

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА / TECHNOLOGY AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION

DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.53.3>

АНАЛИЗ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕСУРСНО-КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Научная статья

Галлямов Л.З.^{1,*}, Кашина С.Г.²

¹ORCID : 0009-0007-3439-3104;

^{1,2} Казанский государственный архитектурно-строительный университет, Казань, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (lunis[at]inbox.ru)

Аннотация

В современных реалиях растет значимость использования специализированного программного обеспечения для оптимизации строительства, в том числе жилищного, из-за его роста в городах. К тому же в период непростой экономической ситуации, при росте цен на строительные материалы и наличии ограничительных мер, потребность оптимизировать процессы строительства возрастает во много раз. Оптимизация строительства позволяет найти компромисс между важными составляющими – стоимость, качество и сроки строительства. Для реализации выше перечисленных составляющих необходимо программное обеспечение (ПО) для оптимизации ресурсно-календарного планирования (РКП). Существует множество методов разработки РКП, но в настоящее время лидирующее место занимает разработка РКП с использованием технологий информационного моделирования (ТИМ).

С этой целью в статье приведен анализ существующего программного обеспечения, выявлены его достоинства и недостатки.

Ключевые слова: оптимизация, ресурсно-календарное планирование, ТИМ.

ANALYSIS OF RESOURCE AND CALENDAR PLANNING SOFTWARE

Research article

Gallyamov L.Z.^{1,*}, Kashina S.G.²

¹ORCID : 0009-0007-3439-3104;

^{1,2} Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation

* Corresponding author (lunis[at]inbox.ru)

Abstract

In today's realities, the use of specialized software to optimize construction, including residential housing, is becoming increasingly important due to its growth in urban areas. In addition, during a difficult economic situation, with rising prices for construction materials and the presence of restrictive measures, the necessity to optimize construction processes increases many times over. Optimization of construction allows to find a compromise between important components – cost, quality and construction time. In order to implement the above-mentioned components, software for optimizing resource and calendar planning (RCP) is required. There are many methods of RCP development, but currently the leading place is occupied by RCP development using information modelling technologies (IMT).

To this effect, the article analyses the existing software and identifies its advantages and disadvantages.

Keywords: optimization, resource and calendar planning, TIM.

Введение

Технологии информационного моделирования (ТИМ) оказывают непосредственное влияние на строительную отрасль и меняют суть процессов ее функционирования и дальнейшего развития. Эти изменения представляют как фундаментальные и масштабные проблемы, так и значительные возможности для строительных компаний и общества. Цифровизация строительной отрасли – это один из ускорителей перемен, продвигающий инновации и извлечение выгоды из достижений цифровой эпохи развития общества [1].

Строительные проекты сами по себе являются информационно переполненными, а отсутствие необходимой информации для принятия решений в нужное время, плюс нарастающее давление по срокам в условиях классических методов их реализации отчасти трактуют низкую эффективность отрасли в целом [2].

Эффективная цифровая стратегия, с помощью которой проводится цифровая трансформация, определяет лидерство в конкурентной борьбе развития экономики в современное время. Препградой для успешной цифровой трансформации всей инвестиционно-строительной отрасли служит отсутствие согласованной цифровой стратегии, то есть структурированного применения ТИМ [3].

Из-за роста объемов строительства зданий и сооружений в мире для удовлетворения объема спроса возникает необходимость в эффективных и современных строительных процессах. Поэтому значения разработки и внедрения новых технологий и цифровое развитие строительной отрасли играют важную роль.

К тому же строительные компании обязаны работать в условиях нарастающей конкуренции и довольно сложной среде с нарастающим давлением, с целью предложить качество работ на высоком уровне при наименьших расходах и в короткие сроки, удовлетворяя потребности покупателей и сохраняя собственные позиции на рынке.

Направление ТИМ является одним из общепринятых подходов и инструментов реализации возможностей инновационных технологий в строительной отрасли.

В 2021 году цифровизация строительной отрасли начала стремительно развиваться на фоне пандемии. На территории РФ уже используются «цифровые двойники» сооружений [4].

В нынешнее время концепция внедрения и использования специализированного программного обеспечения календарно-сетевое планирования с использованием ТИМ появляется все чаще и чаще, в статье рассмотрим их.

Методы и принципы исследования

Большинство программных комплексов содержит в себе масштабный набор команд и функций, но в статье будут рассматриваться главные технические параметры, учет которых важен для повышения качества планирования [5].

Microsoft Project – одно из самых популярных имен в технологии индустрии. В настоящее время Microsoft Project насчитывает более 20 миллионов пользователей, и этот ПК предназначен для управления проектами: разработка расписаний, распределение ресурсов, отслеживании выполнения работ. (рис. 1).

