

5

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ БУРЕНИЯ С СУДОВ

Анализ современного состояния бурения разведочных скважин с судов показывает:

традиционные схемы, техника и технологии способов бурения, признанных рациональными для проходки разведочных скважин, в условиях моря малоэффективны, так как качка БС при жесткой связи с ним буровых станков затрудняет поддержание рациональных режимов бурения; описанные выше оригинальные технологические схемы и средства бурения тоже не обеспечивают стабильного поддержания необходимой осевой нагрузки на породоразрушающий инструмент, поскольку исполнительные механизмы, осуществляющие бурение по этим схемам, находятся в контакте с качающимся на волнах буровым судном;

полностью исключить качку БС никакие средства не могут, поскольку они создают стабилизирующий момент только при возникновении отклоняющего момента, т.е. когда судно уже отклонилось от его положения на тихой воде;

компенсаторы вертикальных перемещений БС не обеспечивают полной стабилизации требуемой осевой нагрузки на породоразрушающий инструмент, так как работа компенсатора начинается только при перемещениях судна;

компенсаторы вертикальных перемещений БС характеризуются величиной хода от 6,1 до 7,6 м, массой 40–69 т (модель на кронблоке) и 24–28 т (модель на талевом блоке), оснащены большим количеством громоздких шлангов и кабелей, которые находятся в движении в процессе работы, поэтому их используют для бурения в основном нефтегазовых скважин с БС, оснащенных буровыми вышками высотой более 40 м [18].

Таким образом, описанные мероприятия по уменьшению качки БС и специально разработанные технологические схемы для бурения с них не позволяют полностью исключить

влияние волнения моря на процесс бурения. Достижения кораблестроителей, занимающихся сотни лет проблемой уменьшения качки судов, не позволяют надеяться на создание эффективных методов ее решения. Перспективным направлением представляется прежде всего разработка новых схем бурения, отвечающих условиям работы с качающегося на волнах БС. Для этого необходимо обобщить требования к способам и технологиям бурения разведочных скважин с БС, оценить идеи, удовлетворяющие этим требованиям, и выявить наиболее перспективные решения для их дальнейшего развития. Параллельно следует совершенствовать конструкции компенсаторов с целью уменьшения их габаритов и массы.

Для обеспечения необходимых условий обитания людей на судне, уменьшения его качки, повышения остойчивости и мореходности при проектировании БС следует руководствоваться известными в теории и практике кораблестроения рекомендациями по выбору рациональных типов, форм и размеров судна, типов и параметров его успокоителей качки и систем стабилизации. При этом следует учитывать не только гидродинамические, но и природно-климатические условия бурения, в соответствии с которыми акватории шельфа морей можно разделить на две группы:

совершенно свободные от льда в течение нескольких месяцев или всего года;

в различной степени покрытые неподвижным или дрейфующим льдом.

5.1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К БУРОВЫМ САМОХОДНЫМ СУДАМ

Необходимость высокопроизводительного и экономичного бурения разведочных скважин различных параметров во всем диапазоне глубин шельфовой зоны при постоянно изменяющихся климатических и гидродинамических условиях моря, а также необходимость применения почти на каждой скважине нескольких способов бурения, соответствующих технических средств и технологий для осуществления отбора высококачественного керна и получения достаточной геологической информации в породах перемежающейся крепости и устойчивости, предъявляют к БС специфические требования. В соответствии с ними БС должны:

1. *Обеспечивать возможность бурения скважин глубиной до 300 м по породам диаметром от 0,076 до 0,325 м (по об-*

садной колонне) при глубине воды до 300 м в различных географических зонах и условиях моря.

Стремление спроектировать БС, пригодное для бурения разведочных скважин всех параметров в любых условиях, приведет к чрезмерному удорожанию буровых работ. Для достижения высоких технико-экономических показателей бурения целесообразен технический ряд БС и бурового технологического оборудования.

В основе технического ряда буровых судов должны быть заложены главные их размерения, необходимая грузоподъемность, водоизмещение, осадка, способ стабилизации на точке бурения. Водоизмещение, грузоподъемность и размеры рабочих площадей БС должны быть достаточными для бурения скважин максимальных расчетных диаметров и глубин по воде и породам.

Учитывая важность выбора оптимального размера судна, специалисты ВНИИморгео исследовали влияние его водоизмещения D на коэффициент рабочего времени K_p , равный отношению числа рабочих дней в месяц для данного судна к общему числу дней в месяце (рис. 39). По результатам расчетов, выполненных для условий предельного крена судна 7° ,

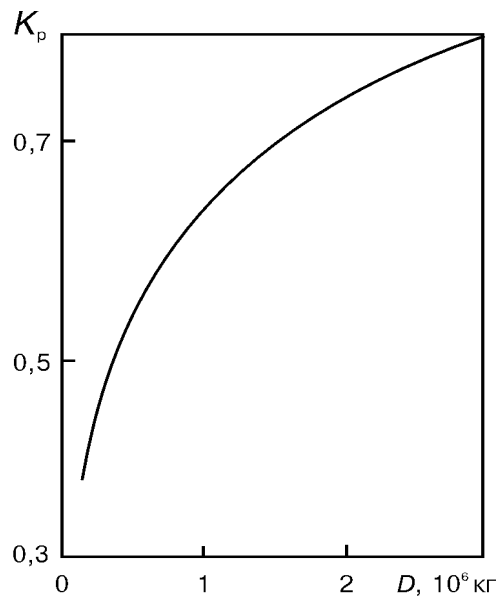


Рис. 39. Зависимость коэффициента рабочего времени бурового судна от его водоизмещения

для бурения скважин глубиной до 100 м на глубинах моря до 75 м было рекомендовано судно водоизмещением 1000—1100 т [47].

Проведенные позднее ленинградскими конструкторами эскизная проработка и расчеты конструкции судна для бурения скважин глубиной до 200 м при глубине воды 200 м в арктических морях показали, что его водоизмещение составит 2300 т при длине корпуса 68 м и максимальной ширине 13 м. Экипаж подобного судна будет включать 40 человек команды и 25 научных сотрудников и рабочих-буровиков. Мощность главных двигателей — 1840 кВт [62].

В соответствии с рекомендациями исследователей ВМНПО "Союзморинжгеология" для бурения инженерно-геологических скважин на глубинах моря от 80 до 300 м должны использоваться специально спроектированные суда водоизмещением 5000—6000 т, оборудованные системой динамического позиционирования (ДП) и дизель-электрическим приводом [55].

Важными факторами, определяющими типоразмер судна, являются способность его противостоять крену до 7° , грузоподъемная сила, размеры рабочих площадей, необходимых для бурения скважин конкретных диаметров и глубин по воде и по породам, осадка судна, автономность его плавания, затраты на постройку и эксплуатацию.

Обычно чем больше глубина скважины по воде и породам, тем больше размеры, грузоподъемность и водоизмещение бурового судна. Так, водоизмещение судов "Дискаверер III" (Япония) и "Сайпем II" (Италия), предназначенных для бурения скважин глубиной 300 м по воде и 7600 м по породам, составляет 11 330 и 13 000 т соответственно; судна "Седко-445" (США, Япония) для скважин глубиной 600 м по воде и 7600 м по породам — 14 000 т; судна "Пеликан" (Франция) для скважин глубиной 300 м по воде и 6000 м по породам — 16 450 т.

