

На правах рукописи



Халикова Дина Флюровна

**МЕТОДИКА ВЫБОРА АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНОГО ТИПА И
ОБЩЕПРОЕКТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАВУЧЕЙ БУРОВОЙ
УСТАНОВКИ ДЛЯ БУРЕНИЯ ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН В
УСЛОВИЯХ МЕЛКОВОДЬЯ**

05.08.03 – Проектирование и конструкция судов

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Санкт-Петербург

2014

Работа выполнена в ФГУП «Крыловский государственный научный центр»

Научный руководитель: **Тимофеев Олег Яковлевич**, доктор технических наук, профессор, ФГУП «Крыловский государственный научный центр», заместитель генерального директора – начальник Арктического инжинирингового центра

Официальные оппоненты: **Тряскин Владимир Николаевич**, доктор технических наук, проректор по учебной работе, ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет»
Бойко Максим Сергеевич, кандидат технических наук, начальник научно-исследовательского отдела, Федерального государственного учреждения «Российский морской регистр судоходства»

Ведущая организация: **Закрытое акционерное общество «Центральный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт морского флота»**, г. Санкт-Петербург

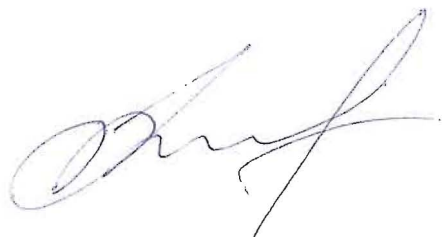
Защита состоится 05.12 2014 года в 10 часов 00 минут на заседании диссертационного совета Д 411.004.01, созданного при ФГУП «Крыловский государственный научный центр» по адресу: г. Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 44.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке ФГУП «Крыловский государственный научный центр» и на сайте <http://krylov-center.ru>.

Автореферат разослан _____

Отзывы просим направлять в 2-х экземплярах по адресу: по почте – 196158, г. Санкт-Петербург, шоссе Московское, д. 44, ФГУП «Крыловский государственный научный центр».

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук



Л.И. Вишневский

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

На мелководном шельфе Российской Федерации (глубина моря 3-8 м) залегает множество перспективных месторождений и структур, богатых углеводородами. В настоящее время в силу ряда сложившихся обстоятельств в России отсутствуют соответствующие технические средства, способные выполнять поисково-разведочное бурение (ПРБ) при малых глубинах моря.

Анализ мирового опыта проведения ПРБ в условиях мелководья показал, что для этих целей на мелководье может использоваться широкий диапазон архитектурно-конструктивных типов сооружений: от искусственных грунтовых/ледовых островов до различных типов плавучих буровых установок (ПБУ).

В периодических публикациях отсутствуют сведения об используемом методическом аппарате, позволяющем достаточно обоснованно и прозрачно выбрать рациональный тип буровой установки в зависимости от условий её эксплуатации.

Анализ актуальных методов оценки сложных технических систем показал, что в полной мере их использование нецелесообразно. В этих методах принятие решения производится в основном по сравнению значений отношений функций полезности к стоимости. Таким образом, критерий «Стоимость» всегда имеет высший ранг. В случае сравнения вариантов буровых установок логично на первые места ставить такие критерии, как «Безопасность», «Экология» и т.п.

Это обстоятельство заставило автора обратиться к многокритериальным оценкам и разработать методический аппарат, позволяющий на ранней стадии проектирования выбирать рациональный архитектурно-конструктивный тип буровой установки с учетом технических, экономических, экологических аспектов и специфических природных условий отечественного мелководного шельфа: малой продолжительности безледового периода и зачастую наличия слабонесущих донных грунтов.

Разработка такой методики на сегодняшний день является актуальной задачей, как в научном, так и в практическом плане, поскольку она позволит обоснованно принимать достаточно ответственные и дорогостоящие управленческие решения.

В качестве апробации разработанной методики была выполнена сравнительная многокритериальная оценка различных технических средств для эксплуатации в перспективном Обско-Тазовском регионе. Рациональным типом в условиях наличия грунтов со слабой несущей способностью, имеющих мощность слоя до 15 м, была признана мелкоячеистая самоподъемная ПБУ (МСПБУ), которая в силу специфики своего архитектурно-конструктивного типа предназначена для бурения в безледовый период.

Специально спроектированных и построенных МСПБУ на сегодняшний день в мире не существует. Методический аппарат по проектированию на ранней стадии глубоководных СПБУ не может быть использован в полной мере, поскольку мелководье привносит свою специфику. Именно поэтому вторая часть диссертационной работы посвящена актуальному вопросу - разработке алгоритма проектирования МСПБУ.

Степень проработанности научной проблемы

В рамках диссертационной работы было рассмотрено достаточно много публикаций российских и зарубежных авторов, посвященных вопросам принятия оптимального управленческого решения в условиях неопределенности, всегда присущей начальным этапам проектирования. Например, таких авторов, как Л.Б. Аксенов, В.А. Блюмберг, В.Ф. Глущенко, Н.Л. Карданская, Э. Мушик, П. Мюллер, А.И. Орлов, В.В. Розен, Т. Саати, Ю.А. Тихомиров, П. Фишберн и др.

Все существующие методики не адаптированы к вопросам выбора рационального типа таких сложных технических сооружений, как буровые установки, поэтому необходим их обоснованный синтез. В основу разработанной методики проведения сравнительной технико-экономической оценки были положены принципы проведения экспертных оценок с использованием метода Делфи. Из метода анализа иерархий Т. Саати была взята только та часть, которая посвящена ранжированию критериев оценки и расчету их весовых коэффициентов. Для расчета комплексных показателей был использован метод аддитивной свертки, который позволил избежать построения большого количества зеркальных матриц. По максимуму комплексных показателей выбирается рациональный вариант.

По результатам проведения экспертной оценки оптимальным типом для бурения поисково-разведочных скважин в условиях слабонесущих грунтов была признана МСПБУ. Основополагающим документом по вопросам нормирования буровых установок и платформ являются Правила Российского морского регистра судоходства. Вопросы прочности конструкций СПБУ отражены в работах: А.А. Алисейчика, И.М. Берхина, И.Н. Галахова, О.Е. Литонова. Гидродинамическим аспектам посвящена диссертация А.Н. Куликовой. Кроме того И.М. Шереметов занимался проблемами взаимодействия СПБУ с донным грунтом.

Поскольку эти труды посвящены в основном глубоководным СПБУ, из их результатов в работе рассмотрены только общие методические подходы к расчетам прочности конструкций при воздействии внешних условий, определению волновых нагрузок и некоторые частные технические решения, которые можно использовать для условий мелководья.

Ведущей организацией по проектированию СПБУ является ЦКБ «Коралл», г. Севастополь (проекты 1540, 15401, 15402, 15402М, концептуальный проект СПБУ для ускоренного бурения эксплуатационных скважин в мелководных районах с коротким навигационным периодом, концептуальный проект глубоководной ледостойкой СПБУ - концептуальные проекты выполнены совместно с ФГУП «Крыловский государственный научный центр»). В 2011 г. Крыловским Центром совместно с ЦКБ «Коралл» был разработан концептуальный проект МСПБУ с использованием наработок автора по настоящей диссертационной работе, и в том же году – концептуальный проект интеграции двух объектов плавучего бурового комплекса (ПБК) «Обский-1» в единое самоподъемное мелкосидящее сооружение.

По результатам всестороннего анализа имеющихся публикаций, касающихся отдельных технических решений, был разработан общий алгоритм проектирования МСПБУ на ранней стадии, учитывающий специфику мелководья и характеристик грунта.

Тематика исследования соответствует специальности 05.08.03 – Проектирование и конструкция судов.

