

УДК: 004.896

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

А.М. Пищухин

Оренбургский государственный университет
Россия, 460018, Оренбург, пр. Победы, 13
E-mail: pishchukhin55@mail.ru

И.А. Ломухин

ООО «Нефтесервисные решения»
Россия, 190031, г. Санкт-Петербург, Набережная реки Мойки, д. 75-79, литера Д
E-mail: lomukhin.ia@gazprom-neft.ru

Г.Ф. Ахмедьянова

Оренбургский государственный университет
Россия, 460018, Оренбург, пр. Победы, 13
E-mail: ahmedyanova@bk.ru

Ключевые слова: цифровые двойники, интегрированная модель, добыча нефти, управляющий контур, управляющие воздействия.

Аннотация: вопросы разработки цифровых двойников в настоящее время очень актуальны в связи с прогрессирующей цифровизацией экономики. В работе отражена специфика их разработки в нефтедобывающей отрасли. Лучший способ использования цифрового двойника в адаптивной схеме управления. При этом управляющие воздействия и возмущения одновременно подаются и на объект управления и на модель. С помощью сравнивающего устройства определяется разница в их поведении и принимаются соответствующие управленческие решения по дальнейшей реализации производственного процесса. Цифровые двойники нефтедобывающего предприятия могут быть как встроенными в управляющий контур и работать в реальном времени, так и служить самостоятельными инструментами принятия решений. В последнем случае они являются хорошим интерфейсом между персоналом и сложным технологическим оборудованием.

1. Введение

В современной промышленности концепция цифрового двойника стала ключевым элементом в процессе цифровизации и оптимизации производства. В нефтедобывающей отрасли, где сложность процессов и высокие риски требуют особого подхода к управлению и анализу, внедрение цифровых двойников открывает новые возможности для повышения эффективности и безопасности операций. Этот инновационный инструмент позволяет моделировать физические процессы в виртуальном пространстве, обеспечивая точное воспроизведение работы реальных объектов и систем.

Цифровая трансформация, востребованная Индустрией 4.0, позволяет производителям создавать цифровых двойников, являющихся виртуальными копиями процессов, производственных линий, заводов и цепочек поставок [1-4]. Цифровой двойник часто создается путем извлечения данных из Интернета вещей, устройств, программируемых логических контроллеров и других объектов, подключенных к Интернету. Производители могут использовать цифровых двойников для повышения

производительности, улучшения рабочих процессов и разработки новых продуктов. Например, моделируя производственный процесс, производители могут тестировать изменения в нем, чтобы найти способы минимизировать время простоя или повысить производительность [5].

Цифровой двойник – это виртуальная модель, инструмент [6], используемые для запуска симуляций и аналитики, изучения проблем с производительностью и исследования возможных улучшений с целью получения ценных сведений, которые затем можно применить обратно к исходному физическому объекту [6]. Объединяя виртуальный и физический миры, цифровые двойники обеспечивают анализ данных, мониторинг системы для предупреждения о проблемах, предотвращение простоев и прогнозирование будущего с помощью моделирования [7]. Виртуальные копии могут применяться на всех этапах создания технологического процесса, включая его проектирование, настройку и коррекцию. На этапе проектирования создают варианты возможных технических решений. Затем выбирается наиболее подходящая модель, называемая прототипом цифрового двойника, которая содержит информацию, необходимую для описания и создания физических версий такого процесса [8].

Применение цифровых моделей на производстве позволяет оперативно анализировать работу всего комплекса, прогнозировать потенциальные неисправности и оптимизировать процессы. Ниже рассмотрено, каким образом цифровые двойники способствуют принятию обоснованных управленческих решений и какие технологии лежат в основе их функционирования.

2. Применение цифровых двойников в нефтегазовой отрасли

Использование цифровых двойников нефтедобывающих предприятий подразумевает создание детальных виртуальных копий физических объектов, которые интегрируют реальные данные о состоянии оборудования, параметрах работы и окружающей среде [9-13].

Цифровой двойник нефтедобывающего предприятия представляет собой комплексную виртуальную модель, которая воспроизводит все аспекты работы объекта: от геологических и технологических процессов до экономических показателей. Создание таких моделей основывается на интеграции больших объемов данных из различных источников, включая сенсорные данные с оборудования, геологическую информацию о месторождении, а также операционные и исторические данные о работе предприятия.

Ярким примером цифровой модели в нефтедобыче является гидродинамическая модель подземного резервуара, которая позволяет производить расчеты движения нефти в порах породы при осуществлении отборов ее через нефтяные скважины. Под моделью подземного резервуара понимается модель, позволяющая описать изменение параметров притока каждой добывающей и нагнетательной скважины (пластовое давление, дебит жидкости, обводненность, газовый фактор) во времени в зависимости от режимов их эксплуатации. На рис. 1 представлен внешний вид гидродинамической модели.