При увеличении водоизмещения судна уменьшается качка, но возрастают расходы на его содержание и сокращается изучаемая площадь мелководий из-за увеличения осадки. В то же время при возрастании водоизмещения может снизиться себестоимость работ за счет увеличения коэффициента рабочего времени. Осадка судна может быть уменьшена благодаря правильному подбору его корпуса. Для этого необходимо строить суда, специально предназначенные для выполнения геолого-разведочных работ. Пока же, обобщая рекомендации упомянутых выше исследователей и основываясь на собст-

венном опыте бурения на море, предлагается технический ряд БС, состоящий из трех основных типов, область применения которых ограничена глубинами акваторий шельфа и разведочных скважин по породам:

I — для глубин воды до 50 м и глубин бурения по породам до 100 м целесообразно создание БС водоизмещением 700—1200 т, оборудованных закорной и якорной системами стабилизации и подруливающими устройствами для обеспечения самостоятельной раскладки и выборки якорей;

II — для глубин воды 100—200 м и глубин бурения по породам до 200 м должны использоваться специально спроектированные БС водоизмещением 1500—2500 т, оборудованные якорной системой удержания и подруливающими устройствами для обеспечения самостоятельной раскладки и выборки якорей;

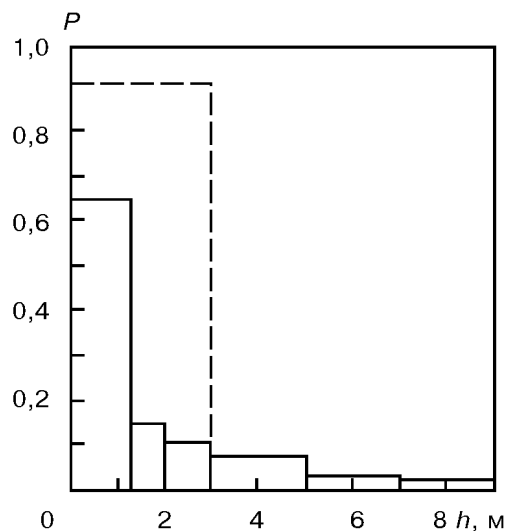
III — для глубин воды 200—300 м и глубин бурения по породам до 300 м должны использоваться специально спроектированные БС водоизмещением 5000—6000 т, оборудованные якорной системой удержания на глубинах моря до 200 м и системой динамического позиционирования на больших глубинах.

2. Обладать хорошей мореходностью, которая также характеризует коэффициент и эффективность использования БС.

Анализ вероятности появления волнения различной интенсивности на шельфах морей, омывающих берега России, показывает, что при работе в условиях волнения только до 3 баллов (высота волны до 1,25 м) БС 38 % времени года будет простаивать в ожидании улучшения гидрометеорологических условий (рис. 40). Возможность проведения работ при волнении до 4 баллов (высота волны до 2 м) сокращает время простоев до 20 %, а при волнении до 5 баллов (высота волны до 3 м) это время составляет всего 10 %.

В целях максимального использования времени года для буровых и исследовательских работ на шельфах морей России достаточно и желательно располагать буровыми судами, позволяющими бесперебойно работать с них при высоте волн до 3 м включительно. Стремление к проведению работ при большем волнении нецелесообразно, так как техническое обеспечение бурения при волнении более 5 баллов очень сложно, а вероятность встречи такого волнения на шельфе мала и составляет всего 0,1. Причем большая часть этого времени приходится на зиму, и его можно использовать для ремонта оборудования и судна на берегу или в доках.

Рис. 40. Вероятность \hat{e} возникновения волн различной высоты h



3. Иметь архитектурно-конструктивный вид, соответствующий условиям и режиму работы судна.

Для бурения скважин в конкретных условиях необходимо строительство специальных судов соответствующего типа, а не переоборудование серийных (например, рыболовецких). Это требование полностью согласуется с рекомендациями В.И. Савельева [44] и специалистов ВМНПО "Союзморинжгеология" [55], выработанными на основе многолетнего опыта научной и производственной деятельности. В ряде стран (США, Япония, Франция и др.) переоборудование судов признано нецелесообразным в связи с технологической нерентабельностью.

Переоборудование судов не обеспечивает требований в части их мореходности, энерговооруженности, удобства размещения бурового, геофизического и аппаратурного комплексов и т.д. Все это приводит к существенному снижению качества и производительности геолого-разведочных работ. Поэтому необходимо создавать специализированные буровые суда, которые должны характеризоваться широким корпусом, развитой в высоту носовой надстройкой и большой свободной площадью палубы. Однокорпусные и двухкорпусные БС первого типа конструктивно должны быть близки к десантным судам, которые безопасно подходят почти к урзу воды и позволяют бурить на мелководье.

В связи с конверсией в России профессор Санкт-Петербургского государственного горного института И.Г. Шелковников предлагает использовать для проведения геолого-разведочных и добычных работ подо льдом арктических морей атомные подводные лодки (АПЛ) с остаточным энергоресурсом 15—20 лет и надводные суда старой постройки [63]. Оценивая это предложение, следует учесть два важных обстоятельства: 1) геолого-разведочные работы подо льдом арктических морей не запланированы на федеральном уровне и не финансируются; 2) в отечественной практике нет готовых конструкций надежных подводных буровых установок, приспособленных для работы с АПЛ.

Время, необходимое для решения указанной проблемы, соизмеримо с остаточным энергоресурсом АПЛ. Поэтому в настоящее время достаточно, по-видимому, передать на баланс геолого-разведочных служб не более двух АПЛ для обустройства их геофизическим, пенетрационно-каротажным и буровым оборудованием и отработки технологических процессов при работе этого оборудования в натурных условиях.

Для выполнения производственных геолого-разведочных работ на море необходимо строить специализированные буровые подводные установки и надводные суда, существенно отличающиеся по рациональным формам, размерам и архитектуре от АПЛ и надводных кораблей.

4. *Иметь повышенную остойчивость.* Это объясняется целым рядом обстоятельств. В частности, одна из особенностей бурового процесса заключается в необходимости размещения на палубах БС тяжелого оборудования и аппаратуры с высококорасположенным центром тяжести. Еще больше смещается центр тяжести БС вверх при извлечении из скважины бурового снаряда и особенно обсадных труб. При этом остойчивость судна ухудшается, и оно может опрокинуться, если нарушены правила выполнения отдельных операций бурового процесса и БС не имеет достаточной метацентрической высоты.

5. *Иметь при волнении моря 5 баллов крен и дифферент не более 7°, амплитуду вертикальных и горизонтальных перемещений не более 0,7 м.* При повышенной остойчивости БС должно иметь плавную качку, поскольку резкая, порывистая качка отрицательно сказывается на состоянии экипажа, буровиков и научного персонала. При порывистой качке возрастает вероятность повреждения точной аппаратуры, затрудняется или становится вообще невозможным поддержание

рациональных режимов, например осевой нагрузки на забой при вращательном бурении.

6. *Оснащаться специальными успокоителями бортовой и килевой качки* (боковые и торцевые кили, боковые управляемые рули, успокоительные цистерны и т.п.). Кроме того, при строительстве БС необходимо обоснованно выбирать соответствующую форму обводов корпуса судна и главные его размерения, что позволит при волнении моря 5 баллов исключить наклон находящегося на скважине судна более чем на 7°.

7. *Быть универсальными, т.е. иметь возможность выполнять различные виды работ без существенного переоборудования судна* (бурение требуемым способом и соответствующими техническими средствами, отбор донных проб грунта, геофизические и другие необходимые исследования).

Соблюдение этого требования увеличивает коэффициент использования БС и способствует быстрой окупаемости средств, затраченных на его постройку, так как отдельные виды выполняемых работ имеют разные ограничения по волнению моря. Так, при волнении моря до 4 баллов БС может быть задействовано для бурения разведочных скважин и пробоотбора, а при большем волнении — для геофизических и других, менее зависимых от волнения видов исследований, а также транспортных работ.

В зарубежной практике геолого-разведочных работ буровые суда обычно имеют многоцелевое назначение. Так, в США на судно для бурения в условиях арктических морей возлагаются функции базового и оно также обеспечивает работу наземных геолого-геофизических партий [47].

8. *Оснащаться комплексом контейнеризованного оборудования для выполнения любого из предусмотренных видов работ*: буровыми установками для каждого способа бурения; специализированным буровым технологическим оборудованием с типовыми узлами и унифицированными конструкциями; буровыми снарядами и инструментами в морском исполнении; буровыми вышками и мачтами; буровыми породотборниками; устройствами механизации и автоматизации бурового технологического процесса с применением трубо-разворотов, гидропатронов, автоперехватов колонны, подвижных вращателей, регуляторов режима работы, отметчиков глубины и т.п.; акустическими приборами и телеметрическими системами для контроля за положением водоотделяющей колонны и придонного устья скважины; геофизическими лебедками и кабелями; лабораториями с измерительной ап-

паратурой; контейнерами запасных материалов, инструментов и т.п.

