

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Северный (Арктический) федеральный университет
имени М.В. Ломоносова»
филиал в г. Северодвинске Архангельской области
Институт судостроения и морской арктической техники

Е.Г. Лебедева, С.А. Русановский, Н.И. Черенков

**УСТРОЙСТВО И ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
САМОПОДЪЕМНЫХ ПЛАВУЧИХ БУРОВЫХ УСТАНОВОК**

Часть 1

Устройство и системы СПБУ

Архангельск
САФУ
2022

УДК 629.124
ББК 39.42-01
Л33

*Рекомендовано к изданию учебно-методическим советом
Северного (Арктического) федерального университета
имени М.В. Ломоносова*

Рецензенты:

А.В. Фомин, доцент, канд. техн. наук,
Ю.Ю. Шванёва, доцент, канд. техн. наук,
инженер-конструктор АО «ПО «Севмаш»

Л33 Лебедева, Е.Г.

Устройство и основы проектирования самоподъемных плавучих буровых установок. Ч. 1. Устройство и системы СПБУ: учебное пособие / Е.Г. Лебедева, С.А. Русановский, Н.И. Черенков; Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. – Архангельск: САФУ, 2022. – 131 с.

ISBN 978-5-261-01607-6

Изложены основы устройства и проектирования самоподъемных буровых установок. Систематизирован разнообразный фактологический материал из различных источников, включая исследования авторов.

Предназначено для студентов и магистрантов, обучающихся по направлению подготовки 26.03.02 и 26.04.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры» при изучении курсов «Морские инженерные сооружения» и «Проектирование морских буровых установок». Может быть использовано при проведении практических занятий, а также в курсовом и дипломном проектировании.

УДК 629.124
ББК 39.42-01

ISBN 978-5-261-01607-6

© Лебедева Е.Г., Русановский С.А.,
Черенков Н.И., 2022
© Северный (Арктический)
федеральный университет
им. М.В. Ломоносова, 2022

Оглавление

Введение.....	5
1. Морская добыча нефти и газа.....	7
1.1. Углеводородные ресурсы континентального шельфа и их роль в мировой энергетике.....	7
1.2. Техническое обеспечение морской нефтегазодобычи.....	14
1.2.1. Особенности технического обустройства морских нефтегазопромыслов.....	14
1.2.2. Техническое наблюдение и классификация морских нефтегазовых сооружений.....	19
2. Эволюция и современное состояние СПБУ.....	24
2.1. Появление самоподъемных буровых установок.....	24
2.2. Современное состояние флота самоподъемных буровых установок.....	29
2.3. Буровые установки с повышенными техническими характеристиками для суровых условий.....	38
2.4. Самоподъемные буровые установки в СССР и России.....	41
3. Особенности устройства СПБУ.....	48
3.1. Архитектурно-конструктивный тип и классификация СПБУ.....	48
3.2. Назначение и форма корпуса.....	55
3.3. Опорно-подъемное устройство СПБУ.....	57
3.3.1. Опорные колонны.....	57
3.3.2. Опорный блок.....	62
3.3.3. Подъемный механизм.....	66
3.4. Жилой модуль.....	70
3.5. Энергетическое оборудование.....	72
4. Оборудование и системы бурового комплекса СПБУ.....	74
4.1. Общие положения.....	74
4.2. Буровая вышка и подвышечный портал.....	77
4.3. Кантилевер.....	81
4.4. Противовыбросовое оборудование.....	84
4.5. Технологическое оборудование и системы.....	86
4.5.1. Циркуляционная система бурового раствора.....	87
4.5.2. Цементируочный комплекс.....	89
4.5.3. Оборудование для хранения и обслуживания запасов.....	90
5. Судовые системы СПБУ.....	93
5.1. Системы трубопроводов общего назначения.....	94
5.1.1. Осушительная система.....	94
5.1.2. Балластная система.....	96
5.1.3. Системы воздушных, переливных и измерительных трубопроводов.....	98

5.1.4. Система вентиляции и кондиционирования воздуха жилых и служебных помещений.....	99
5.1.5. Отопление.....	101
5.1.6. Санитарно-бытовые системы.....	102
5.1.7. Системы энергоснабжения	104
5.1.8. Системы пожаротушения.....	104
5.2. Системы, обслуживающие энергетическую установку.....	107
5.2.1. Топливная система.....	107
5.2.2. Система смазочного масла.....	107
5.2.3. Система водяного охлаждения.....	108
5.2.4. Система сжатого воздуха.....	108
5.2.5. Газовыпускная система	109
5.2.6. Система питательной и конденсатной воды котлов.....	109
5.3. Специальные системы.....	109
5.3.1. Система дозаправки авиатопливом.....	110
5.3.2. Система гидравлики подъема и спуска понтона СПБУ	110
5.3.3. Системы кренования и пневмотранспорта СПБУ.....	110
6. Судовые устройства СПБУ	111
6.1. Якорное устройство.....	111
6.2. Буксирное устройство	113
6.3. Швартовное устройство.....	116
6.4. Грузовое устройство.....	117
6.5. Спасательное устройство.....	117
6.6. Специальные устройства	118
6.6.1. Устройство взлетно-посадочной площадки	119
6.6.2. Устройство подъема и спуска колонн погружных насосов забортной воды	119
6.6.3. Опорно-подъемное устройство	119
Вопросы к самоподготовке	122
Список литературы.....	124
Приложения	126