Объектом исследования является деятельность, связанная с проектированием средств океанотехники для бурения поисково-разведочных скважин в условиях мелководья.

Предметом исследования выступают методы:

- оценки сложных технических систем и их адаптация для сравнительной технико-экономической оценки вариантов технических средств ПРБ;
- проектирования СПБУ, пригодной к эксплуатации в условиях мелководья.

Цель диссертационного исследования состоит в разработке:

- методики многокритериальной сравнительной технико-экономической оценки технических средств ПРБ на ранней стадии проектирования и выбора на ее основе рационального варианта.
- алгоритма проектирования МСПБУ на ранней стадии, учитывающего взаимную увязку общепроектных решений, вопросов прочности, гидродинамических и геологических аспектов, присущих мелководью.

Достижение целей исследования обусловило необходимость постановки и решения **следующих задач**:

1. Анализ мирового опыта создания и эксплуатации технических средств ПРБ на мелководье и оценка степени их пригодности для условий арктического шельфа РФ.

2. Анализ возможных методов оценки сложных технических систем в условиях неопределенности.

3. Разработка на его основе методики выбора на ранней стадии проектирования рационального архитектурно-конструктивного типа буровой установки для ПРБ в условиях мелководья.

4. Апробация разработанной методики на примере Обско-Тазовского региона: проработка наиболее адаптированных к выбранному региону вариантов буровых установок; формирование матрицы критериев оценки; проведение экспертного опроса; обработка экспертных данных; проверка устойчивости полученных результатов.

5. Выявление особенностей проектирования МСПБУ на стадии технического предложения, как рационального варианта для эксплуатации на слабых грунтах, присущих расчетному Обско-Тазовскому региону:

- Выбор оптимальной формы корпуса и количества опор с учетом возможностей судостроительных заводов РФ.
- Рассмотрение путей обеспечения малой осадки и возможности оптимизации компоновочных решений по верхнему строению.
- Разработка алгоритма оценки нагрузки масс и параметров устойчивости.
- Рассмотрение специфики проведения морских операций с МСПБУ и разработка путей решения гидродинамических проблем, связанных с передвижением по мелководью.
- Разработка организационной схемы системы снабжения.
- Анализ проблем, возникающих при постановке/снятии МСПБУ с точки бурения скважины, пути их решения.

6. Разработка общего алгоритма проектирования МСПБУ на ранней стадии с учетом конструктивных особенностей установки и специфики мелководья.

7. Апробация технических решений по проектированию МСПБУ.

Практическая значимость работы в части разработки методики заключается в возможности научно обоснованно принимать управленческие решения на ранней стадии проектирования по выбору рационального типа буровой установки, с учетом всех аспектов - безопасности, экологии, экономики, условий эксплуатации и т.п.

Разработанный алгоритм проектирования МСПБУ позволяет уже на ранней стадии проектирования достаточно объективно определять ее главные размерения и оценивать весовые характеристики. По этим данным легко определяются в первом приближении стоимость и продолжительность строительства, необходимые, например, для выполнения сравнительного технико-экономического анализа.

Апробация и внедрение результатов работы

Разработанная методика проведения сравнительной технико-экономической оценки была апробирована в шести проектах, которые приняты заказчиками, прошли требуемые экспертизы и некоторые уже реализованы на практике:

- Выбор рационального варианта МСПБУ. Концептуальный проект. Заказчик – Минпромторг РФ, 2010-2011 г.г. Экспертиза – Российский морской регистр судоходства (РМРС).

- Выбор рационального варианта модернизации плавучего бурового комплекса «Обский-1», Заказчик – ООО «Газфлот», 2010-2011 г.г. Независимая экспертиза ОАО «Газпром».

- Выбор места базирования МЛСП «Приразломная» в Кольском заливе для достройки и бетонирования. Заказчик – ОАО «ПО Севмаш», 2010 г.

- Выбор оптимальной организационной схемы по системе снабжения тендерной установки бурения эксплуатационных скважин на мелководных акваториях. Концептуальный проект. Заказчик - ОАО «ЦКБ Морской Техники «Рубин», 2012 г.

- Выбор рационального типа защиты шлангокабеля от повреждения цепями плавучей полупогружной ПБУ на Кириновском месторождении (о. Сахалин), Заказчик – ОАО «Межрегионтрубопроводстрой», 2013 г.

- Разработка предложений по рациональному типу флотеля для МЛСП «Приразломная», Заказчик – ООО «Газпром нефть шельф», 2014 г.

Основные технические решения по проектированию нашли отражение в концептуальном проекте МСПБУ и проекте модернизации ПБК «Обский-1» в единое самоподъемное мелкосидящее сооружение.

Основные положения, выводы и рекомендации диссертационного исследования докладывались на международных и отечественных конференциях:

- Международные конференции по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континентального шельфа стран СНГ (RAO/CIS Offshore 2009 и 2011);

- 22-ая научно-техническая конференция «International offshore and polar engineering conference» (ISOPE-2012 г.);

- Научно-техническая конференция XLIV Крыловские чтения, 2011 г.

- Третья международная конференция нефтегазовой отрасли Арктического региона (AROG-2014).

Теоретической и методологической основой диссертации явились работы российских и зарубежных специалистов в области многокритериальных оценок сложных технических систем, а также проектирования СПБУ.

Информационная база исследования включает в себя материалы, представленные в монографиях, статьях периодической печати, информационно-аналитические и статистические данные, размещенные в сети интернет, а также другие материалы, касающиеся темы исследования.

Научная новизна исследования состоит в следующем:

- Разработана методика многокритериальной сравнительной технико-экономической оценки на ранней стадии проектирования технических средств для выбора рационального варианта буровой установки. Она позволяет впервые обоснованно учесть все значимые аспекты технических средств выполнения ПРБ – безопасность, экологичность, экономичность, морские операции в условиях мелководья и т.п. При разработке методики автор стремился сделать её универсальной, поскольку выбор вариантов сложных технических систем присутствует не только при ПРБ, но и на других стадиях освоения месторождений с использованием также исключительно сложных сооружений - добычных платформ, отгрузочных терминалов и т.п. Это удалось в полной мере, поскольку методика прошла апробацию в различных нефтегазовых проектах. Поэтому второй составляющей новизны работы является именно ее универсальность.

- В рамках формирования методики для корректной обработки экспертных данных применен разработанный автором математический прием «Двойное нормирование», позволяющий привести в единую систему исчисления и нормировать критерии с обратным приоритетом. Например, при оценке по критериям «Безопасность», «Экологичность» признается лучшим вариант, который имеет большее значение, а «Стоимость» и «Продолжительность строительства» - наоборот.

- Разработан алгоритм проектирования МСПБУ, учитывающий необходимость обеспечения ограниченной осадки (минимизация масс), проблемы жесткости корпуса и опорных колонн при постановке на точку (двойное задавливание) и гидродинамические особенности при движении по мелководью (отсутствие соударения и присоса корпуса к грунту). При этом обеспечиваются все параметры устойчивости МСПБУ на донном грунте при воздействии 100-летних внешних нагрузок от природных факторов.

- Предложены следующие новые технические решения:

- разновысокий корпус МСПБУ, позволяющий уменьшить его массу, не уменьшая плавучести;

- компоновочные решения по верхнему строению, позволяющие проектно удифференцировать МСПБУ без приема увеличивающего осадку балласта за счет минимального перемещения опорно-подъемного устройства (ОПУ), имеющего значительную массу, с сохранением параметров устойчивости МСПБУ на грунте.

