

## Управление деятельностью строительной организации на основе интеграции календарно-сетевое планирования, BIM-моделирования и технологии виртуальной реальности

*О. В. Ашихмин, А. П. Шестакова, А. М. Мордвинов*

*Тюменский индустриальный университет*

**Аннотация:** В статье приведен опыт пилотного проекта по интеграции календарно-сетевое планирования, BIM-моделирования и технологии виртуальной реальности для управления производственной деятельностью строительной организации. Для реализации поставленной цели представлена последовательность шагов интеграции технологий и выполнено совмещение технологий на базе единой цифровой платформы; приведены фрагменты разработанного календарно-сетевое графика и BIM-модели и результаты их совмещенного отображения в VR-очках.

**Ключевые слова:** календарно-сетевое планирование, календарно-сетевое график, BIM-моделирование, технология виртуальной реальности, VR-очки, единая цифровая платформа, TrinusVR.

В настоящее время в практику управления проектами внедрены и активно используются три ключевые технологии: календарно-сетевое планирование, BIM-моделирование и решения на базе виртуальной реальности [1-3]. Каждая из этих технологий находит свое применение в различных сферах проектного администрирования, строительной деятельности и процессов цифровой трансформации.

Заслуживает внимания тот факт, что все рассматриваемые направления не только подтверждают свою практическую значимость, но и продолжают стремительно развиваться. Данная динамика наблюдается как в масштабах отдельных компаний, так и на уровне рыночных трендов, что подчеркивает их важность для оптимизации бизнес-процессов и повышения качества реализуемых проектов [4,5].

Рассмотрим основные характеристики трех технологий, которые могут быть интегрированы для повышения эффективности проектного управления.

Календарно-сетевое планирование обладает рядом важных преимуществ: визуальное представление структуры проекта через графики;

---

рациональное распределение ресурсов различного типа; контроль хронологических рамок выполнения задач; гибкость внесения корректировок в план; возможность прогнозирования развития событий; учет логических связей между этапами.

Однако существуют и определенные недостатки: специальная подготовка пользователей; временные затраты на создание планов; риск неточностей из-за недостатка информации; влияние внешних факторов на достоверность плана; необходимость адаптации под особенности конкретных проектов [6].

ВМ-технологии открывают следующие возможности: повышение качества архитектурных решений; оптимизация взаимодействия между специалистами разных профилей; сокращение времени реализации проекта; прогнозирование и минимизация рисков; энергосберегающие решения при проектировании.

Вместе с тем, применение ВМ-технологий вызывает и некоторые сложности: высокие первоначальные инвестиции во внедрение; необходимость обучения персонала; зависимость от надежности поставщиков программного обеспечения; проблемы совместимости различных программных продуктов; необходимость мощной технической базы [7,8].

VR-технологии обладают следующими преимуществами: высокий уровень погружения в виртуальную среду; возможность тестирования проектов без реального строительства; экономия на физических прототипах; доступность удаленного изучения объектов.

Но также существуют и определенные сложности: необходимость специального оборудования; вероятность негативных физиологических реакций; риск социальной изоляции пользователей [9,10].

Последовательность этапов, позволяющая совместно применить вышеперечисленные технологии, представлена на рис. 1.

