

## Применение цифрового двойника в нефтегазовой отрасли

В.Н. Быкова\*, Е. Ким\*\*, М.Р. Гаджиалиев\*\*\*, В.О. Мусиенко\*\*\*\*, А.О. Оруджев\*\*\*\*\*,  
Е.А. Туровская\*\*\*\*\*

РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, г. Москва

E-mail: \*bykova.asm1904@asugubkin.ru, \*\*liza\_kimaa@mail.ru, \*\*\*gadjaliev@gmail.com,

\*\*\*\*musienko2019@bk.ru, \*\*\*\*\*alio.orujev1997@mail.ru, \*\*\*\*\*turovskayaea@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассмотрены основные проблемы создания цифрового двойника в нефтегазовом производстве. Кратко описаны основные компоненты цифрового двойника. Дана характеристика нефтегазового цифрового двойника. Представлены виды цифровых двойников. Раскрыт жизненный цикл цифрового двойника нефтегазового объекта. Перечислены области применения цифровых двойников в нефтегазовом деле. Приведены примеры создания и первые результаты эксплуатации цифровых двойников в нефтегазовой отрасли: в бурении, добыче на суше и на море, трубопроводном транспорте. Перечислены основные достоинства и недостатки данной технологии.

**Ключевые слова:** цифровой двойник, жизненный цикл, виды цифровых двойников, облачная платформа, цифровизация, нефтегазовый цифровой двойник, скважина, месторождение, трубопровод, нефтегазовый интернет вещей, автоматизация, мониторинг, режим реального времени.

**Для цитирования:** Быкова В.Н., Ким Е., Гаджиалиев М.Р., Мусиенко В.О., Оруджев А.О., Туровская Е.А. Применение цифрового двойника в нефтегазовой отрасли // Актуальные проблемы нефти и газа. 2020. Вып. 1(28). С. 8. <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2020-28.art8>

### Введение

Концепция цифровых двойников не является новой. На протяжении последних 30 лет команды разработчиков нефтегазовых продуктов и процессов использовали трехмерные и интегрированные модели в автоматизированном проектировании месторождений нефти и газа. Основные факторы, которые выдвинули концепцию цифрового двойника (тени, близнеца) на передний план как прорывную тенденцию, – это мультисенсоризация, оптикализация, суперкомпьютеризация нефтегазовой отрасли.

Термин «цифровой двойник» введен доктором Майклом Гривзом в Мичиганском университете в 2001–2002 гг. Первоначально он определил его в контексте прикладного программного обеспечения для управления жизненным циклом продукта, именуемого PLM-системами (англ. Product lifecycle management). Технология «цифровой двойник» объединяет физический объект с цифровым миром и описывает цифровую модель киберфизического объекта или технологического процесса [1, 2]. Облачная технология цифрового двойника позволяет существенно снизить затраты за счет повышения эффективности производственных процессов и производительности труда рабочей силы,

управлять большими геоданными, объединять все заинтересованные стороны проекта в совместном цифровом рабочем пространстве для быстрого принятия решений.

Сенсоры нефтегазового интернета вещей (PIoT), размещенные на подземном и поверхностном оборудовании на месторождении, могут отправлять до 1000 измерений в минуту инженерам-нефтяникам (рис. 1). Ежедневные объемы данных, получаемые из одной скважины с оптоволоконными распределенными сенсорами, превышают 10 ТБ. По данным внутреннего аудита в одной из европейских нефтегазовых компаний, выяснилось, что нефтяники-инженеры тратят до 80% своего рабочего времени на поиск данных для текущего проекта. Это связано с тем, что большие геоданные по месторождению не уместаются ни в одну из существующих систем баз данных.

