шельфовых месторождений является одной из современных проблем, решение которой определяет пути развития нефтегазовых компаний. В свою очередь, разработка конструкций для технических средств представляет собой сложный процесс, с использованием ряда программных комплексов, перспективных и порой даже невысказанных идей.

В данной работе был проведен анализ различных платформ, использующихся как в замерзающих, так и в не замерзающих Арктики. Исходя из анализа, можно сделать вывод о наличии небольшого опыта освоения и разработки углеводородных месторождений на шельфе арктических морей.

В результате обзора классификаций платформ, был определен необходимый тип конструкций для условий арктических вод. Разработанная модель подводной добывающей платформы «СЕВЕР» является перспективной идеей для создания надёжной и универсальной добывающей платформы, эксплуатируемой в условиях Арктики.

Для более детального уточнения разработанной модели выполнен макет в масштабе 1:170. Данная проектная модель не предусмотрена для проведения опытов в реальных условиях Арктики, поэтому планируется разработка масштабной модели, которая сможет пройти испытания в суровых условиях.

Список используемых источников

- 1 **А.И. Варламов, А.П. Афанасенков.** Ресурсный потенциал и перспективы освоения Арктической зоны Российской Федерации // Гос. Аудит. Право. Экономика. – 2017. – №1. – С. 79-87.
- 2 **И.О. Думанская.** Ледовые условия морей европейской части России. – Москва; Обнинск: ИГ-СОЦИН, 2014. – 608 с.
- 3 **И.О. Думанская.** Ледовые условия морей азиатской части России. – М.: Социн, 2017. – 637 с.
- 4 **Ю.В. Косарева, В.В. Бесхижко, С.В. Симакова, А.А. Чесноков.** Подводные добычные комплексы как перспективный тренд в освоении арктических месторождений и некоторые вопросы их электроснабжения // Neftegaz.ru. 2019. №11. С. 26-34.
- 5 **Ч.С. Гусейнов, В.К. Иванец, Д.В. Иванец.** Обустройство морских нефтегазовых месторождений. М.: Изд-во «Нефть и Газ», 2003. 608 с.
- 6 **А.А. Мусабиров.** Разработка и исследование применимости новой конструкции ледостойких платформ на мелководном арктическом шельфе.: дис. канд. техн. наук: 25.00.18. – ФГБОУ ВПО «РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина». – 2013. 119 с.
- 7 **Е.В. Богатырева.** Методы обеспечения безопасности персонала нефтегазовых платформ арктического шельфа.: дис. канд. техн. наук: 25.00.18. ФГБОУ ВПО «РГУ нефти и газа им И.М. Губкина». – 2004. 159 с.
- 8 Наука из первых рук: официальный сайт. – Москва, 2018 – URL: <https://scfh.ru/>
- 9 Деловой журнал «Neftegaz.RU»: официальный сайт. – Москва, 2022 – URL: <https://magazine.neftegaz.ru/>
- 10 Helix Energy Solutions: официальный сайт. – США, 2021 – URL: <https://www.helixesg.com/>
- 11 British Geological Survey: официальный сайт. – Великобритания, 2022 – URL: <https://www.bgs.ac.uk/>