Конструктивное исполнение компоновок перечисленного оборудования должно обеспечивать маневренность и гибкость использования отдельных способов бурения и их определенных комбинаций. При этом геолого-разведочная техника должна входить органическим элементом в судовой производственно-технический комплекс соответствующего типа-размера, быть надежной и безопасной в эксплуатации.

9. *Иметь площадки достаточных размеров для рационального расположения бурового оборудования, запаса материалов и выполнения технологических процессов, связанных с бурением скважин и отбором проб донных пород, а также просторную верхнюю палубу ближе к кормовой части для размещения геофизических лебедок и удобства работы с кабельными системами большой протяженности при буксировке магнитометров, сейсмокос и другой исследовательской аппаратуры.*

Для осуществления этих и других видов работ на судне должны быть зарезервированы фундаменты под основное оборудование (буровые станки, мачты, компрессоры, буровые и геофизические лебедки и т.п.), выполнена подводка кабелей и трубопроводов для подачи электроэнергии, воды, воздуха и пр.

На выбор размеров рабочих буровых площадок влияют тип БС, глубина скважины, высота буровой вышки, длина укладываемых на палубе судна труб, требования удобства и безопасности работы. Наименьшие размеры рабочей площадки и буровой вышки характерны для БС первого типа. Здесь необходима высота вышки 10–14 м и размеры рабочей площадки 7×10(12) м. При этом можно осуществлять спуск и подъем бурового снаряда свечами, составленными из двух стандартных бурильных труб, и укладывать эти свечи на палубе судна.

Высота вышки для БС второго типа — 18 м, а третьего — 24 м. Размеры рабочих буровых площадок при этом должны составлять примерно 8×16 и 10×20 м соответственно.

10. *Оборудоваться буровой вышкой с грузоподъемной силой 500 кН на БС первого типа, не менее 600 кН — на БС второго типа и не менее 750 кН — на БС третьего типа.*

Основными параметрами, определяющими грузоподъемную силу буровой вышки, являются диаметр обсадной колонны труб и глубина ее погружения в породы. Эти параметры определяются задачами и геологическими условиями бурения

и практически не зависят от типа БС. Поэтому суда всех типов было бы целесообразно оборудовать буровыми вышками одинаковой грузоподъемной силы. Однако водоизмещение и остойчивость судов первого и второго типов зачастую не позволяют оборудовать их вышками необходимой грузоподъемной силы.

Результаты замеров и расчеты тяговых усилий, возникающих при извлечении обсадных труб из производственных скважин, показывают, что для извлечения из скважины глубиной 30 м даже гладкоствольной колонны обсадных труб диаметром 0,168 м необходимо усилие 345 кН, а диаметром 0,273 м — 561 кН [7]. В то же время на практике для обсадки разведочных скважин на море используют трубы в основном муфтового соединения и погружают их в породы одной колонной иногда на глубину до 50 м. Для извлечения из скважин таких колонн недостаточно усилия даже 500 кН.

Увеличение грузоподъемной силы вышки требует соответствующего повышения ее прочности. Это вызывает увеличение массы вышки, водоизмещения, осадки судна, повышение центра тяжести и, как следствие, снижение его остойчивости и невозможность захода в акватории с малыми глубинами. Поэтому грузоподъемная сила вышки, рекомендуемая для БС первого типа, ниже требуемой. В соответствии с этим необходимо проектировать конструкцию скважины (например, увеличить количество обсадных колонн, уменьшив длину контакта каждой из них с породами) и изыскивать новые способы уменьшения нагрузок на грузоподъемные средства и на судно при извлечении обсадных труб. Буровые суда второго и третьего типов менее ограничены водоизмещением и осадкой, не ориентированы на бурение на мелководье, поэтому их целесообразно оснащать буровыми вышками повышенной грузоподъемной силы.

11. *Оборудоваться поворотной стрелой или кран-балкой с грузоподъемной силой до 20 кН (БС первого типа) и судовым краном с грузоподъемной силой до 50 кН (БС второго и третьего типов) для приема оборудования, монтажных и ремонтных работ.*

12. *Обладать в загруженном состоянии запасом плавучести, достаточным для безопасного использования в работе всей мощности грузоподъемных механизмов.*

13. *Иметь такое расположение грузоподъемных средств (буровая вышка, кран, стрелы и пр.), чтобы при их работе равномерно использовался запас плавучести судна и не возникало опасности его опрокидывания.*

Известны конструкции БС с размещением буровой вышки сбоку судна, на корме и в центре (рис. 41). Наихудший вариант — расположение вышки сбоку судна. Недостатком этой схемы являются большие колебания и вибрации вышки при бортовой и килевой качке судна и ограничение ее грузоподъемной силы вследствие уменьшения остойчивости судна. Бурение скважин из центра БС сводит к минимуму влияние бортовой и килевой качки на процесс бурения по сравнению с забортным и кормовым монтажом бурового станка, что существенно повышает эффективность бурения. К недостаткам этой схемы можно отнести высокую стоимость переоборудования однокорпусных судов в связи с необходимостью вырезания части киля корпуса под буровой проем. Свободны от этого недостатка двухкорпусные суда, так как у них буровой проем оборудуют между корпусами, не уменьшая прочности судна (рис. 41, г).

14. *Иметь небольшую парусность.* Для этого буровые вышки должны проектироваться с возможностью их укладки (перевода из вертикального в горизонтальное положение) либо уменьшения высоты на период шторма или перехода БС из одного района бурения в другой. Например, буровая вышка может быть выполнена телескопической из двух частей: нижняя высотой 8—10 м для извлечения обсадных труб из скважин (длина отдельных труб из-за трудности их свинчива-

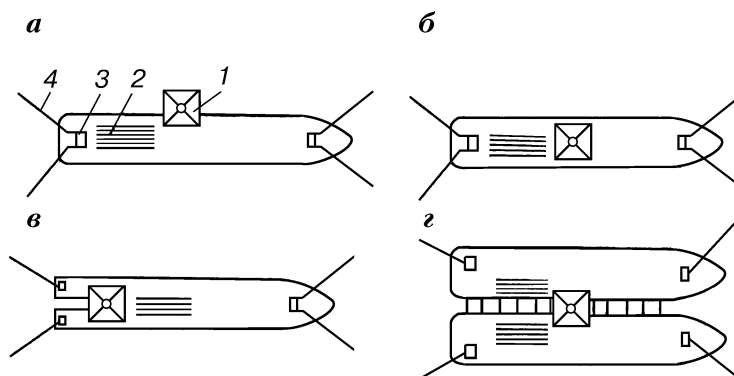


Рис. 41. Схемы размещения рабочих площадок и буровых вышек на судах:
а — сбоку судна; б — в центре однокорпусного судна; в — на корме однокорпусного судна; г — в центре катамарана; 1 — рабочая площадка; 2 — стеллаж для бурильных и обсадных труб; 3 — якорная лебедка; 4 — якорный трос

ния и отвинчивания в условиях качки БС не превышает 4 м); верхняя, выдвигающаяся из нижней гидравликой, используется для ускорения спуска и подъема буровой колонны и снарядов в процессе бурения.

15. *Иметь возможность временного отхода от бурового кондуктора (например, из-за шторма) и последующего подхода к нему.*

Распространенный вариант решений этой проблемы — выполнение в палубе БС под кронблоком буровой вышки сквозного, закрываемого лядами выреза шириной не менее 2 м. Наиболее просто это осуществимо на судах катамаранного типа, причем со смещенным расположением буровой вышки к носу или корме. В этом случае не нарушается целостность корпусов и прочность БС. Однако необходимо соблюдение условия — при максимальном нагружении смещенной от центра судна буровой вышки угол дифферента не должен превышать 7° .