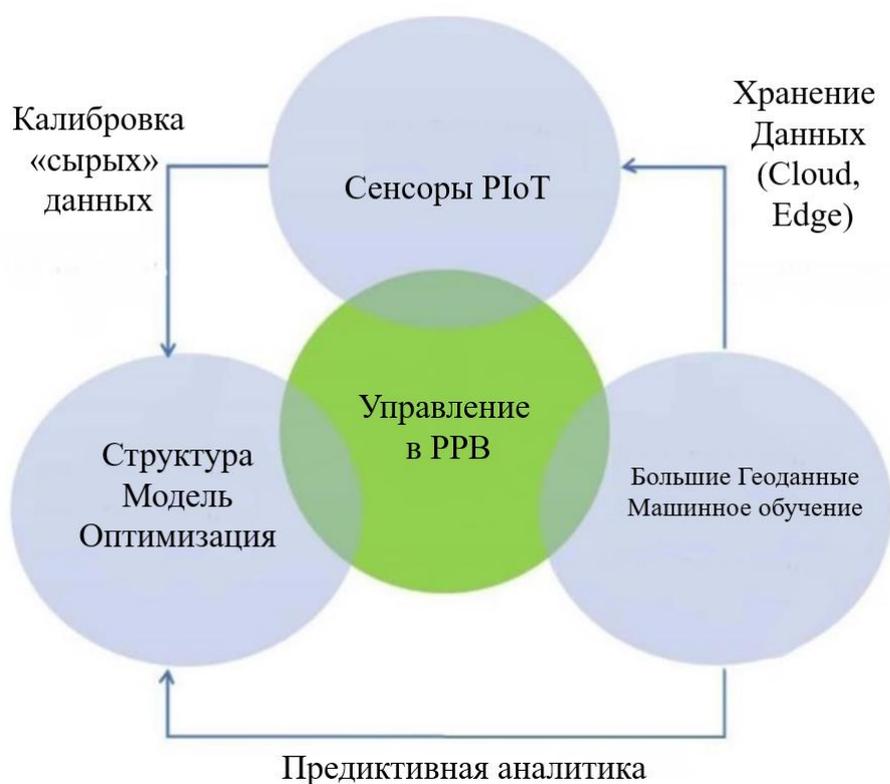
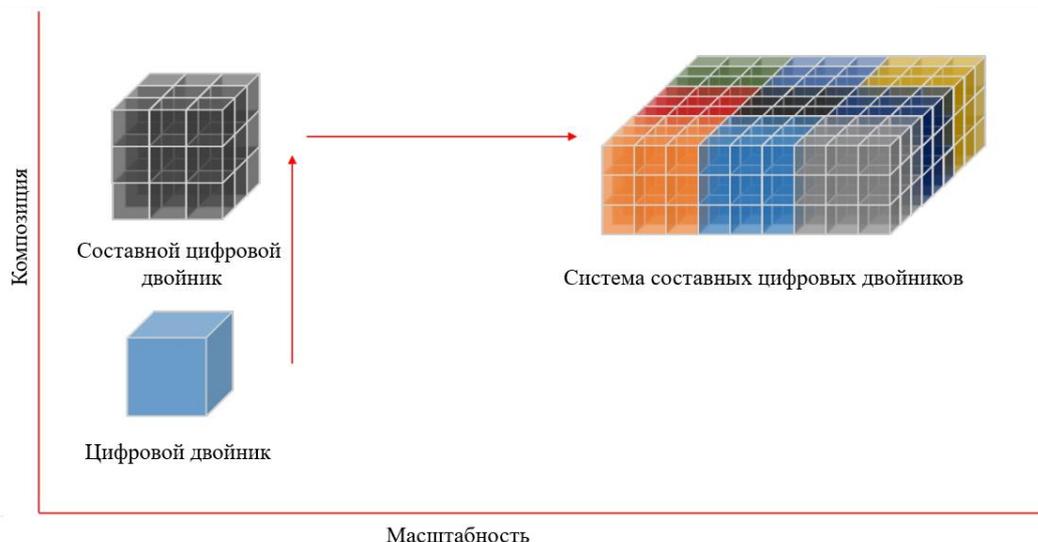


