

УДК 550.832

Роль геолого-технологических и геофизических исследований в организации «Беспилотного бурения»

Г.С. Кашин

Пермский государственный национальный исследовательский университет
614068, г. Пермь, ул. Букирева, 15. E-mail: gennadiy Kashin@mail.ru
(Статья поступила в редакцию 25 июля 2024 г.)

Рассмотрены технологии автоматизации при строительстве скважин. Оценена степень готовности отрасли к полной автоматизации бурения. Определена роль геолого-технологических и геофизических исследований в процессе «беспилотного бурения».

Ключевые слова: *бурение, автоматизация, геонавигация, геолого-технологические и геофизические исследования.*

DOI: 10.17072/psu.geol.23.3.255

Введение

При разработке месторождений нефти и газа одним из самых ответственных и затратных является этап строительства скважин. От качества проводки ствола и от полученной в процессе бурения информации зависит эффективность разработки месторождения. Повышение показателей скорости и безопасности бурения достигается в том числе путем стандартизации производственных процессов с последующей их автоматизацией.

Бурение, являясь сложным многофакторным процессом, требует комплексного подхода и взаимодействия всех задействованных служб для учета геологических условий, технологических параметров, инженерных аспектов, экономических факторов, а также промышленной и экологической безопасности. По этой причине прежде, чем вести речь о «беспилотном бурении», а значит о полной автономии процесса, следует максимально автоматизировать все подпроцессы и «сшить» их в единое интеллектуальное пространство, способное решать комплексные нелинейные задачи. Автоматизация процессов бурения активно развивается, и уже реализованы многие инструменты для повышения эффективности, безопасности и точности буровых операций. Ключевыми процессами, которые позволяют приблизиться к

автоматизации и в последующем к автономности, являются: моделирование, роботизация буровых станков, автоматизация выбора оптимальной скорости проходки, автоматизированное управление параметрами промысловой жидкости, а также «автогеонавигация». (Аксельрод, 2016; Aldred и др., 2012; Amin и др., 2023; Schlumberger, 2021).

Моделирование

Моделирование играет ключевую роль в автоматизации, обеспечивая предсказание поведения системы, оптимизацию параметров бурения и повышение безопасности. Оно позволяет создавать цифровые двойники буровых операций для прогнозирования геологических условий, оптимизации траектории скважины и выбора бурового инструмента. Модели помогают анализировать данные в реальном времени и выявлять тренды, что улучшает прогнозирование и принятие решений. Они также способствуют предсказанию аварийных ситуаций, таких как выбросы и обрушения стенок скважины, и разработке автоматизированных систем реагирования для минимизации рисков. Интеграция моделирования с системами управления бурением и мониторинга позволяет оптимизировать параметры бурения, такие как скорость вращения и нагрузка на долото, обеспечивая

максимальную эффективность и минимальный износ инструмента. Моделирование также помогает в управлении параметрами бурового раствора и адаптации к изменениям геологических условий. (Cao, Nabavi и др., 2024; Whitlow, Mahjoub и др., 2024).

Автоматизированные/роботизированные буровые установки

Автоматизированные буровые установки представляют собой передовые технологические системы, способные выполнять широкий спектр буровых операций с минимальным участием или даже без участия человека. Они оснащены сенсорами, системами управления и алгоритмами, позволяющими им самостоятельно выполнять такие задачи, как установка долота, наращивание инструмента, спускоподъемные операции, контроль параметров бурения и другие процессы. Использование автоматизированных буровых установок существенно повышает производительность, сокращает время выполнения работ и снижает риски для персонала. Кроме того, благодаря автоматизации можно добиться более высокой точности и качества выполнения буровых операций, что важно для успешного освоения и эксплуатации месторождений. (Аксельрод, 2016; Ивлев, Еремин, 2018; Amin и др., 2023).