16. *Оборудоваться надежной системой стабилизации на точке бурения.*

Эта проблема является наиболее трудной, так как движение БС в горизонтальной плоскости относительно придонного устья скважины на глубинах моря до 200 м не должно превышать 2 % от глубины моря в точке бурения (радиус 0,02 м на 1 м глубины) [22]. Для ее решения используют системы стабилизации: статическую, включающую закольные сваи или якоря, и динамическую, основанную на использовании акустической и электронной аппаратуры, винтов продольного и поперечного перемещений бурового судна.

Стабилизация при помощи закольных свай эффективна на малых глубинах акваторий (преимущественно до 8 м) при волнении не более 3 баллов. Якорная система стабилизации включает якоря, якорные тросы и установленные на БС якорные лебедки. Число якорей на БС всех типов должно быть не меньше четырех. Обычно их забрасывают с углов судна. В районах с сильными течениями и ветрами забрасывают дополнительные якоря по бортам БС. Необходимая масса якоря зависит от гидрологических условий в районе бурения, характеристики донных грунтов и типа якоря. Наибольшую удерживающую силу при меньшей собственной массе обеспечивает якорь Матросова. Его удерживающая сила на единицу веса составляет в илах — 23,9, в плотных песках — 51,5, в крупнокаменистых отложениях — 45,3 [6].

Работе якорной системы необходимо уделять постоянное внимание, особенно при сильном ветре, течениях и колеба-

ниях уровня воды, так как от правильного натяжения якорных тросов во многом зависит успех бурения.

Якорная система не гарантирует полной горизонтальной стабилизации БС. Под действием штормовых ветров и волн, течений и колебаний уровня воды якоря могут срывать и ползти по дну.

С ростом глубины воды в месте бурения необходимо увеличивать длину и сечение заброшенного троса, канатоемкость и мощность якорных лебедок. Это требует больших площадей на БС для размещения якорной системы, значительных затрат времени и физического труда на разброс и поднятие якорей, приводит к увеличению массы и стоимости якорной системы и соответственно размеров и стоимости постройки судна. Например, масса одной двухбарабанной лебедки с тросом диаметром 76 мм и длиной 1000 м составляет примерно 100 т.

Опыт показывает, что при бурении с однокорпусных судов требуются усиленные якорно-швартовные устройства с числом якорей 4–6 и более. Длина тросов на якорях принимается не менее 4, а в штормовой обстановке — 5–6 глубин моря с тяговыми усилиями не менее 12 кН [47].

Свободна от перечисленных недостатков система динамического позиционирования (ДП). По сравнению с якорной системой она повышает точность и надежность удерживания БС на точке бурения, особенно в штормовую погоду. Однако стоимость системы ДП на 50 % больше, чем якорной системы стабилизации [18]. Кроме того, применение системы ДП связано с большим расходом топлива на работу дизель-электрического привода винтов продольного и поперечного перемещения судна. Поэтому для бурения разведочных скважин глубиной до 300 м по породам экономически рациональными системами стабилизации БС признаны якорная на глубине акваторий до 200 м и динамическая — на глубинах больше 200 м. В штормовую погоду последнюю целесообразно применять и на меньших глубинах, так как якорная в таких условиях не гарантирует необходимой горизонтальной стабилизации БС.

С учетом особенностей и возможностей известных систем стабилизации для эффективного бурения разведочных скважин рекомендуется оснащать буровые суда различных типов следующими системами стабилизации: БС I типа — закольными сваями и якорной системой; II типа — якорной обязательно и динамической (желательно) системами; III типа — якорной и динамической системами.

17. Укомплектовываться специальными техническими средствами для быстрой постановки судна на точку бурения на якоря.

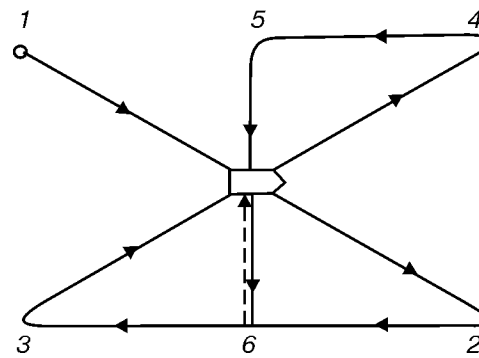
Якоря массой до 400 кг обычно развозят на "мотозавозне". Для БС указанных выше водоизмещений потребуются якоря массой более 1 т. Для их постановки мотозавозня должна быть оборудована механическими грузоподъемными средствами (стрела, лебедка). По валовой вместимости и мощности двигателя мотозавозня может быть неподведомственной Морскому регистру судоходства и обеспечивать автономное плавание при волнении, значительно меньшем, чем БС (до 3 баллов). Поэтому самостоятельно передвигаться на открытые отдаленные акватории ей нельзя, и на палубах БС необходимо предусмотреть штатное место для ее размещения.

Представляет интерес способ разброса якорей непосредственно самим БС. Например, судно "Уайт-торн" при специализированном картировании шельфа Англии становилось на шесть якорей массой по 1,8 т каждый за 3 ч без вспомогательных судов по схеме, приведенной на рис. 42 [47].

Постановка БС на якоря по первому и второму способам сопряжена с большими затратами времени и физического труда. Поэтому необходимо принципиально иное решение, например путем выстреливания якоря в требуемом направлении из специальной пушки. Подъем якорей можно осуществить быстро и без больших затрат физического труда с помощью только самого БС по схеме рис. 42 в обратном порядке.

18. Оснащаться средствами, обеспечивающими эффективную автоматическую ориентацию судна по направлению волн в процессе бурения.

Рис. 42. Схема постановки судна на якоря без помощи вспомогательных плавсредств



Эта проблема важна для БС второго и особенно третьего типов, выполняющих бурение сравнительно глубоких скважин. Обычно в начале бурения судно устанавливает носом на волну. При продолжительном периоде бурения скважины направление ветра и волн по нескольку раз меняется, и судно может оказаться в положении бортом на волну. При этом усиливаются качка и дрейф БС.

Принципиально проблема постоянной ориентации БС носом на волну относительно просто может быть решена на судах, оснащенных системой ДП. В этом еще одна причина необходимости установки на БС второго и третьего типов систем ДП. Эффективных решений этой проблемы для БС с якорной системой стабилизации не существует. При крайней необходимости переориентации положения на скважине заякоренного БС поднимают все якоря и устанавливают их в новых требуемых направлениях. В условиях волнения моря выполнение этих операций трудно и небезопасно.

19. *Оснащаться совершенными навигационными системами для определения геодезических координат местоположения БС в море при бурении, пробоотборе, исследовательских измерениях и выполнении работ с буксируемой аппаратурой.* Традиционные средства геодезической привязки БС (спутниковая и радионавигационная системы, средства астрономического ориентирования и математического вычисления) по точности определения координат во многих случаях не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к различным видам морских геолого-геофизических исследований и буровых работ.

Значительно большую достоверность и ценность получаемой геологической информации обеспечивают гидроакустические навигационные системы, так как они позволяют определять координаты местоположения надводного БС, придонного устья скважины или пробоотборника с необходимой точностью [17].

20. *Располагать отдельными энергетическими мощностями для привода непосредственно бурового комплекса, включающего следующее основное, иногда одновременно работающее (например, при извлечении обсадных труб из скважин) оборудование: буровую лебедку, вибромолот, насос и вращатель.*

Опыт бурения показал рациональность применения на ПБУ двух лебедок: одна используется для спуска и подъема буровых снарядов и выполнения технологических операций в процессе бурения, другая с талевой оснасткой — для извле-

чения обсадных труб из скважин. В расчете мощности привода бурового комплекса достаточно учитывать мощность привода только одной лебедки (большую), так как одновременная работа двух лебедок не практикуется. Исходя из параметров разведочных скважин, аналогами буровых лебедок по мощности привода для БС первого типа являются лебедки буровых станков ЗИФ-650 (30 кВт) или СКБ-5 (30 кВт). Для БС второго и третьего типов — одна лебедка бурового станка СКБ-5 (30 кВт) и одна — станка ЗИФ-1200 (55 кВт).