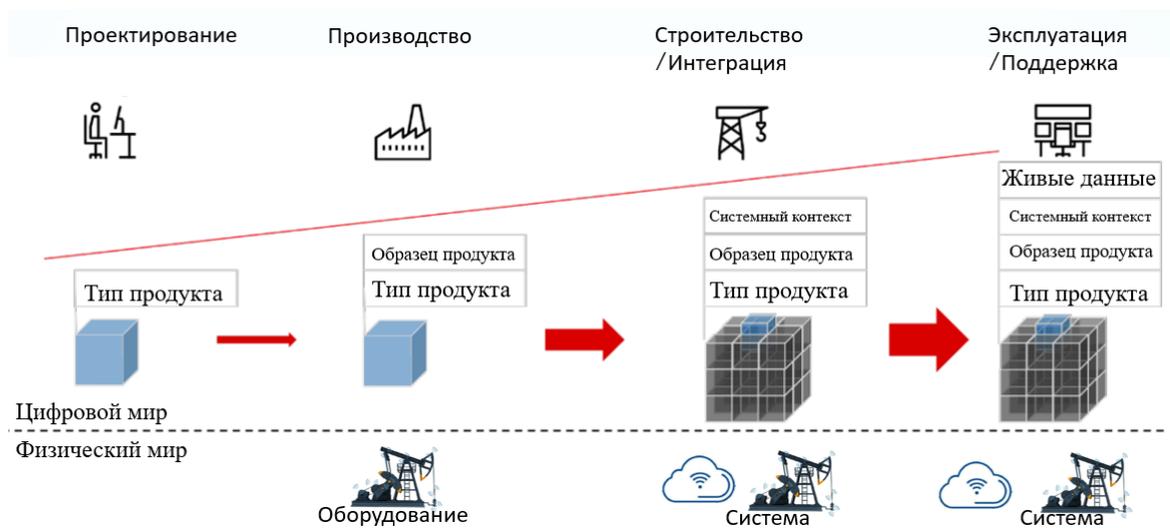
Рис. 1. Компоненты цифрового двойника [3]

Цифровой двойник – это виртуальное представление нефтегазового актива, процесса или системы, которое фиксирует параметры и поведение этого объекта в режиме реального времени, необходимые для хранения, интерпретации или обработки больших геоданных с целью максимизации фондоотдачи основных активов компании. Виды цифровых двойников представлены на рис. 2: единственный, составной и система составных цифровых двойников [4].



**Рис. 2.** Виды цифровых двойников [4]

Жизненный цикл цифрового двойника нефтегазового объекта представлен на рис. 3.



**Рис. 3.** Жизненный цикл цифрового двойника (источник: Siemens Digital Industries Software)

Ниже приведены примеры построения цифровых двойников в нефтегазовой отрасли.

**Цифровой двойник месторождения**

Российская компания OZNA и ряд зарубежных компаний при поставке нефтегазового оборудования предлагает покупателям сервисную услугу доступа к цифровому двойнику поверхностного сооружения за отдельную плату. В случае доступа к цифровому двойнику у покупателя появляется доступ к углубленной предметной

экспертизе, аналитике, оценке целесообразности и безопасности изменения параметров технологического процесса с учетом изменения состава «сырой» нефти и максимизации экономических показателей подготовки товарной продукции. Увеличение объема товарной продукции может достичь 5–6%. Технологии предиктивного управления помогают увеличить время безотказной работы поверхностного оборудования и минимизировать потери времени на простои на 3%.

### Цифровой двойник морской платформы

Технология нефтегазового интернета вещей (PIoT), применяется для непрерывного сбора данных в режиме реального времени с датчиков морской платформы и играет роль информационно-коммуникационного моста между морской платформой, представляющей собой физический объект, и ее цифровой моделью (рис. 4).