➤ пассивно-активный метод передвижения МСПБУ – на глубокой воде с использованием мощных океанских буксиров (пассивный метод), в условиях мелководья – придание МСПБУ самоходности за счет установки водометных движителей или откидных колонок (активный метод). Это решение позволяет отказаться от строительства проблематичных мощных, мелкосидящих буксиров. По такой же схеме предлагается организовать систему снабжения в виду отсутствия мелкосидящих судов-снабженцев.

Публикации

По теме диссертации опубликовано 13 статей, учебное пособие «Самоподъемные плавучие буровые установки» (2011 г.), аналитический обзор «Самоподъемные плавучие буровые установки. История. Современность. Перспективы» (2013 г.). Две публикации в журналах Перечня ВАК РФ. Шесть статей при 100% участии автора. Патенты на изобретение: № 2478752 «Мелкосидящая самоподъемная плавучая установка», № 2477350 «Ледостойкий буровой комплекс для освоения мелководного континентального шельфа и способ формирования ледостойкого бурового комплекса для освоения мелководного континентального шельфа». Патенты на полезную модель: № 136454 «Самоподъемная плавучая буровая установка с двумя буровыми вышками», № 136819 «Ледостойкая самоподъемная плавучая установка».

Структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, приложения. Объем работы составляет 238 стр., включая 46 таблиц, 85 рисунков, 1 приложение. Список литературы представлен 78 источниками.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту

1. Методика многокритериальной сравнительной технико-экономической оценки технических средств ПРБ на ранней стадии проектирования.
2. Математический прием «Двойное нормирование», как оригинальный элемент указанной методики.
3. Алгоритм проектирования МСПБУ с учетом специфики мелководья и наличия слабых грунтов.
4. Технические решения, позволяющие обеспечить минимальную осадку МСПБУ, осуществить удифферентовку без приема балласта, безопасную постановку/снятие установки с точки бурения скважин, решить проблемы оптимального передвижения МСПБУ как в условиях глубокой воды, так и на предельном мелководье.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обозначаются актуальные проблемы проектирования средств океанотехники для ПРБ в условиях предельного мелководья. Первая – отсутствие прозрачной методики выбора рационального архитектурно-конструктивного типа буровой установки на ранней стадии проектирования. Вторая – отсутствие единого алгоритма проектирования МСПБУ, как одного из оптимальных вариантов буровой установки для бурения на грунтах со слабой несущей способностью, учитывающего специфику конструкции и условий эксплуатации. Отмечается важность проведения дальнейших исследований в этих направлениях. Обосновывается актуальность выбранной темы, определяются цели, задачи, предмет и объект исследования, отражается научная новизна и практическая значимость результатов работы.

В первой главе «Анализ архитектурно-конструктивных типов буровых установок, эксплуатируемых в условиях мелководья» обобщен зарубежный и отечественный опыт создания и эксплуатации буровых установок для ПРБ. Одним из результатов исследования явилось определение условных границ глубин моря, на которых целесообразно эксплуатировать различные типы установок, и выявлены варианты, наиболее пригодные для мелководья: грунтовые и ледовые искусственные острова (ИО), «болотные» буровые баржи, погружные ПБУ и СПБУ. По каждому архитектурно-конструктивному типу были рассмотрены особенности проектирования и эксплуатации, а также обобщены и проанализированы статистические данные по основным характеристикам: глубина моря, протяженность скважины по стволу, стоимость строительства и т.д. Выявлено, что за рубежом в последние десятилетия отмечается тенденция к разведке на более глубоководных месторождениях, что, следовательно, приводит к увеличению основных характеристик буровых установок. Задача обеспечения ПРБ в условиях мелководного шельфа РФ идет вразрез с мировой тенденцией и на сегодняшний день практически невозможно найти прямые аналоги мелкосидящих технических средств, особенно плавучих.

Рассмотрены преимущества и недостатки каждого варианта сооружения и проанализирована степень их пригодности к условиям мелководного шельфа РФ. Проведенный анализ показал, что нельзя однозначно определить, какой вариант установки наиболее предпочтительный для того или иного месторождения. Необходимо разработать методический аппарат, который позволил бы обосновано принимать управленческие решения на ранней стадии проектирования по выбору рационального типа буровой установки под условия конкретного региона. Методика должна учитывать как метеорологические, гидродинамические, ледовые, инженерно-геологические и иные условия месторождений, так и конструктивные особенности каждого варианта буровой установки.

Во второй главе «Формирование методики технико-экономической оценки технических средств для поисково-разведочного бурения в условиях мелководья» рассмотрены и проанализированы возможные методы оценки сложных технических систем. Обоснована необходимость при формировании методики сравнительной технико-экономической оценки вариантов буровых установок опираться на принцип многокритериальности, так как только в этом случае возможно учесть все необходимые аспекты. Показано, что статистические методы (регрессионный и корреляционный анализ) для целей работы не подходят, так как практически нет аналогов мелкосидящих буровых установок и нет возможности оценки по важным качественным критериям, таким как «Безопасность» или «Экология». Эти методы можно использовать для прогнозирования частных технических решений.

Наиболее адаптированными методами для принятия решений являются экспертные оценки. Они позволяют комплексно оценить варианты уже на ранней стадии проектирования, когда чаще всего ощущается нехватка исходных данных. Основные отличия при проведении экспертных оценок заключаются в обработке полученных данных. В рамках диссертационного исследования были рассмотрены различные методы: компенсаций; графов и их синтез; построения множества Парето; техника

дерева и сети целей; метод анализа иерархий (МАИ) Т. Саати; точечные оценки П. Фишберна и др.

На основании проведенного анализа было выявлено, что использование того или иного метода в общем виде нецелесообразно. Например, популярный МАИ, основанный на парных сравнениях, приводит к очень большому количеству зеркальных матриц и сложности восприятия материала, но с помощью построения иерархических структур достаточно просто структурировать любую сложную задачу. Точечные оценки П. Фишберна предполагают формирование приоритетного ряда критериев оценки группой экспертов, что требует высокой степени согласованности их мнений. Кроме того практически во всех методах итоговое решение принимается по отношению функции полезности к стоимости. Критерий «Стоимость» всегда имеет наивысший ранг. В случае сравнения буровых установок в первую очередь логично обращать внимание на безопасность.

В связи с этим была сформирована методика сравнительной технико-экономической оценки, представляющая собой обоснованный синтез методов.

В общем виде она выглядит следующим образом:

1. Формируется группа экспертов, специализирующихся на вопросах общего проектирования для определения сравниваемых вариантов буровых установок и критериев их оценки. Выбор экспертов основывается на их квалификации, наличия ученой степени, опыте и стаже работы по направлению проектирования океанотехники, а также учитывается их участие в подобных оценках. Строится иерархия критериев. В рамках диссертационной работы это было сделано автором самостоятельно.

2. Эксперты «общего проектирования» оценивают степень важности критериев на каждом уровне иерархии, путем их парного сравнения по МАИ. Для этого используется девятибалльная шкала приоритетов.

После проставления баллов значения нормируются и рассчитываются весовые коэффициенты по формуле:

$$\text{Ранг}_{ki} = a_i / (a_1 + a_2 + \dots + a_n), \quad (1)$$

где a_i – сумма баллов по строке.

Математические действия обработки экспертных данных представлены в табл. 1.