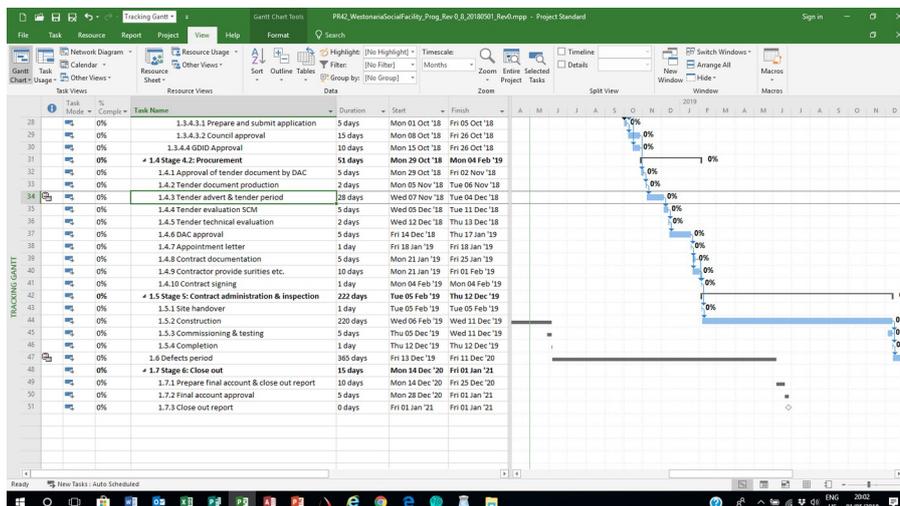


Рисунок 1 - Программное обеспечение Microsoft Project
DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.53.3.1>

К основным достоинствам Microsoft Project можно отнести:

- интерфейс, так как ПО было создано более 30 лет назад, программа хорошо адаптировалась под создание строительных проектов и продолжает развиваться;
- интеграция с другими рабочими инструментами, таких как: сметные программы, Excel, Word, PowerPoint, и выведение информации в доступном виде;
- легкий доступ передачи данных другим пользователям.

К основным недостаткам Microsoft Project можно отнести:

- данное программное обеспечение сложно в использовании начинающим специалистам из-за его огромного набора различных инструментов;
- низкое качество визуализации;
- несовместимость с большинством других программных комплексов (ПК);
- возможность использования на различных операционных системах (ОС);
- отсутствие использования на нескольких устройствах [6].

Primavera P6 Professional – программный комплекс для построения, планирования и отслеживания многоуровневых графиков проектов. (рис. 2)

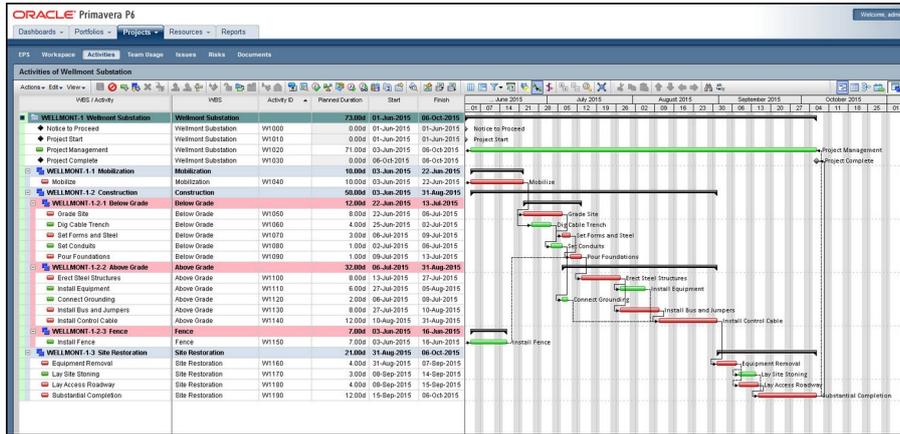


Рисунок 2 - Программное обеспечение Primavera P6 Professional
DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.53.3.2>

К основным достоинствам PrimaveraP6 Professional можно отнести:

- интерфейс, возможность организации множества действий, которая позволяет пользователям расставлять приоритеты, выполнять и контролировать работу;
- одновременная работа нескольких пользователей;
- отчеты в режиме реального времени, которые быстро направляются по запросу или по расписанию;
- возможность использования на нескольких устройствах.

Основные недостатки Primavera P6 Professional:

- Primavera P6 предназначена только для ОС Windows;
- сложный и устаревший интерфейс Primavera P6, в сравнении с конкурентами;
- отсутствие создания визуализации [7].

SpiderProject – интегрированная система управления проектами, разработанная с учетом потребителей на Российском рынке. Уникальные функции пакета легки в использовании, быстрое обучение. (рис. 3).