Введение

Самоподъемные буровые установки (СПБУ) относятся к самым распространенным морским сооружениям, используемым для бурения разведочных и эксплуатационных скважин на нефтегазовых месторождениях. Из общего числа зарегистрированных на сайте rigzone.com на конец 2014 года 1500 морских буровых установок более 660 единиц составляют СПБУ, т.е. они более чем 2,5 раза превосходят число полупогружных буровых установок и стационарных платформ (2-е и 3-е места). Обладая высокой мобильностью и большим диапазоном рабочих глубин (от 10 до 170 м), СПБУ находят самое широкое применение при разведке и обустройстве шельфовых нефтегазовых месторождений. Глубина бурения современных установок достигает 9...12 тыс. м, а количество скважин, которые могут быть пробурены с одной точки установки, может составлять 40...50. Появившийся в последнее десятилетие интерес к арктическим месторождениям обусловил появление СПБУ, приспособленных к работе в ледовых условиях. Так, сданная в эксплуатацию в 2012 г. российская СПБУ «Арктическая» может работать в мелкобитом льду при температуре окружающего воздуха до минус 30 °С на глубинах от 7 до 100 м с бурением скважин глубиной до 6,5 тыс. м.

Всего же на рынке представлено около полутора десятков серийных проектов СПБУ, разработанных мировыми лидерами по созданию буровых платформ:

- Baker Marine (BMC), США, Сингапур;
- Friede&Goldman, США;
- GustoMSC, Нидерланды;
- Keppel FELS (KFELS), Сингапур;
- LeTourneau (Keppel LeTourneau USA Inc.), США.

Проекты этих компаний конструктивно и технологически хорошо отработаны для различных глубин моря и бурения и комплектуются самым современным оборудованием на выбор заказчика. Являясь сложными, не типичными для классического судостроения морскими объектами, они требуют для своей постройки наличия на верфях специфического, часто уникального технологического оборудования. В связи с чем рынок строительства установок поделен между несколькими судостроительными предприятиями Сингапура (Keppel FELS, PPL Shipyard), Китая (China Merchants Heavy Industry, Dalian-DSIC, Jurong Shipyard), ОАЭ (Lamprell), США (Keppel AmFELS, Marathon LeTourneau). Стоимость одной новой СПБУ составляет в зависимости от конструкции и комплектации от 100 до 700 млн долл. США. Существуют вторичный и арендный рынки. В частности, стоимость одного дня аренды самоподъемной буровой установки может достигать до 300 тыс. долл.

Примерно половина мирового флота СПБУ (49 %) сосредоточена у 10 крупнейших буровых компаний, в число которых входят COSL (Китай), Valaris

(Англия), Shelf Drilling (ОАЭ), ARO Drilling (Саудовская Аравия), Aban Offshore (Индия), Enterprise Offshore Drilling (США), Maersk Drilling (Дания) и др.

Россия в сегменте шельфовых разработок представлена достаточно скромно. Обладая крупнейшими в мире запасами морских месторождений углеводородов и еще не до конца утраченными компетенциями по конструированию и строительству МНГС, доставшимися в наследство от Советского Союза, свои возможности по освоению углеводородных ресурсов на шельфе она проявляет, реализуя единичные, хотя и уникальные проекты (МЛСП «Приразломная», СПБУ «Арктическая», МЛСП «Корчагинский» (Лукойл). Ведущую роль при создании этих проектов выполняло севастопольское ЦКБ «Коралл».

Самоподъемные плавучие платформы могут использоваться не только для размещения бурового оборудования и проходки морских скважин. Они широко применяются как рабочие площадки для установки ветровых электростанций, на их основе создаются мощные морские подъемные краны или оборудуются жилые платформы для морских нефтегазопромыслов.

Практико-ориентированный подход при проведении практических занятий и выполнении студентами самостоятельных расчетно-проектировочных работ при изучении морских нефтегазовых сооружений предполагает ознакомление студентов с инженерными методиками и приобретение навыков самостоятельной работы по проектированию сложных технических сооружений, к которым относятся самоподъемные буровые установки. Задания на выполнение расчетно-проектировочных работ предусматривают предэскизную проработку компоновочных решений по выбору архитектурно-конструктивного типа платформы, размещению опорных колонн, технологического и другого оборудования на основе анализа известных технических решений (следующие стадии проектных работ, как правило, выполняются специализированными организациями или же предприятиями-изготовителями). В качестве исходных данных для выполнения практических работ используются характерные гидрометеорологические и гидрологические сведения о предполагаемом месте работы СПБУ (глубина моря, направление и скорость ветра, направление и скорость течения, температура воды и воздуха, свойства донного грунта), а также габаритные характеристики проектируемой буровой установки. При этом выполнение расчетов и разработка графической документации должны основываться на обязательном использовании соответствующих разделов САПР и информационных технологий.

Во второй части учебного пособия будут приведены справочные материалы для выполнения расчетно-проектировочных работ по СМБУ.