Рис. 4. Цифровой двойник морской платформы [2]

По мнению многих специалистов, технология создания цифрового двойника является инструментом обслуживания по фактическому состоянию объекта, который дает возможность симитировать множество вариантов полных и частичных сбоев, амортизацию работающих механизмов и деталей, функционирование устройства с учетом различных режимов, а также влияние окружающей среды [2].

Конструкция подъемника с четырьмя кранами Quad Lift была разработана для подъема сверхтяжелых морских конструкций с использованием двухкрановых судов для перевозки тяжеловесных грузов с использованием динамического позиционирования для сохранения положения (рис. 5). Создание Quad Lift позволило значительно увеличить грузоподъемность – до 30000 т. Сверхтяжелые подъемники подобного типа никогда ранее не сооружались. Благодаря технологии создания цифрового двойника удалось построить в 2018 году реальную конструкцию Quad Lift с четырьмя кранами. Соединение двух

подъемных крановых судов с поднятым объектом означает, что все действия, выполняемые одним подъемным краном, влияют не только на поднятый объект, но и на второе подъемное крановое судно. Это требует создания сложно связанной системы, которая включает в себя подсистемы динамического позиционирования, устойчивости, операций с балластом и с четырьмя кранами. Были найдены решения по разработке и отладке процедуры установки сложной системы, протокола связи, инструмента информирования о ситуации оператора и безопасного сценария «что, если». Для принятия своевременных решений информация о ситуационной ориентации двух судов требуется обоим экипажам, поэтому была разработана система мониторинга и контроля текущей ситуации «Quad-Control» о состоянии динамического позиционирования, подъема и балласта обоих судов. Система «Quad-Control» предоставляет двум экипажам мгновенную и четкую информацию для принятия решений, повышения безопасности и контроля работы [5, 6].



**Рис. 5.** Цифровой двойник Quad Lift (подъемника с четырьмя кранами) производства «Thialf and Balder» (слева) и Quad Lift на шельфе (справа) [5, 6]

### **Цифровой двойник в бурении**

Применяется технология и в строительстве скважин, повторяя операции бурения сложными математическими моделями, в основном, разделенными на два типа: гидравлические и механические. Гидравлические модели описывают фильтрационные потоки, в то время как механические модели включают модели крутящего момента и сопротивления. Цель использования цифрового двойника заключается в моделировании процесса бурения и принятии ключевых решений в режиме реального времени. Одной из задач является применение цифрового двойника при бурении скважин с высокой температурой и давлением в сложной и неопределенной геологической среде путем

оценки рисков, связанных с различными параметрами бурения (рис. 6). Цифровые двойники используются для обеспечения правильной работы обсадной колонны и цементирования. Моделирование проводится для определения оптимальной скорости спуска обсадной колонны, чтобы избежать повреждения пласта, а также для максимальной эффективности работы буровой установки. Цифровой двойник применяется для непрерывного контроля и сравнения прогнозных показателей с показателями в реальном времени, что позволяет иметь раннее выявление любых возможных сбоев или проблем при строительстве скважины [7].