Таблица 1 Матрица расчета весовых коэффициентов

Критерии	K_1	K_2	K_3	a_i (Σ по строке)	Ранг K_i
K_1	1,00	X_{12}	X_{13}	$\Sigma(X_{11}, X_{13})$	$a_1 / \Sigma a_i$
K_2	$1 / X_{12}$	1,00	X_{23}	$\Sigma(X_{21}, X_{23})$	$a_2 / \Sigma a_i$
K_3	$1 / X_{13}$	$1 / X_{23}$	1,00	$\Sigma(X_{31}, X_{33})$	$a_3 / \Sigma a_i$
			Σ по столбцу	Σa_i	1,00

3. Вторая часть экспертной оценки заключается в сравнении вариантов буровых установок по локальным («специализированным») критериям – гидродинамическим, экологическим, экономическим и т.д. Для этого формируются группы «специализированных» экспертов по интересующим аспектам. Им предлагается оценить альтернативы по 10-ти балльной шкале, сравнивая варианты между собой, причем лучшему присваивается более высокий балл. Результаты (средние баллы по группе) заносятся в сводную таблицу.

При этом в отношениях с экспертами общего проектирования используется метод Делфи, основные принципы которого заключаются в анонимности, многоэтапности проведения опроса и контроле согласованности мнений экспертов.

4. Критерии делятся на количественные и качественные. Значения количественных критериев рассчитываются, принимаются из исходных данных или результатов модельных экспериментов. Все значения приводятся в единую систему измерения – в баллы и нормируются.

Если в оценке участвуют критерии с обратным приоритетом, например, в случае сравнения вариантов по стоимости, то применяется разработанный автором алгоритм, названный «двойное нормирование». Его принцип действия представлен в табл. 2 на примере сравнения вариантов по критерию «Стоимость».

Таблица 2. Алгоритм «Двойное нормирование» оценки критерия «Стоимость»

Характеристики	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Сумма по строке
Стоимость, C_i	C_1	C_2	C_3	ΣC_{1-3}
Доля каждого варианта (первое нормирование), c_i	$C_1 / \Sigma C_{1-3}$	$C_2 / \Sigma C_{1-3}$	$C_3 / \Sigma C_{1-3}$	1,000
Обратная величина этой доли, ct_1	$1/c_1$	$1/c_2$	$1/c_3$	Σct_{1-3}
Доля этой величины (второе нормирование), $Стоим_1$	$ct_1 / \Sigma ct_{1-3}$	$ct_2 / \Sigma ct_{1-3}$	$ct_3 / \Sigma ct_{1-3}$	1,000

Последняя графа табл. 2 и дает величину критерия с обратным приоритетом, при этом сохраняется соотношение между оценками вариантов.

5. С учетом весовых коэффициентов вычисляется комплексный показатель для каждого варианта методом аддитивной свертки, по максимуму значения которого определяется рациональный вариант.

$$K_{\text{компл.н}} = K_{n1} \times R_{n1} + K_{n2} \times R_{n2} + K_{n3} \times R_{n3} + K_{n4} \times R_{n4}, \quad (2)$$

где K_{n1} – значение критерия; R_{n1} – соответствующий весовой коэффициент.

Учитывая раннюю стадию проектирования, автором экспертно была установлена точность проведения оценок – 10%, то есть, если значения $K_{\text{компл}}$ попадают в этот интервал, то альтернативы можно считать равнозначными.

В качестве апробации разработанной методики был проведен экспертный опрос и выбран рациональный вариант буровой установки для ПРБ в условиях мелководья Обско-Тазовского региона. По результатам проведенного анализа мелководных месторождений и структур континентального шельфа РФ, именно это регион признан крупными нефтегазовыми компаниями перспективным и имеет наиболее суровые гидрометеорологические, геологические и иные условия. В качестве экспертов привлекались высококвалифицированные специалисты ФГУП «Крыловский государственный научный центр».

В качестве альтернатив буровых установок были проработаны три варианта: грунтовый ИО, оконтуренный металлическими понтонами (круглогодичное бурение), погружная ПБУ и МСПБУ, обе установки для сезонного бурения (рис.1). Ледовый

остров не рассматривался, так как по имеющимся сведениям в Обско-Газовском регионе отсутствует устойчивый припай, необходимый на протяжении всей жизни острова.

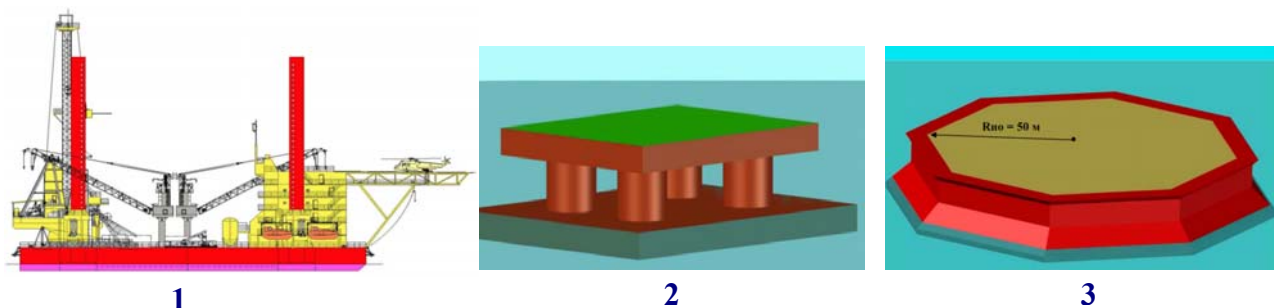


Рисунок 1 – Сравнимые варианты буровых установок: 1-МСПБУ, 2 –погружная ПБУ, 3-ИО

МСПБУ совместно с ЦКБ «Коралл» и при непосредственном участии автора была разработана в рамках концептуального проекта. Для ИО и погружной ПБУ прорабатывались только опорные основания, так как для объективности сравнения было принято, что верхние строения идентичны.

Для объективной проверки работоспособности методики было проведено два исследования, изменяя условия эксплуатации установок. В первом случае рассматривались месторождения с грунтами хорошей несущей способности, во втором случае – слабонесущие илистые грунты мощностью слоя до 15 м.

Для проведения сравнительной оценки автором была сформирована двухуровневая иерархия критериев (*критерии представлены в приоритетном ряду с указанием их весовых коэффициентов по результатам экспертного опроса. Сумма рангов критериев 1-го уровня составляет 1,0. Сумма весов критериев 2-го уровня считается по подгруппам и составляет 1,0*):

1. Экология - 0,274
2. Риски при выполнении морских и строительных операций - 0,233
 - 2.1 Безопасность установки/снятия с точки бурения скважины – 0,613
 - 2.2 Безопасность буксировки по мелководью - явление присоса к грунту – 0,201
 - 2.3 Безопасность буксировки по мелководью – соударение корпуса с грунтом при качке – 0,186
3. Живучесть установки при различных чрезвычайных ситуациях – 0,192
4. Экономичность – 0,170
 - 4.1 Капитальные затраты – 0,832
 - 4.2 Эксплуатационные расходы – 0,168
5. Продолжительность строительства – 0,079
6. Необходимость защиты сооружения от размыва грунта – 0,053
- 7*. Необходимость дополнительных мероприятий - обеспечение устойчивости на «слабом» грунте (учтен при втором сравнении в критериях «Экология» и «Кап. затраты»).

В результате проведенного экспертного опроса и обработки полученных данных для месторождений с «хорошими» грунтами рациональными можно принять два типа

установок - МСПБУ и погружная ПБУ, разница в значениях комплексных показателей составляет 9%. Для месторождений со «слабыми» грунтами однозначно оптимальным вариантом была признана МСПБУ (рис. 2), что повлекло необходимость проведения более глубокого исследования особенностей проектирования этого конструктивного типа буровых установок.

Для верификации результатов были поочередно изменены приоритеты критериев первого уровня иерархии и пересчитаны комплексные показатели. Разброс значений комплексных критериев оказался незначительным, а приоритеты альтернатив сохранились (рис. 2). Это свидетельствует об устойчивости полученных результатов.

