

деталей под конкретные условия эксплуатации: климатические особенности, требуемую мощность или конструктивные ограничения [3].

Заключение. В рамках проведённого исследования была рассмотрена роль аддитивных технологий в развитии альтернативной энергетики, а также оценены их технологические, экономические и экологические преимущества. Анализ показал, что 3D-печать становится важным инструментом повышения эффективности, надёжности и доступности оборудования, использующего возобновляемые источники энергии.

Аддитивные технологии обеспечивают возможность создания сложных конструкций, недоступных традиционным методам производства, что позволяет улучшать аэродинамические, механические и теплофизические характеристики оборудования. Использование оптимизированных геометрий, облегчённых структур и интегрированных функциональных элементов способствует повышению производительности солнечных, ветровых, водородных и аккумуляторных систем.

Проведённая работа позволяет сделать вывод, что внедрение аддитивных технологий способствует повышению эффективности функционирования энергетических систем, снижению затрат и уменьшению экологической нагрузки. Это подтверждает актуальность дальнейших исследований и внедрения аддитивных технологий в энергетическую сферу.

Список литературы

1. Гавриленко А.В. Возобновляемая энергетика: солнечные и ветровые установки. — СПб.: Лань, 2020. – 140 с.
2. Berman B. 3-D printing: The new industrial revolution. Business Horizons, 2012. – 90 р.
3. Михальченко, А. А. Повышение точности 3D-печати методом FDM путем изменения параметров 3D-принтера / А. А. Михальченко, А. Б. Невзорова // Стратегия и тактика развития производственно-хозяйственных систем : сб. науч. тр. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, Ун-т им. Аджинкья Д. Я. Патила ; под ред. М. Н. Андриянчиковой. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – С. 140–143.

УДК 347.77

МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ТРЕНИЯ ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН С ПРОТЯЖЕННЫМ ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ ОКОНЧАНИЕМ

Байковский Д.И. (аспирант)

*Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого
г. Гомель, Республика Беларусь*

Актуальность. В условиях разработки трудноизвлекаемых запасов (ТрИЗ), сосредоточенных в низкопроницаемых и ультронизкопроницаемых

коллекторах Припятского прогиба, бурение скважин с протяженными горизонтальными окончаниями стало неотъемлемым стандартом. Однако, ключевым технологическим вызовом при строительстве таких скважин является повышенное трение бурильной колонны (БК) о стенки скважины, которое приводит к невозможности передачи необходимой осевой нагрузки на долото, ограничивает длину горизонтального участка, увеличивает риск дифференциального прихвата и износа оборудования, что в совокупности ставит под угрозу экономическую целесообразность и техническую реализуемость проекта. В связи с этим, поиск и оптимизация методов снижения силы трения являются критически важной задачей для современной буровой отрасли.

Цель работы – провести системный анализ существующих методов снижения силы трения при бурении горизонтальных скважин, оценить их эффективность, экономические и технологические ограничения, и определить наиболее рациональный подход к минимизации данного негативного фактора.

Анализ полученных результатов.

Все методы борьбы с трением можно классифицировать на три основные группы: механические, технологические и химические.

Механические методы предполагают использование специализированного оборудования, интегрируемого в бурильную колонну. Вибрационные технологии (осцилляторы или вибраторы): принцип действия основан на генерации низкочастотных колебаний, которые преобразуют статическое трение в динамическое, что снижает сопротивление движению БК. Центраторы и роликовые опоры: уменьшают площадь контакта бурильной колонны со стенками скважины, снижая трение, за счет уменьшения силы нормальной реакции стенок скважины. Несмотря на простоту и надежность конструкции, их эффективность резко падает в участках с интенсивной кривизной, где контактные нагрузки максимальны. Система верхнего привода (СВП) применяется в бурении нефтяных и газовых скважин для выполнения технологических операций, таких как вращение бурильной колонны, спуск и подъем труб, а также для проведения спуско-подъемных операций с обсадными колоннами.

Технологические методы в первую очередь связаны с оптимизацией процесса и выбором одного из способа бурения: роторной управляемой системы (РУС) или винтового забойного двигателя (ВЗД). При бурении с помощью РУС вся колонна непрерывно вращается, что конвертирует силу трения скольжения в момент вращения, значительно снижая осевое сопротивление и силы трения. ВЗД преобразует энергию потока бурового раствора в механическую работу (вращение долота) непосредственно на забое скважины. В отличие от роторного бурения, где вращение долоту передается от ротора, расположенного на поверхности, ВЗД позволяет вращать только долото, без вращения всей бурильной колонны [2].

Оптимизация траектории на стадии проектирования — этот метод заключается в тщательном расчете и «сглаживании» планового профиля скважины для минимизации числа резких изгибов и участков с высокой кривизной, где формируются максимальные контактные силы.

Химические методы направлены на снижения силы трения при бурении горизонтальных скважин с использованием буровых растворов на нефтяной или синтетической основе, или введением специальных присадок в растворы на водной основе (полигликолей, полимеров, графена и т. д.).

Заключение. Таким образом, каждый из рассмотренных методов снижения силы трения обладает комплексом как преимуществ, так и существенных ограничений. Однако использование подхода оптимизации траектории скважины на стадии проектирования планового профиля и инженерном моделировании, позволяет заложить в проект минимально возможные значения контактных сил трения, создав фундамент для эффективного бурения [1]. Поэтому оптимизация траектории позволяет выработать стратегию борьбы с силой трения при строительстве горизонтальных скважин.

Благодарность. Выражаю признательность научному руководителю Невзоровой А.Б. (д.т.н., профессор) за консультацию и помочь при анализе результатов и подготовке данной работы.

Список литературы

1. Невзорова А.Б. Байковский Д.И., Ревяков П.В. Технологические факторы, определяющие протяженность горизонтальной скважины в условиях I–III пачки Речицкого месторождения / Горная механика и машиностроение. - 2024. № 4. – С.5–12.
2. Фролов, В. В. Цифровой анализ работы механизированного фонда скважин / В. В. Фролов, А. Б. Невзорова // Современные проблемы машиноведения : сборник научных трудов : в 2 частях / Министерство образования Республики Беларусь, Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2025. – Часть 2. – С. 167–170.
3. Авласенко, И. С. Инженерная оценка целесообразности применения технологии бурения с регулируемым давлением на Гарцевском нефтяном месторождении Припятского прогиба / И. С. Авласенко, В. В. Пологеенко, Д. В. Порошин // Нефтегазовый инжиниринг. – 2025. – № 1. – С. 77–84.