Система выбора оптимальной скорости бурения

Система автоматического управления скоростью проходки бурового инструмента предназначена для оптимизации процесса бурения путем сбора и анализа данных в реальном времени с датчиков и приборов на буровой установке, таких как давление, вес на крюке, крутящий момент и вибрации. Используя эти данные, система регулирует нагрузку на долото и скорость вращения, чтобы поддерживать оптимальную скорость проходки и предотвращать перегрузку и повреждение инструмента. Система также адаптируется к изменениям в геологических условиях и состоянии скважины, корректируя параметры бурения для обеспечения стабильной и эффективной работы. Кроме того, система может управлять параметрами

бурового раствора, такими как плотность и вязкость, для поддержания стабильности скважины и удаления шлама. Она интегрируется с системами управления бурением и использует машинное обучение для анализа исторических данных и прогнозирования оптимальных параметров бурения, что позволяет минимизировать время простоя и улучшить общую производительность. (Ignova, Mantle и др., 2023; Singh, Haddad и др., 2024).

Автоматизированные системы управления параметрами бурового раствора

Представляют собой интегрированные комплексные решения, которые используются в процессе бурения скважин для автоматизации и оптимизации процессов подготовки, подачи и контроля бурового раствора. Эти системы состоят из различных компонентов, включая системы смешивания, дозирования химических реагентов, мониторинга и контроля качества раствора, а также системы управления, которые обеспечивают непрерывное и точное регулирование параметров раствора в соответствии с требованиями и условиями бурения. Автоматизация процессов смешивания и дозирования компонентов раствора сокращает число ручных операций, тем самым уменьшая риск человеческих ошибок, а также обеспечивает непрерывный контроль и анализ качества раствора в режиме реального времени, что повышает эффективность и надежность бурения. Кроме того, возможность автоматической регулировки гидравлических параметров промывки в соответствии с изменяющимися условиями бурения и требованиями скважины позволяет обеспечить оптимальные условия, повышая производительность, эффективность и безопасность (Arévalo, Schubert и др., 2024).

Все указанные автоматизированные системы, безусловно, повышают эффективность буровых операций, уменьшают риски, связанные с человеческим фактором, и способствуют более точной и безопасной добыче углеводородов. Однако, несмотря на значительные результаты автоматизации отдельных процессов, большой пласт нерешенных вопросов остается в области геонавигации.

Для автоматизации геонавигации в целом сначала следует разделить процесс на составляющие его элементы. В упрощенном виде

алгоритм выглядит следующим образом: создание геонавигационной модели, геофизические измерения в процессе бурения, передача полученных данных каротажа на поверхность, анализ соответствия реальной геологической обстановки предполагаемой, принятие решения о необходимости корректировки направления бурения, при необходимости – корректировка. На каждом обозначенном этапе могут быть определенные ограничения:

– при построении геонавигационной модели в условиях бурения на малоизученной площади может быть недостаточно данных для уверенной проводки ствола;

– состав комплекса геолого-технологических и геофизических исследований должен удовлетворять принципу минимальной достаточности для получения достоверной информации о вмещающей породе и ее свойствах;

– канал связи должен обеспечивать достаточную скорость передачи данных для продолжения бурения без остановок и снижения скорости.

Потенциально решения для устранения обозначенных ограничений могут быть следующими:

– с учетом современных технологий по работе с большими данными предлагается формировать, дополнять и корректировать геологическую модель не только в пределах конкретной залежи или месторождения, а если такое возможно, то и по всей нефтегазоносной провинции, постоянно пополняя базу данных геологической и геофизической информации;

– с целью оптимизации забойного комплекса каротажа и верификации получаемых данных предлагается расширить поверхностные исследования путем привлечения методов углубленного анализа шлама, таких, например, как рентгеновская дифрактометрия для определения минералогии, рентгеновская флуоресценция для определения химического (элементного) состава породы, анализ общего органического углерода и пиролиз для выделения нефтегазоматеринских пород (водородный индекс, содержание свободной нефти);

– в части передачи информации с забоя видится как минимум два пути развития:

а) увеличение пропускной способности канала связи, например путем применения

проводного канала, встроенного в бурильные трубы;

б) реализация частичной автоматизации на забое, например путем автокорректировки направления движения роторно-управляемых систем по заданной траектории в процессе бурения без необходимости передачи сигнала на поверхность.