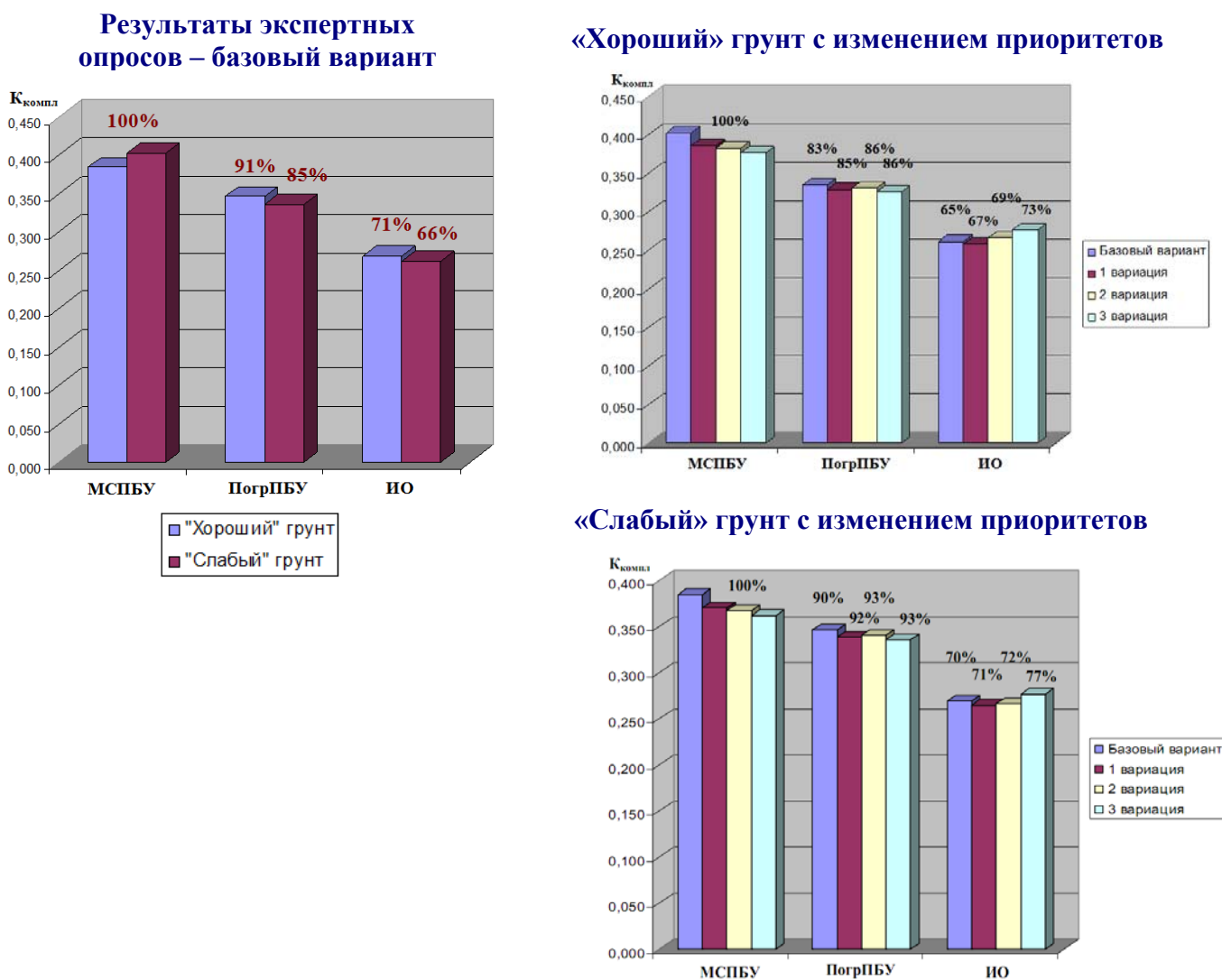


Рисунок 2 - Результаты экспертных опросов. Проверка устойчивости полученных результатов

В третьей главе «Алгоритм проектирования мелкосидящей самоподъемной плавучей буровой установки» рассмотрены основные особенности и проблемы, возникающие при проектировании МСПБУ на ранней стадии. В первую очередь, сложность заключается в том, что СПБУ используется в трех различных состояниях: при проведении морских операций – как плавучий объект, подчиняющийся всем законам плавучести, остойчивости, непотопляемости, качки и прочности; при бурении – как стационарное гидротехническое сооружение, которое вынуждено воспринимать любые

внешние воздействия, подчиняясь законам гидротехники, и переходный режим постановки/снятия сооружения с точки бурения.

Специально МСПБУ в мире не строились, поэтому второй существенной трудностью при проектировании считается отсутствие прямых аналогов.

Все проблемы, которые характерны для мелководья, можно условно разделить на три категории: *общепроектные* (обеспечение малой осадки, выбор оптимальной формы корпуса и типа опор, оптимизация компоновочных решений по верхнему строению, выбор способа передвижения МСПБУ, допустимое количество запасов при транспортировке, организация системы снабжения и др.), *проблемы прочности* (оптимальное расположение опор, обеспечение прочности и жесткости корпуса и опор при постановке/снятии с точки бурения скважины) и *гидродинамики* (определение максимальной скорости буксировки и оценка качки для назначения безопасного вертикального клиренса с целью исключения явления присоса и соударения днища установки с грунтом).

Выбор оптимальной формы корпуса и типа опор

В рамках диссертационной работы был проведен сравнительный анализ 4-х и 3-х опорной МСПБУ с точки зрения эксплуатации в условиях мелководья и ограничений отечественных судостроительных заводов. Оценка получилась многокритериальной, результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Критерии оценки различных архитектурных типов МСПБУ

Критерии	СПБУ с 3 опорами	СПБУ с 4 опорами
Живучесть при потере одной опоры, возможность ремонта башмака без докования	Опрокидывается	Стоит на 3 опорах
Приспособленность к изготовлению на отечественных заводах	Неудовлетворительная	Хорошая
Металлоемкость опорных колонн	Примерно одинаковая	
Затраты на изготовление порталов и спускоподъемных механизмов	Меньшие	Большие
Время постановки на точку бурения (необходимость приема балласта для задавливания опор)	Большее (требуется балласт)	Меньшее (балласта не требуется)

По баллам преимущество осталось за 4-х опорной МСПБУ с четырехугольным в плане корпусом. Также путем сравнительной оценки обоснованно был выбран тип колонн - гладкие цилиндрические, без внутреннего набора и гидравлический механизм подъема (основной критерий – вес).

Обеспечение минимальной осадки

Обеспечение малой осадки, особенно для глубины моря 3 м, на МСПБУ достигается за счет увеличения плавучести. Можно рассмотреть два варианта:

- Прибавление пустых объемов в габаритах корпуса, необходимых только для увеличения плавучести.

- Прибавление пустых объемов с изменением формы корпуса таким образом, чтобы увеличилась только его водоизмещающая часть.

В первом случае плавучесть, естественно, увеличивается, однако прибавляются излишние веса корпуса выше ватерлинии, которые отрицательно сказываются на величине осадки. Поэтому более предпочтительным способом является добавление плавучести с одновременным изменением формы исходного корпуса (ступенчатая). При этом целесообразно уменьшать высоту борта корпуса с одновременным увеличением его длины/ширины. На это техническое решение получен патент на изобретение № 2477350 «Мелкосидящая самоподъемная плавучая установка», авторы Ю.И. Обидин, Г.К. Крупнов, А.М. Григорьев, Д.Ф. Халикова. Для оптимизации веса также можно использовать эстакады (рис. 3).

Кроме того для обеспечения минимальной осадки при буксировке МСПБУ башмаки на опорах предлагается утапливать в корпус.