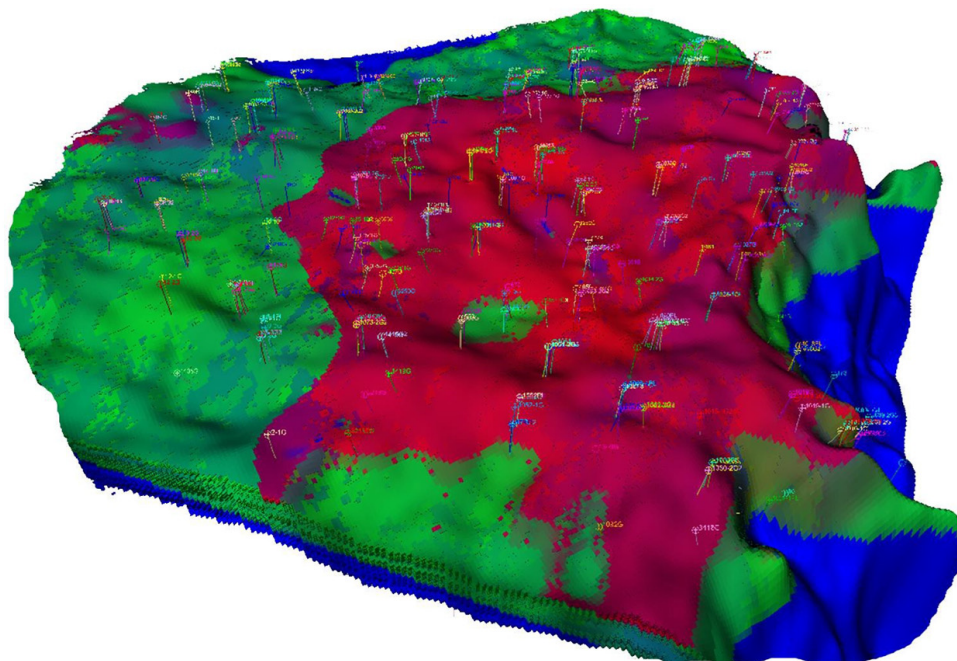


Рис. 1. Гидродинамическая модель нефтяного месторождения.

В основе цифрового двойника лежат многоуровневые математические и компьютерные модели, которые могут моделировать физические процессы, проходящие в скважинах и на промысле. Современные информационные технологии, такие как машинное обучение и искусственный интеллект, позволяют обрабатывать эти данные в режиме реального времени, обеспечивая точное прогнозирование отклика системы на различные операционные сценарии.

Применение цифровых двойников на нефтедобывающих предприятиях позволяет оптимизировать производственные процессы, уменьшить количество непредвиденных простоев и снизить экологический ущерб. Помимо этого, они способствуют более эффективному управлению активами и ресурсами предприятия, повышению безопасности труда и минимизации человеческого фактора за счет автоматизации процессов принятия решений.

Наиболее эффективным примером использования цифровых двойников в технологиях управления добычей является направление работы с оптимизацией и управлением фондом добывающих скважин в режиме реального времени. Под моделью скважины понимается модель, позволяющая определить зависимость между перепадом давления и температуры в стволе скважины и дебитом (приемистостью) данной скважины с учетом установленного оборудования. На рис. 2 представлена цифровая модель скважин в связке с моделью трубопроводного транспорта, позволяющая смоделировать процессы течения флюида в трубопроводах и через наземную инфраструктуру промысла.

Для реализации цифрового двойника критически важно обеспечить качественное выполнение операций: сбор данных, их стандартизацию и интеграцию. На этапе моделирования акцент делается на адаптацию моделей под специфику конкретного предприятия, что требует глубоких знаний в области нефтедобычи и информационных технологий. Последующий анализ полученных результатов и постоянное обновление данных позволяют поддерживать актуальность цифрового двойника и увеличивать его прогностическую точность.