Исходя из результатов анализа текущего уровня автоматизации бурения, можно сделать вывод, что для реализации автономной системы «беспилотного бурения», кроме полной автоматизации технологических процессов, необходимо большое внимание уделить решению задач по автоматизации геонавигации. Автоматизированный комплекс геолого-технологических исследований и каротажа в процессе бурения должен обеспечить массив информации о геологической обстановке в режиме реального времени в объеме, достаточном для уверенного принятия системой решений о продолжении бурения по траектории с параметрами среды, максимально соответствующими геологическим ориентирам модели. Для реализации описанной системы потребуются не только технологии обработки больших данных, но и инструменты искусственного интеллекта, способные объединять параметры всех процессов и решать нелинейные задачи.

Библиографический список

Аксельрод С.М. На повестке дня – полная автоматизация бурения (по материалам зарубежной печати) // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд. АИС, 2016. № 4 (262). С. 94–125.

Ивлев А.П., Еремин Н.А. Петророботика: роботизированные буровые комплексы // Бурение & нефть. 2018. № 2. С. 8–12.

Aldred W., Bourque J., Mannering M., Chapman C., Bertrand du Castel, Hansen R., Downton G., Harmer R., Falconer I., Florence F., Zurita E.G., Nieto C., Stauder R., Zamora M. Drilling Automation. 2012. URL: https://www.researchgate.net/publication/248391350_Drilling_Automation.

Amin M.R., Baruno A., AitAli R., Joost De Vreugd, Matthew Forshaw, Mohamed Yehia Mahmoud. Real-Time Drilling Engineering and Data-Driven Solutions for Upstream Cost Savings: Coupling Earth Models, Digital Twins, Data & Drilling Automation. 2023. URL: <https://doi.org/10.2118/214020-MS>.

Arévalo P., Schuberth F., Aragall R., Dashevski D., Koeneke J., Lien M., Hovda S., Evensen K. Automated Pump Startup: A Collaborative Approach Towards Drilling Systems Automation. 2024 URL: <https://doi.org/10.2118/217746-MS>.

Auld S., Whitlow Z., Hopwood F., Kern S., Willerth M. The Value of Process and Application Consistency in Drilling Automation. 2024 URL: <https://doi.org/10.2118/217751-MS>.

Cao J., Nabavi J., Sven Inge Oedegaard. Drilling Advisory Automation with Digital Twin and AI Technologies. 2024 URL: <https://doi.org/10.2118/217960-MS>.

Ignova M., Mantle K., Brovko K., Abe V., Gorodnov A., Ling Li. Downhole Trajectory Automation of RSS Tools: Autonomous Drilling Becomes Reality. 2023 URL: <https://doi.org/10.2118/212519-MS>.

Kuilenburg R. Van, Isbell M., Behounek M., Macpherson J., Schaefer S., Fox T., Pirovolou D.

Interoperability for Drilling Process Automation. 2024. URL: <https://doi.org/10.2118/217748-MS>.

Schlumberger. Beyond automation: Driving advances in autonomous drilling. 2021 URL: <https://www.slb.com/-/media/files/drilling/industry-article/beyond-automation-driving-advances-in-autonomous-drilling-case-study.aspx>.

Whitlow W.Z., Mahjoub M., Whitlow W.Z., Mahjoub M., Menand S., Pastusek P., Payette G., Nguyen K-L., Gildin E. Practical Challenges to Consider for Model-Based Engineering in Drilling Automation. 2024. URL: <https://doi.org/10.2118/217752-MS>.