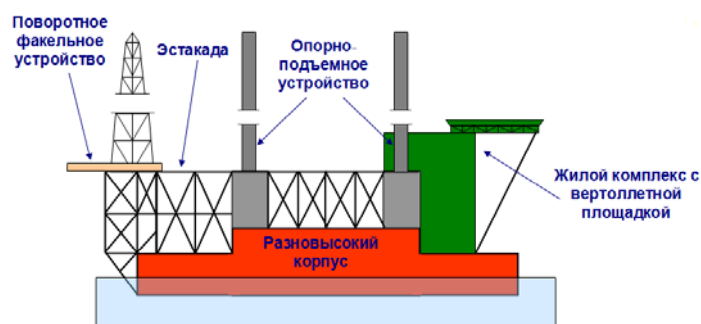


Рисунок 3 – Схема разнорысочной формы корпуса МСПБУ для обеспечения минимальной осадки

Оптимизация компоновочных решений по верхнему строению

При проектировании МСПБУ необходимо обращать внимание на оптимальное расположение компонентов верхнего строения для оптимальной удифферентовки. Обычно удифферентовка происходит приемом балласта. В случае проектирования МСПБУ этот метод непригоден, так как любое количество балласта негативно сказывается на осадке.

В основном достаточную массу с одной стороны корпуса имеет буровая установка, а с противоположной стороны на максимальном удалении от бурового комплекса из соображения безопасности располагаются жилой модуль и вертолетная площадка.

Таким образом, проблема проектанта сводится к рациональному расположению тяжелых опорно-подъемных устройств с колоннами, чтобы максимально удифферентовать корпус без приема водяного балласта и при этом обеспечить его прочность.

Оценка нагрузки масс

В рамках диссертационного исследования была разработана блок-схема оценки нагрузки масс на ранней стадии проектирования МСПБУ, используя укрупненные показатели. Особенностью является то, что основным ограничивающим фактором является осадка, которую надо минимизировать.

Оценка параметров устойчивости МСПБУ на грунте

Для любой СПБУ устойчивость на грунте является особенно важным параметром, поскольку именно это качество определяет глобальную безопасность установки в самом длительном и опасном режиме – бурение скважины. Устойчивость на грунте считается обеспеченной, если расчетные коэффициенты запаса на сдвиг, опрокидывание и непросадку опор равны или больше регламентированных нормативными документами.

Для мелководья характерна следующая ситуация – так как глубина моря небольшая, то внешние нагрузки тоже будут сравнительно небольшими. В связи с этим обеспечение коэффициентов на сдвиг и опрокидывание обычно не имеет каких-либо сложностей. По этим же причинам и устойчивость опорных колонн будет обеспечена без каких-либо трудностей. Критичным является обеспечение коэффициента непросадки опор, особенно в условиях наличия слоя слабого илистого грунта.

$$\frac{N_3}{N} > K_{\text{просадка}} \quad (3)$$

где, N_3 – усилие задавливания; N – расчетное значение суммарной осевой силы; Величину просадки опор (пенетрации) в зависимости от свойств грунта можно найти из уравнения Терцаги:

$$q_{\text{грунта}} = CN_c + \gamma I_{\text{гр}} \quad (4)$$

где, $q_{\text{грунта}}$ – несущая способность грунта, т/м^2 ; C – среднее сопротивление сдвигу под опорой, т/м^2 ; N_c – безразмерный коэффициент; γ – удельный вес грунта в воде, т/м^3 ; $I_{\text{гр}}$ – пенетрация опоры, м.

Для цилиндрических опор N_c может определяться по эмпирической формуле Скемптона:

$$N_c = 6(1 + 0,2 I_{\text{гр}}/d), \text{ где } d \text{ – диаметр опоры.} \quad (5)$$

Экспериментально проверено, что N_c не превышает 9 и это соответствует $I_{\text{гр}}/d = 2,5$.

Для пенетрации опоры в грунт на глубину $I_{\text{гр}}$ к ней необходимо приложить нагрузку P , т:

$$P = q_{\text{грунта}} S = S(CN_c + \gamma I_{\text{гр}}) = N_3/n, \quad (6)$$

где S – поперечного сечения нижней части опоры; n – число одновременно задавливаемых опор.

Морские операции с МСПБУ

В этом разделе диссертации описаны методы определения буксировочного сопротивления, оценки потребной тяги буксиров, расчета окон погоды (разработан С.И. Мاستрюковым). Основное внимание уделено проведению морских операций. При буксировке МСПБУ на мелководье может возникнуть присос дна установки к донному грунту или соударение корпуса о грунт при качке, что требует назначения безопасных скоростей буксировки и минимального вертикального клиренса. Эти величины необходимо определять уже на ранних стадиях проектирования, лучше всего – по результатам буксировочных и мореходных модельных испытаний.

Кроме того на рынке очень сложно найти мелкосидящие буксиры с хорошей тягой и неограниченным районом плавания. Поэтому автором предлагается принять следующую концепцию транспортировки МСПБУ. На глубокой воде буксировать МСПБУ мощными морскими мореходными буксирами с достаточной тягой,

удовлетворяя всем требованиям безопасности. На предельном мелководье при подходе к точке бурения использовать собственные движители, т.е. придать установке самоходность. В качестве движителей можно использовать водометы или откидные колонки, например, компании Шотелль.

Такую же концепцию можно принять и для судов снабжения, например, для мелкосидящих барж.

Проблема постановки/снятия с точки эксплуатации МСПБУ в условиях предельного мелководья

На месторождениях с малой глубиной моря (около 3 м) и грунтами с хорошей несущей способностью пенетрация опор будет незначительная, следовательно, колонны будут иметь небольшую длину и большую жесткость. Постановка МСПБУ на точку бурения осуществляется путем диагонального задавливания. Корпус установки получает упругие деформации и может возникнуть проблема защемления опор в направляющих.

В этом случае можно различными способами увеличивать жесткость корпуса или уменьшать жесткость опор.

Совместно с ЦКБ «Коралл» было рассмотрено другое решение - придать МСПБУ возможность контакта с донным грунтом. Для этого днище установки должно быть соответственно подкреплено. Корпус МСПБУ опирается на грунт, с опор снимаются башмаки, и они используются в качестве закольных свай. По сути МСПБУ может эксплуатироваться в режиме погружной ПБУ. Исключаются сложности ее постановки/снятия с точки бурения скважины. Возможность реализации подтверждена расчетами в проекте модернизации ПБК «Обский-1» в единое самоподъемное сооружение.

Алгоритм определения общепроектных характеристик и главных размерений мелкосидящей самоподъемной плавучей буровой установки на ранней стадии проектирования

Проектирование МСПБУ имеет ряд принципиальных особенностей:

1. Основным ограничивающим фактором является минимизация осадки в транспортном положении.

2. Уменьшать осадку можно либо увеличивая площадь ватерлинии, либо уменьшая нагрузку масс. Увеличение площади ватерлинии неизбежно приводит к росту металлоконструкций и других статей нагрузки, зависящих от объема корпуса (изоляция, зашивка, окраска и т.п.).

Уменьшать весовую нагрузку практически невозможно при заданных параметрах бурового оборудования, которые также однозначно определяют параметры энергетического комплекса. Поэтому основная сложность проектирования МСПБУ заключается в поиске рационального соотношения между увеличением площади ватерлинии и обеспечением прочности развитого по длине и ширине корпуса с относительно малой его высотой. При этом основным ограничением выступает заданная малая осадка МСПБУ.

3. При выборе рационального расположения ОПУ с точки зрения прочности корпуса необходимо также добиваться такого его положения, чтобы осуществить посадку МСПБУ на ровный киль без приема балласта, увеличивающего осадку.