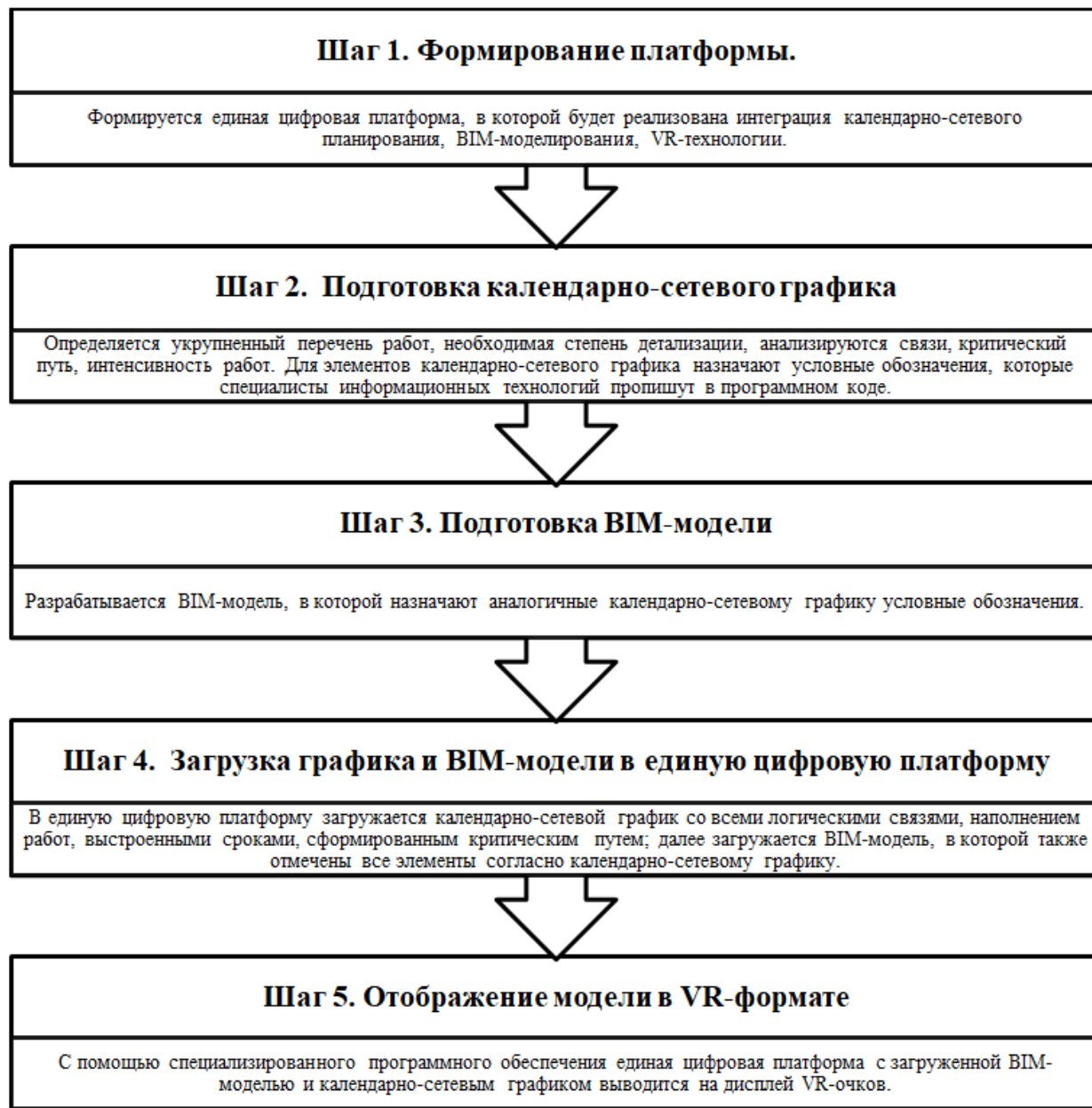


Рис. 1. – Последовательность шагов интеграции календарно-сетевого планирования, BIM-моделирования и технологии виртуальной реальности

Интеграция всех трех технологий позволяет получить комплексное решение для управления проектами. Это дает возможность:

- создать точные сетевые модели;

- более эффективно распределять ресурсы;
- проводить наглядную презентацию проекта;
- выделять ключевые критические моменты;
- отображать различные системы и блоки в единой модели [11].

Таким образом, надевая очки, пользователь станет непосредственным участником трехмерного пространства и будет видеть строящийся объект в реальных масштабах, с учетом всех систем и конечного результата строительства.

В рамках исследований был разработан пилотный проект интеграции календарно-сетевого планирования, BIM-моделирования и технологии виртуальной реальности для управления производственной деятельностью строительной организации; было рассмотрено возможное отображение функционала календарно-сетевого графика, BIM-модели, изображение, полученное с дисплеев VR-очков. Разработанный фрагмент календарно-сетевого графика проекта установки подготовки нефти представлен на рис. 2.