Среди вибромеханизмов, облегчающих и ускоряющих извлечение обсадных труб из скважин, следует ориентироваться на хорошо зарекомендовавшие себя при бурении скважин на суше вибромолоты С-835 (14 кВт).

Буровых насосов на судне может быть несколько: поршневой типа НБ-4 (22 кВт) или НБ-5 (37 кВт) для вращательного бурения и извлечения труб, поршневой типа НБ-50 (48 кВт) для бурения с гидротранспортированием керна и извлечения труб. В расчете мощности привода бурового комплекса следует учитывать затраты энергии на привод наиболее мощного насоса, т.е. 48 кВт.

Таким образом, для одновременной работы только буровой лебедки, вибромолота и насоса необходима мощность $(30 + 14 + 48) = 92$ кВт на БС первого типа и $(55 + 14 + 48) = 117$ кВт на БС второго и третьего типов. С учетом затрат энергии на привод вращателя минимальная мощность для привода бурового комплекса на БС первого типа должна составлять 100 кВт, второго и третьего типов — 130 кВт. Эти минимальные значения мощностей приводов бурового комплекса полностью согласуются с требованиями работников АО «Дальморгеология», выработанными на основе практического опыта бурения разведочных скважин на море с ПБУ.

Для привода систем стабилизации БС, освещения рабочих буровых площадок и т.п. целесообразно задействовать энергетические мощности судна, которые высвобождаются в связи с отсутствием хода судна во время бурения.

21. *Достаточно быстро перемещаться (со скоростью не менее 10 узлов) и самостоятельно переходить в районы работ любой удаленности от базы. В то же время БС для работы с буксируемой аппаратурой должно обладать возможностью длительного малого хода. Это требование выполняется путем применения дизельной установки с винтом регулируемого шага (ВРШ) либо энергетической установки (ЭУ) с электродвижением.*

22. *Иметь хорошие маневренные качества, что крайне не-*

обходимо при взятии донных проб грунта, установке донных гравиметров, а также плавании вблизи подводных опасностей, на мелководье и в узкостях. Обеспечивается это требование применением двухвальных электроуправляемых активных рулей, подруливающих устройств и выдвижных поворотных колонок.

23. *Быть автономным*, т.е. бурить скважину максимальных параметров или выполнять геофизические работы без дополнительного снабжения.

На бурение разведочной скважины максимальных параметров без осложнений уходит не более 3–4 сут, при осложнениях, вызванных погодными условиями или аварийными ситуациями, — в 2–3 раза больше. Кроме того, БС должно иметь на 2–3 сут резерв топлива и питания для перехода с базы к месту работ и обратно. Поэтому автономность БС первого типа должна составлять не менее 15 сут, второго и третьего типов — не менее 25 сут.

24. *Строиться с учетом возможности максимального снижения уровня шума и вибрации*. Это необходимо для того, чтобы создавать как можно меньше помех при работе научно-исследовательской аппаратуры, используемой, например, при проведении сейсмологических измерений. С этой целью главные и вспомогательные механизмы судна следует устанавливать на амортизаторы, использовать мал шумную систему кондиционирования воздуха и предусматривать большую толщину изоляции судовых помещений, чем на судах, не предназначенных для акустических измерений.

25. *Оставаться на плаву при затоплении, по крайней мере, двух смежных отсеков в носовой оконечности*.

Обусловлено это тем, что в процессе эксплуатации судно может подвергаться опасности посадки на мель, так как работы ведутся в малоизученных районах и в мелководной зоне. Такой опасности больше всего подвергается носовая часть БС первого типа.

26. *Иметь высокую степень механизации и автоматизации управления*. В первую очередь это относится к механизации трудных и опасных в условиях качки процессов свинчивания и отвинчивания обсадных и бурильных труб, подачи их к скважине, укладки на палубу и в стеллажи, а также к автоматизации процессов якорной и динамической стабилизации положения судна.

27. *Оборудоваться высокоэффективными системами борьбы с обледенением*. Для БС, работающих в холодное время года, это особая проблема, так как лед аккумулируется глав-

ным образом на высокорасположенных конструкциях (буровая вышка, кран, мачты), что ведет к значительной потере остоичивости. Борьба со льдом методами скалывания или смывания горячей водой для буровой вышки практически безрезультатна. Достаточно эффективен метод электроподогрева, когда конструкции вышки обматывают проводом и по нему пропускают ток. По опыту бурения с полупогружных платформ для защиты от льда буровой вышки высотой 43 м требуется 600 м провода, потребляемая мощность составляет 14 кВт. Интересен опыт применения специальных электроодежд для защиты от обледенения штабелей буровых труб. Электроодежды имеют размеры 1×6 м и потребляют энергии 450 Вт на 1 м² [48].

28. *Иметь достаточное количество лабораторных помещений* для выполнения экспресс-анализов керна, что повышает эффективность геолого-разведочных работ, так как позволяет своевременно корректировать их направления и оценивать результаты.

29. *Иметь достаточное количество жилых мест* для комфортного и безопасного пребывания на судне необходимого количества специалистов.

Перечисленные требования к БС являются основными. Необходимость выполнения их обусловлена спецификой бурения, пробоотбора, геофизических работ и исследований с применением научной аппаратуры. Существует также ряд требований к БС общего характера (надежная защита от коррозии, малая осадка и т.д.), многие из которых сформулированы в правилах безопасности при геолого-разведочных работах на воде. Кроме того, буровые суда должны быть спроектированы и эксплуатироваться в соответствии с правилами Морского регистра и международными инструкциями по классификации, постройке и оборудованию морских судов, безопасности жизни на море и предотвращению его загрязнения.

5.2. РАЦИОНАЛЬНЫЙ ТИП СУДНА ДЛЯ БУРЕНИЯ НА БЕЗЛЕДОВЫХ АКВАТОРИЯХ

Для бурения на незамерзающих морях целесообразно использовать катамараны — суда с двумя соединенными в верхней части параллельными корпусами. Формы обводов каждого корпуса катамарана выполняют в соответствии с требованиями Морского регистра по мореходности и уста-

навливают на некотором расстоянии друг от друга. Благодаря этому катамараны имеют сравнительно большую ширину, достаточную скорость хода, хорошие условия обитаемости и выгодно отличаются от однокорпусных судов по многим важным для бурения показателям, к которым относятся:

большая площадь палубы, что позволяет свободно разместить на ней все оборудование, необходимое для бурения, геофизических и инженерных исследований;

возможность выполнения центрального проема в палубе БС для пропуска через него буровых снарядов в скважину без нарушения целостности корпусов судна;

высокая маневренность за счет двух широко разнесенных гребных винтов, что облегчает отход от скважины и последующий подход к ней;

большая поперечная остойчивость, позволяющая разместить технологическое и другое оборудование по наиболее эффективной для производственной работы схеме, исключить опасность опрокидывания судна при его обледенении и извлечении обсадных труб из скважин, обеспечить свободное маневрирование производственными грузами на палубах судна, разместить жилые помещения на верхней палубе;

умеренная качка судна, превращающая его в устойчивую производственную платформу и допускающая работу практически при любом волнении.

Подтверждением тому являются результаты испытаний катамаранов серии "Эксперимент" [25], имеющих следующие основные характеристики:

	"Эксперимент"	"Эксперимент-2"
Длина, м.....	39,7	41,5
Ширина, м:		
общая теоретическая.....	19,0	19,0
одного корпуса.....	7,3	7,3
Высота борта до верхней палубы, м.....	4,08	4,5
Водоизмещение, т:		
порожного.....	670	938
полного.....	945	1210
Осадка при полном водоизмещении, м.....	3,0	3,6
Вертикальный клиренс, м.....	1,0	1,4
Число мест в каютах.....	32	42
Мощность главных двигателей, кВт.....	2×220	2×397
Скорость хода на испытаниях, узлы.....	9,0	10,0

Испытания проводили в зимний период в Северном море с выходом в Северную Атлантику. Рейс без заходов в порты и укрытия продолжался 59 сут, из которых 26 были штормовыми. Трижды катамаран попадал в шторм с силой ветра 10 баллов и более. В этих условиях намеренно останавливали

главные двигатели, и он оказывался в состоянии свободного дрейфа и располагался лагом к волне. Амплитуда бортовой качки катамарана в этих условиях составляла всего $2,5^\circ$ при периоде колебаний 5,6 с, а палуба оставалась сухой и не заливалась набегавшими на него волнами. Морской буксир примерно такого же водоизмещения, сопровождавший катамаран, штормовал в это время "носом на волну" и испытывал бортовую качку с амплитудой $18-20^\circ$, а иногда $27-30^\circ$. Во время одного из этих штормов в Северном море погибли четыре судна, причем два из них опрокинулись.