4. Для МСПБУ уже на ранней стадии проектирования необходимо проводить расчеты устойчивости на грунте. Основной проблемой является обеспечение коэффициента непросадки опор, особенно в условиях слабого илистого грунта.

5. Большое внимание необходимо уделять морским операциям, поскольку в условиях мелководья трудно подобрать буксиры с относительно большой тягой при малой осадке. При этом целесообразно уже на ранней стадии проектирования выполнять буксировочные и мореходные испытания с целью определения безопасных скоростей передвижения МСПБУ, адекватных «окон погоды» и минимально возможной величины вертикального клиренса.

6. Проектирование МСПБУ нельзя также рассматривать в отрыве от системы снабжения, так как на сегодняшний день РФ не обладает подходящими мелкосидящими судами-снабжения.

Учитывая все вышесказанное, автор объединил все рассуждения в один алгоритм проектирования МСПБУ на ранней стадии, отражающего увязку общепроектных, гидротехнических проблем и вопросов прочности (рис. 4).

Проектирование МСПБУ представляет собой итерационный процесс с малой сходимостью результатов.

В четвертой главе «Апробация и практическая значимость основных положений диссертационной работы» представлено внедрение разработанной методики и технических решений, полученных в результате проведения диссертационного исследования в нефтегазовых проектах ФГУП «Крыловского государственного научного центра» при непосредственном участии автора в качестве ответственного исполнителя (см. п. «Апробация и внедрение результатов работы»). Некоторые из проектов уже реализованы на практике.

Технические решения нашли отражение при разработке концептуального проекта МСПБУ и проекта модернизации ПБК «Обский-1».

С помощью разработанного аппарата были выбраны рациональное место достройки платформы «Приразломная» в Кольском заливе (6 возможных вариантов) и оптимальный вариант флотеля, размещаемого около этой платформы для проживания на нем рабочих (4 варианта), вариант защиты шлангокабеля на Киринском месторождении, вариант модернизации ПБК «Обский-1», рациональный архитектурно-конструктивный тип МСПБУ и системы снабжения тендерной буровой установки в мелководных районах.

При таких оценках под каждую конкретную задачу, естественно, менялся состав критериев, их ранги и количественные оценки, но механизм определения рациональных решений среди рассматриваемых вариантов был неизменным и полностью соответствовал разработанной методике.

Разноплановость выполненных проектов доказывает, что разработанная методика является универсальной и позволяет оценивать различные сложные технические системы, к которым относятся все сооружения океанотехники. Кроме того она решает широкий спектр задач, связанных со сравнительной оценкой различных технических решений при обустройстве морских нефтегазовых месторождений.

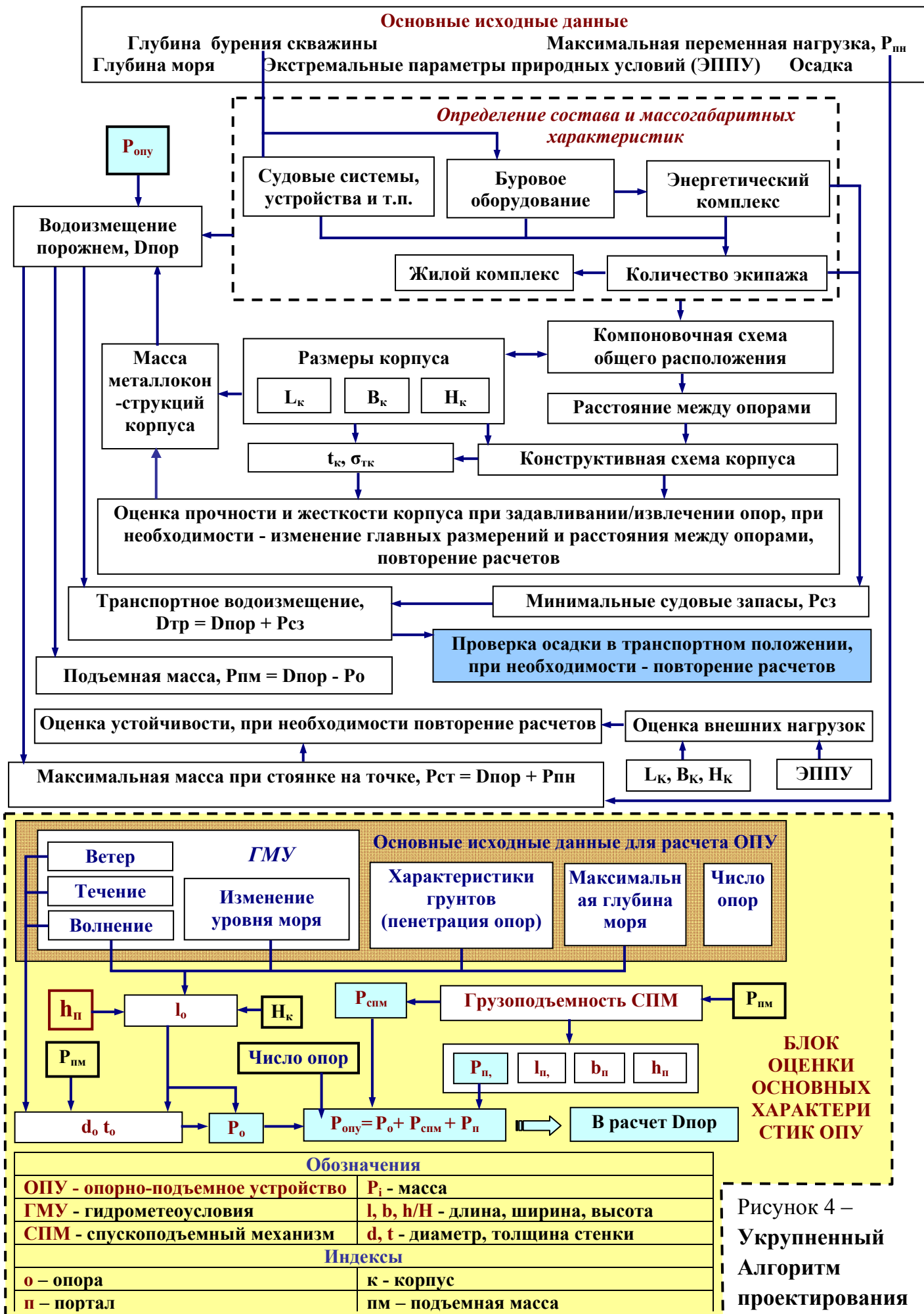


Рисунок 4 – Укрупненный Алгоритм проектирования

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является законченной научно-исследовательской работой, в которой были решены поставленные задачи и достигнуты основные цели.

- Разработана оригинальная методика многокритериальной сравнительной технико-экономической оценки по выбору на ранних стадиях проектирования рационального варианта буровой установки для поисково-разведочного бурения в условиях мелководья. Она универсальна, дает возможность достаточно ясно, прозрачно обосновывать принимаемые управленческие решения и служит им хорошей научной поддержкой.

- Предложен адаптированный для мелководья тип буровой установки – МСПБУ, проанализированы особенности ее проектирования. Разработан алгоритм проектирования на ранней стадии, учитывающий специфику мелководья. Предложена новая форма корпуса – разновысокая для достижения малой осадки.

- Все результаты апробированы в докладах на отечественных и международных конференциях, а также в проектах, некоторые из которых уже реализованы на практике.

Список публикаций по теме диссертации:

В журналах, рекомендованных перечнем ВАК РФ:

1. **Халикова Д.Ф.** Анализ необходимости создания мелкосидящей самоподъемной плавучей буровой установки //Труды ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова - СПб. Выпуск 66 (350), 2012, с. 117 – 124 (автор 100%).