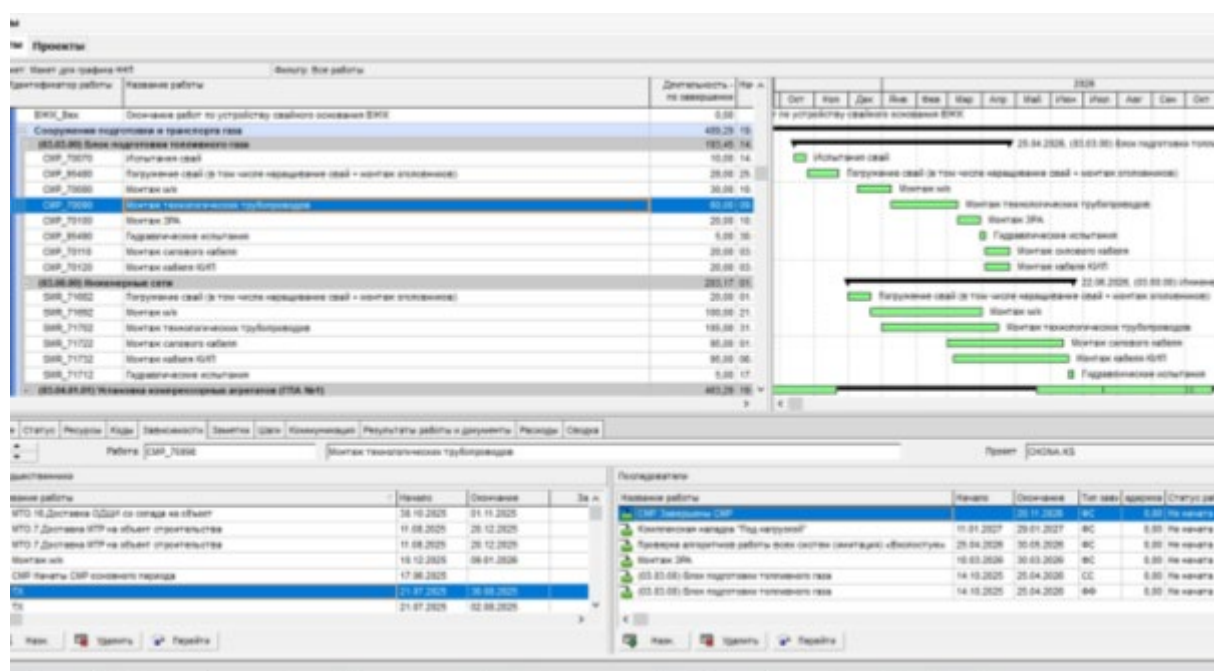


Рис. 2. - Фрагмент календарно-сетевого графика

Следующим этапом интеграции является загрузка графика и BIM-модели в единую цифровую платформу. Отображение календарно-сетевых графиков совместно с BIM-моделью на примере работы «Монтаж технологического трубопровода», представлен на рис. 2.

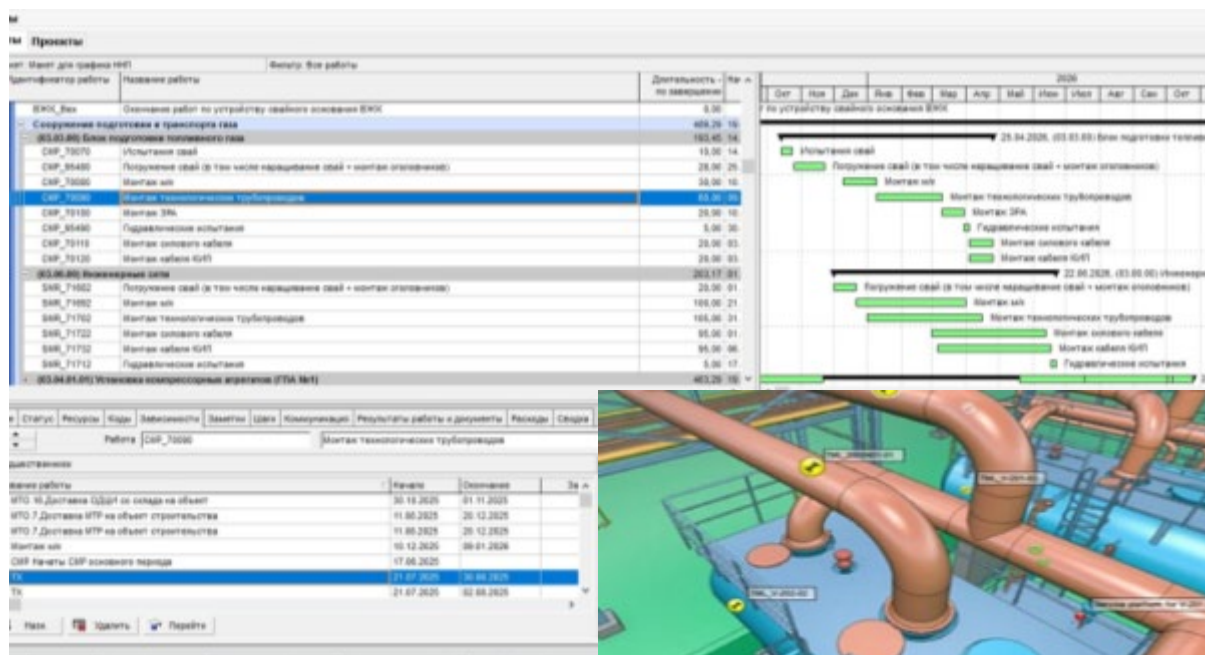


Рис. 2. – Календарно-сетевой график и BIM-модель на примере работы «Монтаж технологического трубопровода»