Singh K., Haddad T., Borges T., Yalamarty S.S., Granados J., Kamyab M., Satpute V., Vanama C., Arcement H., Cheatham C. Cloud-To-Driller's HMI Closed-Loop Drilling Automation: Field Test Results with Machine Learning ROP Optimizer. 2024. URL: <https://doi.org/10.2118/217693-MS>.

The role of Geological, Technological and Geophysical Research in the Organization of "Unmanned drilling"

G.S. Kashin

Perm State National Research University, 15 Bukireva str., Perm, 614068

E-mail: gennadiykashin@mail.ru

Automation technologies in the wells construction are considered. The degree of readiness of the industry for full automation of drilling has been assessed. The role of geological, technological and geophysical research in the process of "unmanned drilling" is determined.

Key words: *drilling; automation; geonavigation; geological; technological and geophysical research*

References

Axelrod S.M. 2016. Na povestke dnya - polnaya avtomatizaciya bureniya (po materialam zarubejnoi pečati) [On the agenda - full automation of drilling (based on the materials of the foreign press)]. NTV Karotazhnik. Tver. Publishing House AIS. 4(262):94-125. (in Russian)

Ivlev A.P., Eremin N.A. 2018. Petrrobotika: robotizirovannye burovye komplekxy [Petrrobotics: robotic drilling complexes]. Drilling & oil. 2:8-12. (in Russian)

Aldred W., Bourque J., Mannering M., Chapman C., Bertrand du Castel, Hansen R., Downton G., Harmer R., Falconer I., Florence F., Zurita E.G., Nieto C., Stauder R., Zamora M. 2012. Drilling Automation. URL: www.researchgate.net/publication/248391350_Drilling_Automation. (Accessed 26.08.2024)

Amin M.R., Baruno A., AitAli R., Joost De Vreugd, Matthew Forshaw, Mohamed Yehia Mahmoud. 2023. Real-Time Drilling Engineering and Data-Driven Solutions for Upstream Cost

Savings: Coupling Earth Models, Digital Twins, Data & Drilling Automation. doi:10.2118/214020-MS.

Arévalo P., Schuberth F., Aragall R., Dashevski D., Koeneke J., Lien M., Hovda S., Evensen K. 2024. Automated Pump Startup: A Collaborative Approach Towards Drilling Systems Automation. doi:10.2118/217746-MS.

Auld S., Whitlow Z., Hopwood F., Kern S., Willerth M. 2024. The Value of Process and Application Consistency in Drilling Automation. doi:10.2118/217751-MS.

Cao J., Nabavi J., Sven Inge Oedegaard. 2024. Drilling Advisory Automation with Digital Twin and AI Technologies. doi:10.2118/217960-MS.

Ignova M., Mantle K., Brovko K., Abe V., Gorodnov A., Ling Li. 2023. Downhole Trajectory Automation of RSS Tools: Autonomous Drilling Becomes Reality. doi:10.2118/212519-MS.

Kuilenburg R. Van, Isbell M., Behounek M., Macpherson J., Schaefer S., Fox T., Pirovolou D. 2024. Interoperability for Drilling Process Automation. doi:10.2118/217748-MS.

Schlumberger. Beyond automation: Driving advances in autonomous drilling. 2021. URL: www.slb.com/-/media/files/drilling/industry-article/beyond-automation-driving-advances-in-autonomous-drilling-case-study.ashx.

Whitlow W.Z., Mahjoub M., Whitlow W.Z., Mahjoub M., Menand S., Pastusek P., Payette G., Nguyen K-L., Gildin E. 2024. Practical Challenges to

Consider for Model-Based Engineering in Drilling Automation. doi:10.2118/217752-MS.

Singh K., Haddad T., Borges T., Yalamarty S. S., Granados J., Kamyab M., Satpute V., Vanama C., Arcement H., Cheatham C. 2024. Cloud-To-Driller's HMI Closed-Loop Drilling Automation: Field Test Results with Machine Learning ROP Optimizer. doi:10.2118/217693-MS.