2. **Халикова Д.Ф., Лившиц Б.Р.** Общий подход к определению сейсмостойкости самопогружной буровой установки //Труды ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова - СПб. Выпуск 66 (350), 2012, с. 47 – 55 (автор 50%).

Патенты:

1. Пат. 2478752 Российская Федерация, МПК Е 02 В 17/00 (2006.01), Е 02 В 17/02 (2006.01), В 63 В 35/44 (2006.01). Мелкосидящая самоподъемная плавучая установка/Халикова Д.Ф., Обидин Ю.И., Крупнов Г.К., Григорьев А.М.; заявитель и патентообладатель Российская Федерация, от имени которой выступает Министерство промышленности и торговли Российской Федерации (Минпромторг России) (RU). – № 2011119209/11; заявл. 13.05.2011; опубл. 10.04.2013, Бюл. № 10. – 7 с.

2. Пат. 136454 Российская Федерация, МПК Е 02 В 17/02 (2006.01), В 63 В 35/44 (2006.01). Самоподъемная плавучая буровая установка с двумя буровыми вышками/Халикова Д.Ф., Обидин Ю.И., Крупнов Г.К., Григорьев А.М., Лившиц Б.Р.; заявитель и патентообладатель Российская Федерация, от имени которой выступает Министерство промышленности и торговли Российской Федерации (Минпромторг России) (RU). – № 2013138073/11; заявл. 15.08.2013; опубл. 10.01.2014, Бюл. № 1. – 2 с.

3. Пат. 136819 Российская Федерация, МПК Е 02 В 17/02 (2006.01). Ледостойкая самоподъемная плавучая установка/Халикова Д.Ф., Обидин Ю.И., Крупнов Г.К., Григорьев А.М., Лившиц Б.Р.; заявитель и патентообладатель Российская Федерация, от имени которой выступает Министерство промышленности и торговли Российской Федерации (Минпромторг России) (RU). – № 2013138073/11; заявл. 15.08.2013; опубл. 10.01.2014, Бюл. № 1. – 2 с.

Федерации (Минпромторг России) (RU). – № 2013132879/03; заявл. 17.07.2013; опубл. 20.01.2014, Бюл. № 2. – 2 с.

4. Пат. 2477350 Российская Федерация, МПК Е 02 В 17/02 (2006.01). Ледостойкий буровой комплекс для освоения мелководного континентального шельфа и способ формирования ледостойкого бурового комплекса для освоения мелководного континентального шельфа/**Халикова Д.Ф.**, Алисейчик А.А., Ленский В.Ф., Лившиц Б.Р.; заявитель и патентообладатель Публичное акционерное общество «Центральное конструкторское бюро «Коралл» (UA). – № 2011130362/03; заявл. 20.07.2011; опубл. 10.03.2013, Бюл. № 7. – 10 с.

Публикации в других изданиях:

1. **Халикова Д.Ф.**, Печатников М.Ю. Построение модели многокритериальной оценки качества платформ для Штокмановского газоконденсатного месторождения//Материалы Всероссийской межвузовской научной конференции студентов и аспирантов XXXVII Неделя науки СПбГПУ. Часть IV. 24-29 ноября 2008 г. СПб: Изд. Политехнического университета, 2008, с 180-181 (автор 80%).

2. **Халикова Д.Ф.** Построение модели и автоматизированной системы многокритериальной оценки качества сложных технических систем на примере платформы для Штокмановского газоконденсатного месторождения//Труды 9-й Международной конференции и выставки по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континентального шельфа стран СНГ (RAO/CIS Offshore 2009). 15-18 сентября 2009 года, Санкт-Петербург — СПб.: ХИМИЗДАТ, 2009, с. 294-298 (автор 100%).

3. **Халикова Д.Ф.** Многокритериальная оценка качества различных типов морских платформ // Oil&Gas Journal Russia – М. Выпуск 11(34), 2009, с. 66-71 (автор 100%).

4. **Халикова Д.Ф., Тимофеев О.Я., Крупнов Г.К.** Методика определения архитектурно-конструктивного типа и главных размерений СПБУ для бурения поисково-разведочных скважин в условиях мелководья//Труды 10-й Международной конференции и выставки по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континентального шельфа стран СНГ (RAO/CIS Offshore 2011). 13-16 сентября 2011 года, Санкт-Петербург — СПб.: ХИМИЗДАТ, 2011, с.493-498 (автор 50%).

5. **Халикова Д.Ф.** Модернизация плавучего бурового комплекса «Обский-1» для бурения поисково-разведочных скважин на мелководных площадках Карского моря//Доклады научно-технической конференции/Проблемы мореходных качеств судов, корабельной гидромеханики и освоения шельфа («XLIV Крыловские чтения») – СПб., 2011, с.135 – 138 (автор 100%).

6. **Халикова Д.Ф., Лившиц Б.Р.** Обоснование выбора архитектурного типа СПБУ для глубоководных районов Черного моря//Строительство и техногенная

безопасность/Сборник научных трудов. Выпуск 37 – Симферополь, 2011, с.3 – 9 (автор 50%).

7. **Халикова Д.Ф.** На арктическом мелководье: определение конструктивного типа СПБУ для поисково-разведочного бурения // Oil&Gas Journal Russia – М. Выпуск 5(60), 2012, с. 52-57 (автор 100%).

8. **Халикова Д.Ф., Лившиц Б.Р.** Взаємозв'язок глибини буріння і характеристик симопідіймальних плавучих бурових установок для їх експлуатації на малих глибинах // Нафтова і газова промисловість – Киев. Выпуск 3, 2012, с.20-23 (автор 50%).

9. **Khalikova D.F.** Technique for determining the architectural type and main dimensions of floating drilling unit for drilling exploration wells in the Russian Arctic shallow water conditions//Proceedings of the twenty-second (2012) International offshore and polar engineering conference. Rhodes, Greece, 2012, 17-22 June. – p. 1403 – 1409 (Библиографическая база Scopus, h=20) (автор 100%).

10. **Халикова Д.Ф., Алисейчик А.А., Лившиц Б.Р., Крупнов Г.К.** Концепция бурения скважин в летнее время с помощью ледостойкого блок-кондуктора и самоподъемных плавучих буровых установок «Амазон» и «Арктическая»//Сборник докладов IV Международной конференции ROOGD-2012 (10-11 октября 2012)/Освоение ресурсов нефти и газа российского шельфа: Арктика и Дальний Восток – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2013, с. 216 – 228 (автор 50%).

11. **Халикова Д.Ф., Тагиров Р.Б., Ленский В.Ф., Лившиц Б.Р., Блащук В.Н., Крупнов Г.К.** Концептуальный проект самоподъемной буровой установки для ускоренного бурения скважин в мелководных районах арктического шельфа с коротким навигационным периодом//Труды 11-й Международной выставки и конференции по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континентального шельфа стран СНГ (RAO/CIS Offshore 2013). 10-13 сентября 2013 года, Санкт-Петербург — СПб.: ХИМИЗДАТ, 2013, с. 423-430 (автор 30%).

12. **Халикова Д.Ф., Ясюк В.Н., Лившиц Б.Р., Витрик В.Г., Яремийчук Р.С. и др.** Самоподъемные плавучие буровые установки: учебное пособие. – Львов: Центр Европы, 2011. – 436 с. 268 ч.б. ил. (автор 30%).

13. **Халикова Д.Ф., Крупнов Г.К., Обидин Ю.И., Григорьев А.М., Гуцин И.В., Алисейчик А.А., Лившиц Б.Р.** Самоподъемные плавучие буровые установки: история, современность, перспективы. Аналитический обзор. – СПб: ФГУП «Крыловский государственный научный центр», 2013. – 206 с., ил. (автор 40%).