Функционал единой цифровой платформы позволяет рассматривать BIM-модель в различных плоскостях, приближать и отдалять изображение. Возможно рассмотрение как позиции по генеральному плану в целом, так и ее отдельных систем. Рассматриваемый фрагмент выделяется цветом для удобства и наглядности пользователя. Вариации изображений работы «Монтаж технологического трубопровода» представлены на рис. 3, 4.

Для более полного погружения в пространство в рамках пилотного проекта рассматривается возможность отображение BIM-модели в VR-очках.

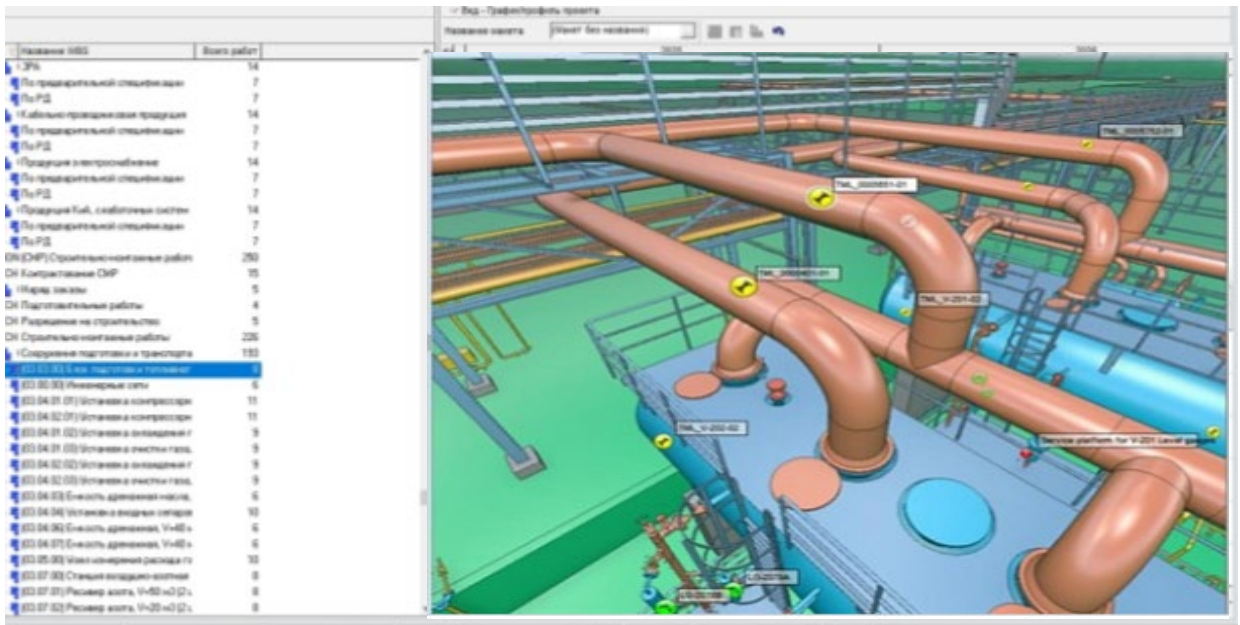


Рис. 3. – BIM-модель, отображение систем на примере работы «Монтаж технологического трубопровода»