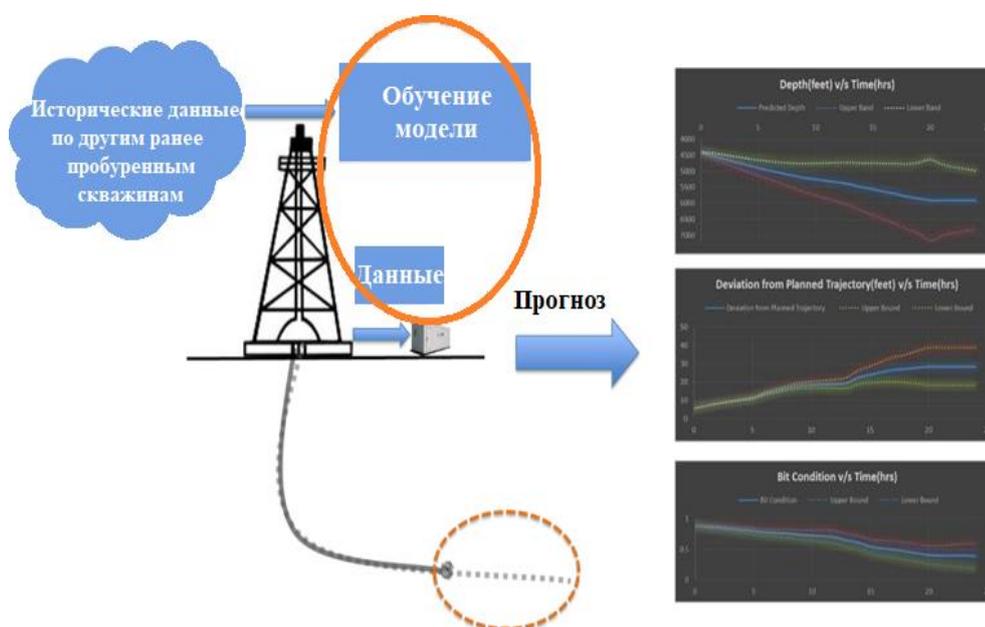


Рис. 6. Цифровой двойник в строительстве скважин [7]

В нефтегазовой отрасли, особенно в бурении, цифровизация является новой технологией для планирования, подготовки и бурения скважин более разумным способом, для улучшения и удешевления рабочих процессов, а также для выполнения многих операций, которые ранее были невозможны. Цифровой двойник представляет основу моделей в реальном времени и является результатом накопленных знаний путем непрерывных исследований и разработок моделирования в бурении.

#### Цифровой двойник трубопровода

При проектировании подводных трубопроводов была использована облачная платформа «Цифровой двойник месторождения» [8]. Облачная технология детального проектирования подводного трубопровода и подводных сооружений позволила сэкономить значительное количество расчетных часов, в том числе за счет уменьшения

человеческой ошибки. Все стандартные расчеты проектирования трубопроводов и подводных сооружений (расчет толщины стенки, анализ устойчивости на дне, пролета, расширения конца трубы и выпуклости трубопровода) были выполнены через веб-графический пользовательский интерфейс – GUI (рис. 7). Облачная платформа «Цифровой двойник месторождения», используемая при автоматизации проектирования, значительно снижает общую стоимость проекта, автоматически генерирует отчетную документацию.



**Рис. 7.** Расстановка сенсоров и передача больших геоданных для цифрового двойника подводного трубопровода [8]

В качестве преимуществ цифровых двойников можно выделить следующие: снижение эксплуатационных расходов; оценка текущих и будущих возможностей системы в течение ее жизненного цикла; раннее выявление недостатков производительности системы путем моделирования результатов еще до разработки физических процессов и продуктов; оптимизация работоспособности, технологичности и устойчивости и непрерывное уточнение конструкций и моделей с помощью информации, полученной в реальном времени. К недостаткам технологии цифровых двойников нефтегазовых объектов следует отнести то, что создание цифровых двойников требует целенаправленной и многофункциональной команды, включая специалистов в области методов и технологий искусственного интеллекта, а также использования суперкомпьютерных технологий и систем сбора, хранения и передачи больших геоданных [9, 10].

### Заключение

Цифровой двойник стал необходимым и полезным инструментом для управления объектами на производстве. Облачные платформы цифровых двойников нефтегазовых объектов – это новая парадигма, сочетающая киберфизическое моделирование и предиктивную аналитику на основе больших геоданных. В связи с падением цен на нефть компании приступили к масштабному внедрению цифровых двойников для сокращения простоев из-за плановых или внеплановых профилактических работ, максимизации фондоотдачи на основных производственных активах на добывающих месторождениях, снижения эксплуатационных и капитальных затрат. Облачная платформа цифрового двойника – это высокоинтегрированная киберфизическая система с недорогими оптоволоконными сенсорами нефтегазового Интернета вещей (PIoT) для сбора больших геоданных, глубокой аналитикой этих данных для получения содержательной производственной информации и прогнозной стратегией технического обслуживания, основанной на алгоритмах машинного обучения. Используя подобные системы, инженерам удастся уменьшить количество ошибок при проектировании и анализе в 2–3 раза [1]. К 2021 г. половина всех крупных промышленных компаний, по прогнозу Gartner, будет использовать «цифровых двойников» и это повысит их производительность на 10%.