Катамараны наиболее полно отвечают требованиям, предъявляемым к буровым судам, в том числе по мореходным качествам. В частности, у катамарана "Эксперимент-2" максимальная скорость хода 10 узлов, автономность плавания 27 сут, коэффициент безопасности по критерию погоды 8,72.

В качестве успокоителей качки катамаранов и БС других типов, работающих на безледовых акваториях, могут быть использованы: боковые и торцевые кили; крылья-успокоители, устанавливаемые между корпусами катамарана; управляемые боковые рули; системы стабилизации типа Флюм, якорная, а также динамическая для бурения на глубинах моря более 80 м. Кроме того, на безледовых акваториях могут устанавливаться волнорезы, уменьшающие силы воздействующих на судно волн.

5.3. К ВЫБОРУ РАЦИОНАЛЬНЫХ ТИПОВ БУРОВЫХ ОСНОВАНИЙ И ОРГАНИЗАЦИИ БУРЕНИЯ В ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЯХ

Акватории шельфа морей с постоянно и временно существующими ледовыми условиями условно можно разделить на четыре района:

районы, покрытые мощным и неподвижным ледяным покровом в течение всего года;

районы, в которых льды находятся в постоянном движении, а свободной воды почти не бывает;

районы, обычно свободные ото льда в течение нескольких месяцев, но в которых в любое время могут появиться дрейфующие льды;

районы, свободные ото льда несколько месяцев, но в которых могут появиться айсберги.

В районах с мощным ледяным покровом могут быть ис-

пользованы наземные буровые станки, устанавливаемые на выровненные и соответствующим образом укрепленные ледяные площадки. В случае слабого перемещения ледяного поля (несколько метров в день) буровая установка должна передвигаться по льду, оставаясь неподвижной относительно дна моря.

Проекты реализации такого требования различны. Например, предлагается баржа на воздушной подушке с обогревом корпуса. По прибытии на место бурения она проталивает лед и крепится к дну моря якорями. Предлагается также полупогружная платформа с одной колонной между понтонами и верхней площадкой и фрезерным устройством для разрушения надвигающегося льда.

При необходимости бурения *в районах с постоянно движущимися льдами* следует ориентироваться преимущественно на подводные буровые установки, управляемые дистанционно с однокорпусного судна усиленного ледового класса.

Бурение *в районах с отдельными дрейфующими льдами* необходимо осуществлять с однокорпусного бурового судна усиленного ледового класса, способного противостоять напору дрейфующей льдины или разрушать ее на льдины меньших размеров. Сильное волнение на таких акваториях бывает редко, так как волны гасятся дрейфующими льдами. Тем не менее в качестве успокоителей качки БС могут быть использованы системы стабилизации типа Флюм и якорная. Правильная работа якорных тросов может быть затруднена из-за дрейфующих льдов. Поэтому здесь предпочтительнее динамическая система стабилизации, и ее следует применять на глубинах акваторий более 80 м (минимально необходимая для системы ДП).

В свободных ото льда районах с появляющимися иногда айсбергами бурение можно вести с катамаранов при специально налаженной организации работ и обеспечении их соответствующими службами и вспомогательными судами. В качестве успокоителей качки катамарана могут быть использованы мероприятия и средства, рекомендованные для работы БС на безледовых акваториях. На глубинах акваторий более 80 м предпочтение следует отдавать динамической системе стабилизации катамарана, так как применение якорной может быть осложнено дрейфующими айсбергами.

Наиболее эффективным средством предупреждения аварий, вызываемых надвигающимися на БС большой льдиной или айсбергом, является своевременная авиационная разведка ледовой обстановки в районе работ и точный прогноз траек-

тории дрейфа льдины или айсберга. Благодаря такому прогнозу можно заранее оценить ситуацию и принять соответствующие меры: а) успеть завершить бурение, демонтировать скважину и уйти из опасной зоны; б) поднять буровой снаряд из скважины, привести морской буровой кондуктор (МБК) в безопасное положение и отвести БС из опасной зоны, а после ухода льдины или айсберга подвести БС к скважине, смонтировать МБК и продолжить бурение.

При бурении разведочных скважин целесообразно ограничиться первым мероприятием, так как скважины сравнительно неглубокие и завершить бурение многих из них можно успеть до подхода очередной большой льдины или айсберга. Принятие второго решения требует совершенствования пока еще малонадежных и неэффективных (или разработки новых) способов сохранения целостности кондуктора (например, опускание МБК на дно моря или отсоединение части его у придонного устья скважины), систем контроля и другого оборудования для последующего нахождения устья скважины, приведения кондуктора в рабочее состояние и установки БС на скважину. Тем не менее эта задача требует решения, так как необходимость временного отвода БС от незаконченной скважины возникает также при бурении на безледовых акваториях, например, из-за шторма.

Оригинальным решением проблемы безопасного бурения в районах с движущимися айсбергами является отвод их от БС специальным буксиром. Это решение апробировано при бурении в районе Ньюфаундленда с судна *Discoverer Seven Seas* скважины глубиной 4610 м по породам при глубине воды 1490 м. БС сопровождал мощный корабль, приспособленный для буксирования из зоны бурения айсбергов массой до 400 тыс. т.

Вывод айсбергов практикуется также при разведке и эксплуатации нефтяных месторождений в районе шельфа Лабрадора (Арктика). Здесь в связи с большим количеством айсбергов используются только БС с динамической стабилизацией и рабочий сезон продолжается 4 месяца — с июля по октябрь.

Наблюдения за айсбергами проводятся круглосуточно с использованием необходимых современных технических средств. Траектории движения всех айсбергов, находящихся на расстоянии до 22 км от БС, наносят на специальную схему. В случае приближения айсберга к судну он выводится из опасной зоны специальным буксиром, постоянно присутствующим в районе работ. Это позволяет снизить простои оборудования до минимального уровня (0–5 %).

5.4. ПУТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СПОСОБОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ БУРЕНИЯ

При разработке рекомендаций по усовершенствованию способов, схем, оборудования и технологий бурения использованы обширные литературные и патентные материалы отечественных и зарубежных специалистов и результаты собственных исследований авторов [59]. Излагаемые рекомендации предусматривают не только снижение влияния качки и дрейфа БС на процесс бурения, но и повышение геологической информативности и безопасности бурения, снижение трудоемкости работ и загрязнения акваторий.

Основное требование к разрабатываемой технологической схеме любого способа бурения — возможность эффективного решения с ее помощью геологических или других задач, определяемых назначением скважины и стадией геолого-разведочных работ. С целью уменьшения времени и материальных затрат на бурение скважин следует использовать возможность бескернового бурения хотя бы некоторых интервалов.

Определять возможные интервалы бескернового бурения должны геологи по геофизическим данным, предшествующим бурению, и результатам экстраполяции геологических материалов других скважин, пробуренных в этом же районе. В процессе бурения, учитывая получаемые геологические и геофизические результаты, количество и мощности интервалов бескернового бурения необходимо корректировать. Из этого следует, что за экономическую эффективность бурения скважин на море должны отвечать не только буровики, но и геологи. Поэтому в составлении геолого-технического наряда на бурение каждой скважины и корректировке его в процессе бурения должны участвовать геологи, хорошо владеющие методами экстраполяции и интерполяции геологических данных, а также методами интерпретации данных геофизики.