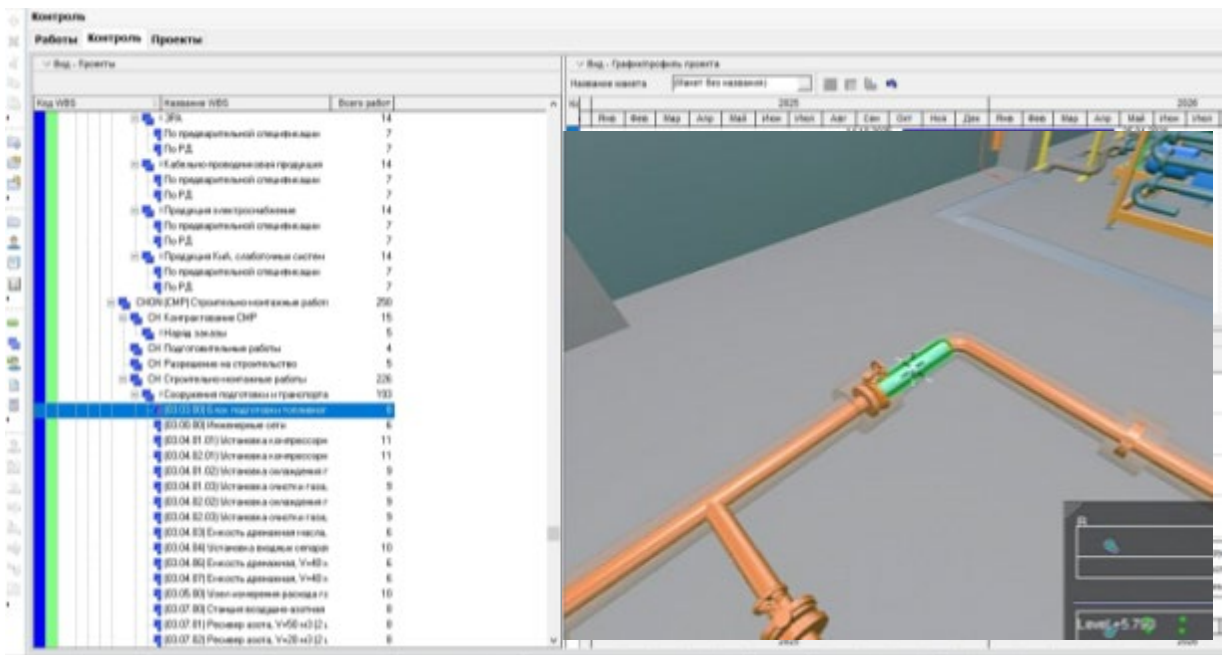


Рис.4. – BIM-модель, отображение систем на примере работы «Монтаж технологического трубопровода»

Для этого в программное обеспечение «TrinusVR» подгружается BIM-модель и календарно-сетевой график для отображения сроков. Пример VR-визуализации представлен на рис. 5, 6.