### Литература

1. *Еремин Н.А., Мельников И.В., Бобриков Н.М.* и др. Применение комплексных алгоритмов управления газодобычей как элементов цифрового двойника технологического комплекса Бованенковского НГКМ // Газовая промышленность. 2019. № 6(785). С. 42–49.
2. *Еремин Н.А., Еремин Ал.Н.* Цифровой двойник в нефтегазовом производстве // Нефть. Газ. Новации. 2018. № 12. С. 14–17.
3. *Bhowmik S.* Digital twin of subsea pipelines: conceptual design integrating IoT, machine learning and data analytics // Offshore Technology Conference. 6–9 May 2019: Proceedings. Houston, Texas, USA, 2019. Paper OTC-29455-MS. 9 p. <https://doi.org/10.4043/29455-MS>
4. Digital twins for industrial applications: An Industrial Internet Consortium White Paper. Version 1.0. 2020-02-18. 19 p.

5. *Geselschap C., Meskers G., van Dijk R., van Winsen I.* Digital twin – engineering with the human factor in the loop // Offshore Technology Conference, 6–9 May 2019: Proceedings. Houston, Texas, USA, 2019. Paper OTC-29627-MS. 8 p. <https://doi.org/10.4043/29627-MS>.

6. *Brewer T., Knight D., Noiray G., Naik H.* Digital twin technology in the field reclaims offshore resources // Offshore Technology Conference, 6–9 May 2019: Proceedings. Houston, Texas, USA, 2019. Paper OTC-29231-MS. 10 p. <https://doi.org/10.4043/29627-MS>.

7. *Saini G., Ashok P., van Oort E., Isbell M.R.* Accelerating well construction using a digital twin demonstrated on unconventional well data in North America // SPE/AAPG/SEG Unconventional Resources Technology Conference, 23–25 July 2018: Proceedings. Houston, Texas, USA, 2018. Paper URTEC-2902186-MS. 13 p. <https://doi.org/10.15530/URTEC-2018-2902186>

8. *Bhowmik S., Naik H.* Subsea structure and pipeline design automation using digital field twin // Offshore Technology Conference, 4–7 May 2020: Proceedings. Houston, Texas, USA, 2020. Paper OTC-30909-MS. 9 p. <https://doi.org/10.4043/30909-MS>

9. *Столяров В.Е., Еремин Н.А., Еремин Ал.Н., Басниева И.К.* Цифровые газовые скважины: состояние и перспективы // Нефтепромысловое дело. 2018. № 7. С. 48–55. <https://doi.org/10.30713/0207-2351-2018-7-48-55>

10. *Столяров В.Е., Басниева И.К., Еремин Н.А. и др.* Цифровизация технологий добычи газа // Актуальные проблемы нефти и газа. 2018. Вып. 2(21). С. 10. <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2018-21.art10>

## Application of a digital twin in the oil and gas industry

V.N. Bykova\*, E. Kim\*\*, M.R. Gadzhialiev\*\*\*, V.O. Musienko\*\*\*\*, A.O. Orudzhev\*\*\*\*\*,  
E.A. Turovskaya\*\*\*\*\*

Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), Moscow

E-mail: \*bykova.asm1904@asugubkin.ru, \*\*liza\_kimaa@mail.ru, \*\*\*gadzhialiev@gmail.com,

\*\*\*\*musienko2019@bk.ru, \*\*\*\*\*alikh.orujev1997@mail.ru, \*\*\*\*\*turovskayaea@gmail.com

**Abstract.** The article considers the main issues of creating a digital twin in the oil and gas production. The main components of a digital twin are briefly described. The characteristic of an oil and gas digital twin is given. The types of digital twins are presented. The life cycle of a digital twin of an oil and gas facility is revealed. The fields of application of digital twins in the oil and gas industry are listed. The authors give the examples of development and the first operational results of digital twins in the oil and gas industry: in drilling, onshore and offshore production, pipeline transport. The main advantages and disadvantages of this technology are listed.