Ориентируясь на опыт бурения зарубежных фирм с применением схем промывки скважин с изливом жидкости у дна моря, специалистам охраны фауны и флоры морской среды нашей страны следует дать научное обоснование минимальных глубин акваторий различных районов, на которых можно бурить с изливом в море восходящего из скважины потока раствора или морской воды.

Бурение любым способом верхних интервалов морских

отложений, представленных водонасыщенными, неустойчивыми илистыми и песчаными породами, необходимо осуществлять с опережающим креплением скважины трубами, так как эти породы склонны к заплыванию, обрушению и размыву.

Все способы и технологии бурения с судна должны исключать: жесткую связь буровых исполнительных органов с БС и влияние качки и дрейфа последнего на выполнение трудоемких операций и оптимизацию режимов бурения; отрицательное воздействие промывочных растворов или находящейся в скважине воды на выход керна, чистоту акваторий, сохранность морской фауны и флоры.

Для обеспечения рациональной комбинации способов бурения БС следует оснащать механизмами (молоты, вращатели, лебедки) с индивидуальными силовыми приводами. Разработки новых механизмов и буровых станков должны быть ориентированы на полную автоматизацию их работы и возможность дистанционного управления процессом бурения. Методы выполнения отдельных процессов бурения должны предусматривать использование энергетических и очистных возможностей морской воды.

Кроме общих рекомендаций для каждого рационального способа бурения и отдельных, связанных с ним процессов (например, извлечения обсадных труб из скважин) разработаны конкретные рекомендации.

5.4.1. УДАРНО-ЗАБИВНОЕ БУРЕНИЕ

Схемы, техника и технология ударно-забивного бурения должны обеспечивать вертикальность погружения обсадной колонны в породы с опережением забоя скважины и исключать отрицательное воздействие находящейся в колонне воды на выход керна.

Погружение колонны обсадных труб в породы ударами более эффективно по схеме с неторцевым соударением забивного снаряда и колонны, чем по схеме с торцевым. Первая схема в два раза увеличивает количество волн деформаций при каждом ударе, время воздействия удара на колонну и погружение ее в породы за удар. В целях повышения КПД удара необходимо стремиться к схемам, в которых удары наносят не по наголовнику, а по башмаку погружаемой в породы колонны обсадных труб.

Механизмы для погружения в породы обсадной колонны

и керноприемника не должны иметь жесткой связи с качающимися на волнах БС.

Определяющим технологическим параметром режима ударно-забивного бурения на море по выходу керна является скорость погружения обсадных труб и керноприемников в породы. Влияние ее на выход керна не монотонно. Рациональным по выходу керна и производительности бурения рекомендуется режим погружения труб в обводненные породы со скоростью более 0,16 м/с, при этом линейная потеря керна не превышает 5 %.

Так как морское дно представлено в большинстве случаев сильнообводненными породами, забуривание скважины следует производить сбрасыванием обсадной колонны с максимально возможной и допустимой по ее прочности высоты. Это обеспечивает большие механические скорости бурения, высокий процент выхода керна и вертикальность забиваемой колонны, что важно для дальнейшего эффективного ее погружения и извлечения.

Бурить в рыхлых породах скважины глубиной до 5 м от дна моря следует погружением в них труб без интервального опробования, т.е. одним рейсом. Это обеспечивает более высокий выход керна, чем при бурении таких же скважин с поинтервальным отбором керна, и на 30–40 % повышает производительность бурения за счет исключения операций по отбору керна из колонны керноприемниками.

Сильноводонасыщенные породы и плывуны на любом горизонте скважины следует полностью перекрывать обсадной колонной с последующим отбором керна из нее забивными керноприемниками. При этом, как и при бурении без интервального опробования, колонну необходимо погружать с максимально возможным и допустимым по ее прочности углублением за удар.

Техника и технология для отбора керна из внутренней полости обсадной колонны не должны допускать отрыва керноприемных стаканов от забоя скважины качающимися на волнах БС. С этой целью перспективно создание забивных керноприемников с автономным погружным электро-, вибро- и гидроприводом или с ударной штангой, не имеющей связи с керноприемным стаканом.

Бурить скважины в слабоводонасыщенных породах необходимо по схеме с одновременным погружением в них колонны и зафиксированного в ней керноприемника. Конструкции керноприемников, схемы и режимы бурения должны исключать вредное влияние на выход керна находящейся в

скважине воды или углубление за удар следует ограничивать до 0,05 м, регулируя энергию удара изменением высоты сбрасывания забивного снаряда.

При ударах по колонне элементы механизма жесткой фиксации керноприемника не надежны, так как воспринимают усилия в сотни килоньютонов и в них возникают напряжения, превышающие допустимые. Необходимо использовать способы фиксации керноприемников, обеспечивающие их незначительный отход от башмака колонны во время нанесения удара по ней и возвращение в исходное положение в промежутках между ударами.

Перед извлечением из скважины керноприемника любого типа обсадную колонну необходимо заполнить водой для повышения противодействия на породы забоя. Скорость извлечения керноприемника должна быть такой, чтобы при его подъеме уровень воды в колонне не повышался. Это исключит образование под керноприемником зоны разрежения. Извлекаемый из скважины керноприемник вначале необходимо приподнять на 0,1–0,2 м от забоя и на мгновение остановить. При этом уменьшается поршневание, так как находящаяся выше керноприемника вода устремляется в освободившееся под ним пространство и размывает породы, находящиеся в кольцевом зазоре.

Для дальнейшего повышения производительности бурения и качества опробования необходимо разработать конструкции фиксируемых в колонне обсадных труб керноприемных снарядов, которые независимо от углубления за удар ограждали бы керн от отрицательного воздействия находящейся в скважине воды. В качестве их прототипов могут быть использованы керноприемники прямоточные, вакуумные, с элементами, отделяющими керн от находящегося выше него столба воды, и т.п.

Керноприемные снаряды должны иметь устройства для контроля их положения относительно башмака погружаемой в породы ударами колонны обсадных труб и для контроля за поступлением керна в керноприемник.

Принцип работы и конструкция керноприемного снаряда должны исключать его заклинивание в колонне обсадных труб.

Для бурения в обводненных породах необходим кернодержатель, обеспечивающий минимальное сопротивление продвижению через него керна и надежное его удержание при извлечении из скважины керноприемника. В основе работы кернодержателя должен быть заложен принцип прину-

дительного закрывания нижнего торца керноприемника перед его подъемом из скважины.

5.4.2. ВРАЩАТЕЛЬНОЕ БУРЕНИЕ

При создании техники вращательного бурения разведочных скважин, задачей которого в большинстве случаев является отбор керна ненарушенной структуры, необходимо ориентироваться на буровые станки и механизмы с гидравлической подачей инструмента на забой, позволяющей регулировать и поддерживать заданное осевое усилие на буровую коронку в процессе бурения.

Схемы и технику вращательного бурения разведочных скважин с плавучих буровых установок (ПБУ) необходимо разрабатывать с учетом наличия на скважине предварительно погруженной в породы дна обсадной колонны и использовать ее для стабилизации вращающихся механизмов, каждый из которых должен с целью исключения их жесткой связи с ПБУ оснащаться индивидуальным силовым приводом.

Силовой привод вращающего механизма, устанавливаемого на обсадной колонне (кондукторе), необходимо располагать симметрично оси кондуктора, что уменьшит колебания бурового снаряда и позволит бурить на оптимальных режимах.

Буровые станки и механизмы должны оснащаться вращателями преимущественно с плавным изменением частоты вращения бурового снаряда от 0 до 1200 об/мин; во вращателях с дискретным изменением частоты вращения первая скорость должна составлять не более 60 об/мин (максимально рекомендуемое значение при бурении в процессе инженерно-геологических изысканий).

Буровые вращающие механизмы должны позволять использовать бурильные трубы диаметром от 0,042 до 0,068 м (последние необходимы для повышения жесткости бурового снаряда при инженерно-геологических исследованиях в скважине).

Усилие подачи гидросистемы вращающих механизмов должно составлять не менее 60 кН вверх и 40 кН вниз.