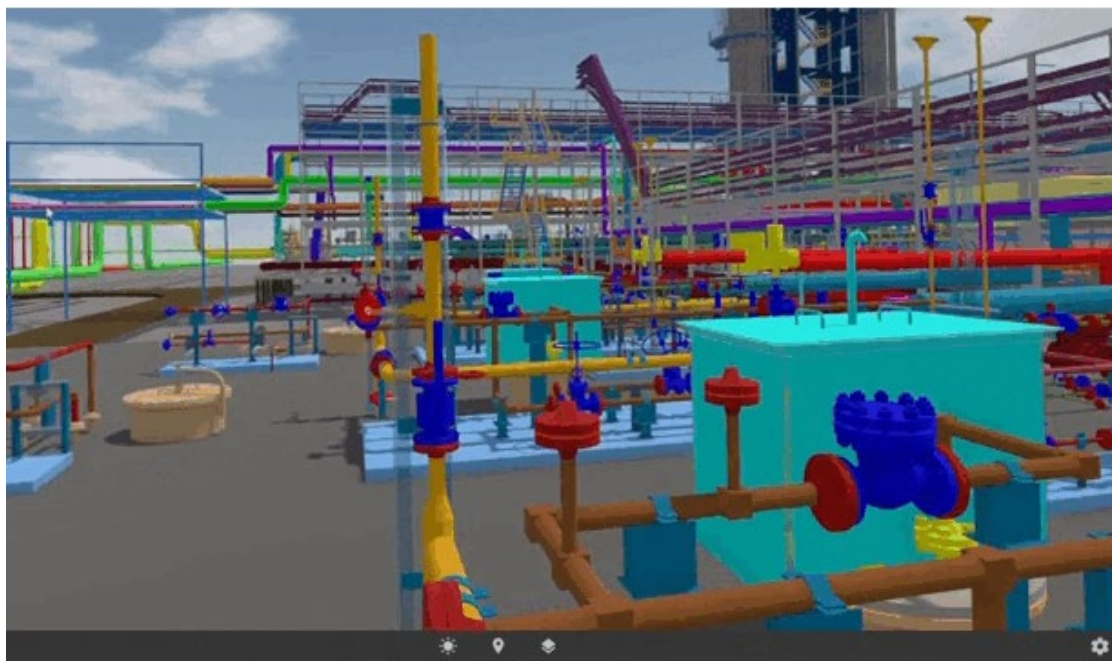


Рис. 5. - Пример отображения площадочных объектов в VR- очках

Основной особенностью приложения «TrinusVR» является возможность отображения сроков строительства каждой системы, позиции. На рис. 6 представлен фрагмент изображения из VR-очков, с указанием сроков строительства соединительных трубодеталей. Функционал платформы позволяет отображать элемент, который является критичным. Это позволяет всем участникам проекта оперативно и более обоснованно принимать управленческие решения. Например, руководителю проекта перераспределить приоритетность строительства позиций, а планировщику отобразить изменения в календарно-сетевой модели.

В календарно-сетевом графике крупного объекта зачастую проблематично управлять выстроенными процессами, поскольку график является динамичной моделью. К примеру, в части материально-технического обеспечения необходимый для монтажа материал задерживается в пути, следовательно, монтаж оборудования необходимо сместить во времени.

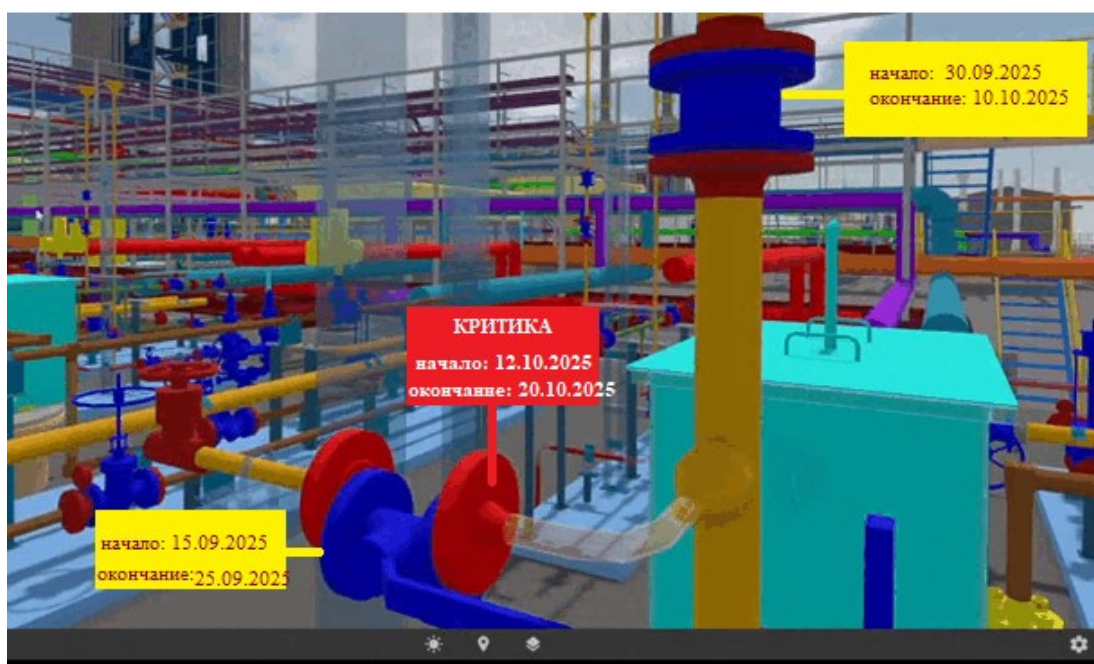


Рис. 6. - Отображение строительства соединительных деталей трубопроводов с указанием сроков и критического пути

Чтобы избежать задержки процессов, специалист календарно-сетевого планирования меняет приоритетность позиции и назначает к монтажу позицию, обеспеченную материально-техническими ресурсами. В результате, в календарно-сетевом графике необходимо изменять связи между задачами. Таким образом, есть вероятность упустить важную позицию, что в дальнейшем может привести к коллизиям.

В свою очередь, VR-технологии позволяют отображать на самом объекте те позиции, которые готовы к монтажу, и те позиции, приоритетность которых необходимо снять, либо ускорить процессы, влияющие на их строительство. Применение VR-технологий значительно снижает количество ошибок, возникающих в связи со стесненными условиями строительства [12].