**Keywords:** digital twin, life cycle, types of digital twins, cloud platform, digitalization, well, field, pipeline, Petroleum Internet of Things (PIoT), automation, monitoring, real-time mode.

**Citation:** Bykova V.N., Kim E., Gadzhialiev M.R., Musienko V.O., Orudzhev A.O., Turovskaya E.A. Application of a digital twin in the oil and gas industry // Actual Problems of Oil and Gas. 2020. Iss. 1(28). P. 8. <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2020-28.art8> (In Russ.).

### References

1. Eremin N.A., Melnikov I.V., Bobrikov N.M., Stolyarov V.E., Kogai A.A., Schegolev D.P. The application of complex gas production control algorithms as the necessary elements to create a digital twin of the Bovanenkovo oil and gas condensate field technological complex // Gas Industry. 2019. No. 6(785). P. 42–49. (In Russ.).
2. Eremin N.A., Eremin A.N. Digital twin in the oil and gas production // Oil. Gas. Innovations. 2018. No. 12. P. 14–17. (In Russ.).
3. Bhowmik S. Digital twin of subsea pipelines: conceptual design integrating IoT, machine learning and data analytics // Offshore Technology Conference. 6–9 May 2019: Proceedings. Houston, Texas, USA, 2019. Paper OTC-29455-MS. 9 p. <https://doi.org/10.4043/29455-MS>
4. Digital twins for industrial applications: An Industrial Internet Consortium White Paper. Version 1.0. 2020-02-18. 19 p.
5. Geselschap C., Meskers G., van Dijk R., van Winsen I. Digital twin – engineering with the human factor in the loop // Offshore Technology Conference, 6–9 May 2019: Proceedings. Houston, Texas, USA, 2019. Paper OTC-29627-MS. 8 p. <https://doi.org/10.4043/29627-MS>

6. *Brewer T., Knight D., Noiray G., Naik H.* Digital twin technology in the field reclaims offshore resources // Offshore Technology Conference, 6–9 May 2019: Proceedings. Houston, Texas, USA, 2019. Paper OTC-29231-MS. 10 p. <https://doi.org/10.4043/29627-MS>

7. *Saini G., Ashok P., van Oort E., Isbell M.R.* Accelerating well construction using a digital twin demonstrated on unconventional well data in North America // SPE/AAPG/SEG Unconventional Resources Technology Conference, 23–25 July 2018: Proceedings. Houston, Texas, USA, 2018. Paper URTEC-2902186-MS. 13 p. <https://doi.org/10.15530/URTEC-2018-2902186>

8. *Bhowmik S., Naik H.* Subsea structure and pipeline design automation using digital field twin // Offshore Technology Conference, 4–7 May 2020: Proceedings. Houston, Texas, USA, 2020. Paper OTC-30909-MS. 9 p. <https://doi.org/10.4043/30909-MS>

9. *Stolyarov V.E., Eremin N.A., Eremin Al.N., Basnieva I.K.* Digital gas wells: state and prospects // Oilfield Engineering, 2018. No. 7. P. 48–55. <https://doi.org/10.30713/0207-2351-2018-7-48-55>. (In Russ.).

10. *Stolyarov V.E., Basniev I.K., Eremin N.A.* et al. Digitalization of gas production technologies // Actual Problems of Oil and Gas. 2018. Iss. 2(21). P. 10. <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2018-21.art10> (In Russ.).