Масса механизма вращения с гидроцилиндром подачи бурового снаряда и силовым приводом не должна превышать 2000 кг.

Технологию и керноприемные снаряды вращательного бурения следует разрабатывать для условий промывки скважин морской водой с целью уменьшения затрат на промывочную

жидкость, особенно при бурении по схеме открытой ее циркуляции. Предпочтение следует отдавать схемам бурения с призабойной обратной циркуляцией промывочной жидкости для повышения выхода керна, уменьшения расхода жидкости и снижения загрязнения морской среды.

5.4.3. БУРЕНИЕ С ГИДРОТРАНСПОРТИРОВАНИЕМ КЕРНА

Бурение в рыхлых породах должно осуществляться двойной колонной труб (ДКТ) с диаметром внутренней колонны не менее 0,1 м исходя из требований к бурению при разведке россыпей. При бурении геотехнологических и технических скважин диаметры труб внутренней колонны могут быть большими.

Для бурения в рыхлых породах хорошие перспективы имеет совершенствование и разработка схем ударно-забивного способа с гидротранспортированием керна по ДКТ, так как этот способ в отличие от вращательного с гидротранспортированием керна позволяет более просто, надежно, качественно и с меньшими энергетическими затратами проходить скважины больших диаметров.

Для бурения в твердых и крепких породах следует совершенствовать схемы вращательного бурения с гидротранспортированием керна по тройной колонне труб. Непосредственно бурение при этом может осуществляться с применением ДКТ. Третья наружная колонна труб в процессе вращательного бурения неподвижна и выполняет роль кондуктора, ограничивающего изгиб и предотвращающего поломки ДКТ в интервале между БС и дном моря, а также предохраняющего стенки скважины в рыхлых породах от размыва при бурении и обрушения в случае извлечения ДКТ из недобуренной скважины с целью, например, замены износившейся буровой коронки.

Наружная и внутренняя колонны труб ДКТ для бурения в рыхлых породах должны быть независимыми друг от друга, что позволит извлекать внутреннюю колонну ДКТ из наружной на любом этапе бурения скважины, например, при необходимости отвода судна от недобуренной скважины на ремонт или из-за сильного шторма. При этом оставшаяся наружная колонна сохраняет скважину, а при ее поломке материальные убытки примерно в два раза меньше, чем в том случае, если бы в скважине оставались и наружная, и внутренняя колонны ДКТ. Кроме того, это позволит после прохождения скважиной рыхлых пород извлечь внутреннюю ко-

лонну ДКТ из наружной и использовать последнюю в качестве третьей колонны при продолжении бурения в твердых и крепких породах вращательным способом с гидротранспортированием керна по другой ДКТ меньшего диаметра.

Погружение ДКТ в породы ударами, так же как при ударном погружении одинарной обсадной колонны, эффективнее по схеме с неторцевым, чем по схеме с торцевым соударением забивного снаряда и ДКТ. С целью повышения КПД удара необходимо стремиться к схемам, в которых удары наносят не по наголовнику, а по башмаку погружаемой в породы ДКТ.

Механизмы для погружения в породы ДКТ ударами и вращением не должны иметь жесткой связи с качающимся на волнах БС.

Требования к схемам и технике вращательного бурения с гидротранспортированием керна аналогичны изложенным выше требованиям к схемам и технике вращательного бурения. Отличие состоит в том, что усилие подачи гидросистемы вращателя вверх при бурении с гидротранспортированием желательно увеличить до 80 кН в связи с тем, что масса единицы длины ДКТ больше массы единицы длины обычных бурильных труб.

Диаметры наружных и внутренних труб ДКТ, гидравлические показатели и тип насоса следует выбирать исходя из рекомендуемых скоростей восходящего потока и необходимости обеспечения при этом примерно равных гидравлических потерь в кольцевом канале между наружной и внутренней колоннами и в центральном канале внутренней колонны.

При этом необходимо иметь в виду, что для предотвращения миграции тяжелых фракций гидротранспортируемых пород и обеспечения высокого качества геологического опробования при разведке россыпей скорость восходящего потока должна быть больше критической скорости, при которой единичная частица керна любого размера и плотности не падает на забой, а находится во взвешенном состоянии. Это требование относится именно к единичной частице, так как для ее удержания во взвешенном состоянии необходима большая скорость потока, чем для удержания нескольких частиц, находящихся в одном сечении трубы одновременно. Это обусловлено тем, что при неизменном расходе промывочной жидкости ее относительная скорость в сечении и сопротивление ее движению будут при обтекании нескольких частиц больше, чем при обтекании одной частицы.

5.4.4. ВЫПОЛНЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ БУРОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Гибкие и шарнирные компенсаторы горизонтальных перемещений буровых кондукторов при дрейфе БС резко создают максимально допустимый угол у входа бурильных труб в придонное устье скважины. Под действием силы тяжести кондуктора этот угол увеличивается, что приводит к нежелательным последствиям — истиранию придонной части МБК и вращающейся бурильной колонны.

Свободен от этого вариант, при котором трубы нижней части кондуктора погружены в породы морского дна и во всем МБК нет ни шарнирных, ни гибких соединений. Тогда при дрейфе БС трубы МБК, возвышающиеся над дном моря, изгибаются по дуге плавно. Чтобы исключить излом МБК, необходимо осуществить мероприятия, предотвращающие его чрезмерный изгиб и возникновение в трубах опасных напряжений.

Для бурения на открытых глубоководных акваториях разработка конструкций морских кондукторов должна вестись главным образом в направлении снижения воздействующих на них нагрузок, а не только за счет повышения их прочности, т.е. следует нагрузкам не противостоять, а уходить от них. Достичь этого можно путем растяжения кондуктора распределенными по его высоте емкостями с положительной плавучестью, ограничением стрелы прогиба кондуктора, опусканием его верхнего конца под уровень наиболее сильного приповерхностного волнения моря и т.д.

Должны разрабатываться и использоваться способы и технические средства, позволяющие извлекать обсадные трубы из скважин без передачи на БС, буровые вышки и колонны труб больших нагрузок, которые вызывают крен судна и разрушающе действуют на вышки, трубы и грузоподъемное оборудование. Положительные решения этой проблемы могут быть найдены путем использования подъемной силы нагнетаемой в скважину морской воды, сил волнения и приливов, размыва пород вокруг наружной поверхности извлекаемых труб и т.п.

Комплекс бурового оборудования должен включать механизмы, компенсирующие влияние качки БС на процессы свинчивания и отвинчивания бурильных и обсадных труб. Это существенно облегчит труд бурового персонала и ускорит выполнение спускоподъемных операций. Простейшим механизмом, частично компенсирующим влияние качки БС

на свинчивание и отвинчивание бурильных и обсадных труб, является известная в технике бурения вертлюжная скоба.

Конструкции многих технических средств (гидровращатели, гидромолоты, гидроударники, гидродомкраты, регуляторы осевой нагрузки на породоразрушающий инструмент и т.д.) должны разрабатываться с возможностью использования в качестве их приводного агента морской воды, что уменьшит расход технических масел и снизит загрязнение морской среды.

Следует создавать дистанционно управляемые буровые установки, которые автоматически выполняли бы все технологические операции бурового процесса: спуск, подъем и наращивание бурильных труб, регулирование параметров режима бурения и пр. Тогда для условий бурения на море в качестве носителя непосредственно буровой установки (исполнительных механизмов) могут использоваться БС или специальные основания небольших размеров повышенной устойчивости типа "Медуза", разработанного специалистами Московского геолого-разведочного института [60].

При этом управление работой исполнительных механизмов можно осуществлять с контрольного пункта, установленного либо на заякоренном на расстоянии судне, либо на берегу. И в том и в другом случае на неавтономном буровом основании обслуживающего персонала нет, и бурение можно вести безопасно для людей в любое время суток при любой погоде. Следовательно, дистанционно управляемые автоматические буровые установки позволяют эффективно использовать конструкции буровых оснований, наименее подверженных качке, увеличивают коэффициент использования времени года для бурения, уменьшают трудоемкость и повышают безопасность работы бурового персонала.