Стоит отметить еще одно преимущество совместного использования данных технологий - это повышения качества строительного контроля. На объектах стройконтроль является уязвимым место, поскольку верификация



фактических данных и тех данных, которые указывают подрядные организации, иногда разнятся [13]. Специалистам строительного контроля необходимо периодически выезжать на объект и сверять данные, полученные ранее от строителей. Участники процесса, которые находятся удалённо от объекта, также не имеют возможности оперативно убедиться в том, что календарно-сетевой график отражает действительность. Верификация данных и графика, зачастую, занимает много времени. В случае совмещения VR-технологий и календарно-сетевой модели специалист сможет наглядно убедиться, отражает ли график действительность [14].

В ходе пилотного проекта был получен визуализированный результат работы по совмещению технологий для управления строительными проектами на примере строительства крупного объекта «Установка подготовки нефти». Интеграция VR-технологий и BIM-моделирования в систему календарно-сетевого планирования открывает возможности для создания объёмных цифровых моделей проектов, что способствует глубокому пониманию их архитектуры и особенностей реализации, упрощает процесс принятия решений и делает коммуникацию между участниками более эффективной.

### Литература

1. Адамцевич Л.А., Сорокин И.В., Настычук А.В. Перспективные в условиях цифровой трансформации строительной отрасли технологии индустрии 4.0 // Строительство и архитектура. 2022. Т. 10. № 4. С. 101-105. URL: [doi.org/10.29039/2308-0191-2022-10-4-101-105](https://doi.org/10.29039/2308-0191-2022-10-4-101-105). EDN GGNGAU.
2. Monla Z., Assila A., Beladjine D., Zghal M. Maturity Evaluation Methods for BIM-Based AR/VR in Construction Industry: a Literature Review // IEEE



Access. 2023. Vol. 11. Pp. 101134-101154. URL:  
[doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3281265](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3281265)

3. Шеина С.Г., Мищенко В.Я., Сергеев Ю.Д., Сергеева А.Ю., Мясичев Р.Ю. Анализ объективности применения BIM-технологий в строительстве // Инженерный вестник Дона. 2024. №4. URL:  
[ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2024/9136](https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2024/9136)

4. Пименов С.И., Коклюгина Л.А. Строительная информационная модель как инструмент снижения информационной неопределенности в оперативном управлении строительства // Construction and Geotechnics. 2023. Т. 14. № 2. С. 116-127. URL: [doi.org/10.15593/2224-9826/2023.2.09](https://doi.org/10.15593/2224-9826/2023.2.09). EDN OLAZTN.

5. Юдина А.Ф., Григорьев С.Ю., Величкин В.З. Использование BIM-технологий для контроля качества проектов строительной инфраструктуры // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 2 (79). С. 132-137. URL: [doi.org/10.23968/1999-5571-2020-17-2-132-137](https://doi.org/10.23968/1999-5571-2020-17-2-132-137). EDN NLIPBT.

6. Каракозова И.В., Павлов А.С. Создание сетевой модели на основе универсальной последовательности строительных работ // Строительство: наука и образование. 2020. Т. 10. № 3. С. 1-16. URL: [doi.org/10.22227/2305-5502.2020.3.1](https://doi.org/10.22227/2305-5502.2020.3.1)

7. Алексанин А.В. Использование информационных технологий на этапе строительства объекта // Строительство и реконструкция. 2023. № 4 (108). С. 132-137. URL: [doi.org/10.33979/2073-7416-2023-108-4-132-137](https://doi.org/10.33979/2073-7416-2023-108-4-132-137). EDN BVHWWU.

8. Schiavi B., Navard V., Beddiar K., Baudry D. BIM data flow architecture with AR/VR technologies: Use cases in architecture, engineering and construction // Automation in Construction. 2022. Vol. 134. P. 104054. URL: [doi.org/10.1016/j.autcon.2021.104054](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.104054)

---

9. Адамцевич Л.А., Камаева Ю.В. Использование VR, AR, MR-технологий в строительстве на этапах жизненного цикла объектов капитального строительства // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования - 2022: сб. докл. Третьей национальной науч. конф. 2023. С. 800-804. EDN HBUDKK.

10. Евтушенко С.И., Куценко М.Д. Использование технологии дополненной реальности на этапах жизненного цикла объекта капитального строительства // Вестник МГСУ. 2023. Т. 18. № 11. С. 1813-1820. URL: doi.org/10.22227/1997-0935.2023.11.1813-1820. EDN IOBIMY.