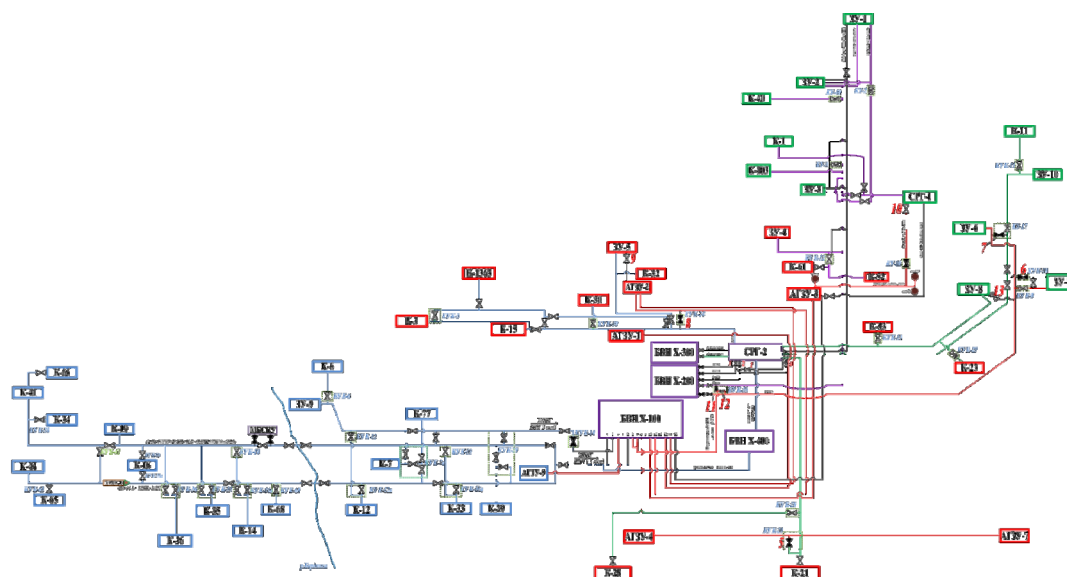


Рис. 2. Цифровая модель скважин в связке с моделью трубопроводного транспорта.

Лучший способ использования цифрового двойника в адаптивной схеме управления [14]. При этом управляющие воздействия и возмущения одновременно подаются и на объект управления и на модель. С помощью сравнивающего устройства определяется разница в их поведении и принимаются соответствующие управленческие решения по дальнейшей реализации производственного процесса.

3. Заключение

Таким образом, цифровые двойники нефтедобывающего предприятия могут быть как встроенными в управляющий контур и работать в реальном времени, так и служить самостоятельными инструментами принятия решений. В последнем случае они являются хорошим интерфейсом между персоналом и сложным технологическим оборудованием.

Список литературы

1. Халиулин Р.А. Цифровые двойники как инструмент мониторинга производственных процессов в индустрии 4.0 // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2023. Т. 25, № 2 (112). С. 45-50.
2. Хитрых Д. Цифровые двойники в промышленности: истоки, концепции, современный уровень развития и примеры внедрения // САПР и графика. 2022. № 7 (309). С. 4-11.
3. Денисов С.Г. Цифровые двойники и новые человеко-машинные интерфейсы: возможности дополненной и виртуальной реальности // Бюллетень инновационных технологий. 2023. Т. 7. № 4 (28). С. 25-29.
4. Баденко В.Л., Большаков Н.С., Федотов А.А., Ядыкин В.К. Цифровые двойники сложных технических систем в индустрии 4.0: базовые подходы // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2020. Т. 13. № 1. С. 20-30.
5. What is Industry 4.0? <https://www.ibm.com/topics/industry-4-0> (дата обращения 15.12.2023)..
6. What is a digital twin? <https://www.ibm.com/topics/what-is-a-digital-twin> (дата обращения 15.12.2023).
7. What is digital twin technology – Use cases, solutions, and examples. Gramener. <https://gramener.medium.com/digital-twin-technology-f2312d64ca36> (дата обращения 15.12.2023).
8. Solutions S., Sakovich N. What is digital twin technology and how does it work? <https://www.sam-solutions.com/blog/digital-twin-technology-why-is-it-important> (дата обращения 15.12.2023).

9. Овчинникова Л.Ю., Горшкова О.О. Цифровые двойники в нефтегазовой отрасли. В сборнике: Актуальные проблемы научного знания // Новые технологии ТЭК-2023. Материалы VII Международной научно-практической конференции / Отв. редактор С.Н. Нагаева. Тюмень, 2023. С. 78-82.
10. Аблямин Р.Ф. Цифровые двойники в нефтегазовом секторе // Вестник магистратуры. 2023. № 10-2 (145). С. 17-19.
11. Серебров А.А. Цифровые двойники в нефтегазовой отрасли // СМиС-2023. Технология управления качеством = SMaC 2023 Quality management technology. Материалы Международной научно-технической конференции = Proceedings of the International Scientific and Technical Conference. Москва, 2023. С. 270-274.
12. Иванов Г.Г., Соловьев В.С., Яковлев И.В. Цифровые двойники, как будущее нефтегазовой отрасли // 72-я Международная студенческая научно-техническая конференция. Материалы конференции. Астрахань, 2022. С. 567-568.
13. Боровков А.И., Рябов Ю.А., Гамзикова А.А. Цифровые двойники в нефтегазовом машиностроении // Деловой журнал Neftegaz.RU. 2020. № 6 (102). С. 30-36.
14. Лихтциндер Б.Я., Ольберг П.А. Моделирование и цифровые двойники // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. 2022. Т. 30. № 4 (76). С. 20-32.