11. Yigitbas E., Nowosad A., Engels G. Supporting Construction and Architectural Visualization through BIM and AR/VR: a Systematic Literature Review // ArXiv. 2023. URL: doi.org/10.48550/arXiv.2306.12274

12. Поляков В.Г., Чебанова С.А., Могильный Д.В. Внедрение VR – решений на стадии разработки проектной документации, как решение проблем, возникающий при застройке в стесненных условиях // Инженерный вестник Дона. 2020. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2020/6425

13. Александрова Н. Н., Меллер Н. В., Некрасова И. Ю. Исследование развития регионального рынка услуг жилищно-коммунального хозяйства : монография . – Чебоксары : Среда, 2022. – 112 с.

14. Ma S. Research on construction management based on BIM-AR/VR technology // E3S Web of Conferences. 2025. Vol. 606. P. 04007. URL: doi.org/10.1051/e3sconf/202560604007

### References

1. Adamcevich L., Sorokin I., Nastychuk A.1 Construction and Architecture. 2022. 10(4). pp.101-105. URL: doi.org/10.29039/2308-0191-2022-10-4-101-105. EDN GGNGAU.



2. Monla Z., Assila A., Beladjine D., Zghal M. IEEE Access. 2023. Vol. 11. Pp. 101134-101154. URL: [doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3281265](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3281265)
  3. Sheina S.G., Mishchenko V.Ya., Sergeev Yu.D., Sergeeva A.Yu., Myasishchev R.Yu. Inzhenernyj vestnik Dona. 2024. No. 4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2024/9136](https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2024/9136)
  4. Pimenov S.I., Kokliugina L.A. Construction and Geotechnics. 2023. 14(2) pp.116-127. URL: [doi.org/10.15593/2224-9826/2023.2.09](https://doi.org/10.15593/2224-9826/2023.2.09). EDN OLAZTN.
  5. Yudina A.F., Grigoryev S.Yu., Velichkin V.Z. Vestnik grazhdanskih inzhenerov. 2020. 2(79). pp.132-137. URL: [doi.org/10.23968/1999-5571-2020-17-2-132-137](https://doi.org/10.23968/1999-5571-2020-17-2-132-137). EDN NLIPBT.
  6. Karakozova I.V., Pavlov A.S. Construction: Science and Education. 2020. 10(3). pp.1-16. URL: [doi.org/10.22227/2305-5502.2020.3.1](https://doi.org/10.22227/2305-5502.2020.3.1)
  7. Aleksanin A.V. Building and Reconstruction. 2023. 4(108) pp. 132-137. URL: [doi.org/10.33979/2073-7416-2023-108-4-132-137](https://doi.org/10.33979/2073-7416-2023-108-4-132-137). EDN BVHWWU.
  8. Schiavi B., Havard V., Beddiar K., Baudry D. Automation in Construction. 2022. Vol. 134. P. 104054. URL: [doi.org/10.1016/j.autcon.2021.104054](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.104054)
  9. Adamtsevich L.A., Kamaeva Yu.V. Actual problems of the construction industry and education 2022: collection of reports of the Third National Scientific Conference. 2023. pp.800-804. EDN HBUDKK.
  10. Evtushenko S.I., Kuzenko M.D. Vestnik MGSU Monthly Journal on Construction and Architecture. 2023. 18(11). pp.1813-1820. URL: [doi.org/10.22227/1997-0935.2023.11.1813-1820](https://doi.org/10.22227/1997-0935.2023.11.1813-1820). EDN IOBIMY.
  11. Yigitbas E., Nowosad A., Engels G. ArXiv. 2023. URL: [doi.org/10.48550/arXiv.2306.12274](https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.12274)
  12. Polyakov V.G., Chebanova S.A., Mogilny D.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2020. No. 4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2020/6425](https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2020/6425)
-



13. Aleksandrova N. N., Meller N. V., Nekrasova I. Yu. Issledovanie razvitiya regional'nogo rynka uslug zhilishchno-kommunal'nogo hozyajstva [Research into the development of the regional housing and communal services market]: monographia. Cheboksary: Sreda, 2022. 112 p.

14. Ma S. E3S Web of Conferences. 2025. Vol. 606. P. 04007. URL: [doi.org/10.1051/e3sconf/202560604007](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202560604007).

**Дата поступления: 15.09.2025**

**Дата публикации: 26.10.2025**