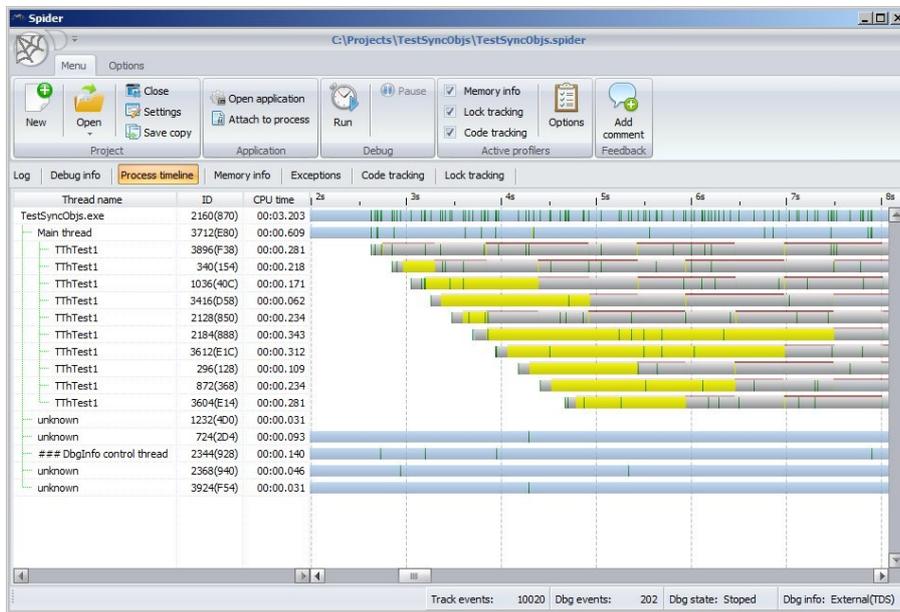


Рисунок 3 - Программное обеспечение SpiderProject
DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.53.3.3>

Основные достоинства SpiderProject:

- удобство интерфейса, автоматическое назначения ресурсов, с заданием параметров;
- неограниченный объем работ, ресурсов, структур работ и ресурсов;
- автоматический контроль оставшейся длительности и объема работ, получение отчетов по исполнению проекта в любых разрезах и за любой промежуток времени;
- встроенное руководство по управлению проектами, с международными стандартами, учет специфики управления проектами в России;
- поточная диаграмма – компактный и наглядный способ отображения графика работ проекта [8].

Недостатки SpiderProject:

- отсутствие создания визуализации.

OpenPlan – программа для календарного планирования и контроля, предназначенная для управления реализацией отдельных проектов и сложных проектных программ в заданный срок (рис. 4).

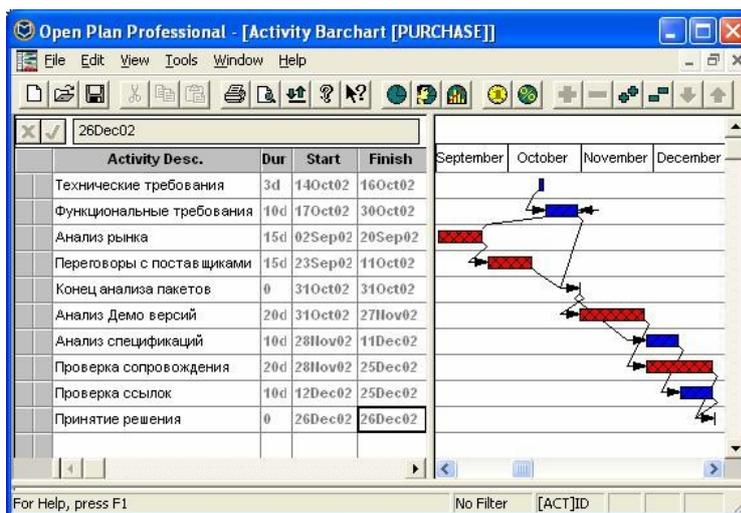


Рисунок 4 - Программное обеспечение OpenPlan
DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.53.3.4>

Программное обеспечение всего включают в себя следующие традиционные функции календарного планирования:

- удобный интерфейс, оптимизация календарных планов с учетом заданных ресурсов [9];
- контроль за выполнением работ и сравнение текущего состояния с исходным планом;
- простая выгрузка отчетов для других пользователей.

Основной недостаток – это отсутствие расширения системы собственными функциями, а также сложная настройка параметров нескольких проектов.

Synchro 4D – это цифровая технология, направленная на развитие строительства от классического 2D планирования к эффективному 4D-планированию и виртуальному проекту производства работ. SYNCHRO помогает решать задачи визуализации, анализа, правки и отслеживания всего проекта строительства. Также программа позволяет анализировать стоимости проекта, отслеживать исполнение бюджета (рис. 5). Synchro начал стремительно развиваться с представления Synchro Pro в 2007 году, совместно с внедрением ТИМ в проектирование, однако которое и в то время не коснулось планирования и управления строительными проектами. В 2018 году компания BentleySystemsIncorporated объявила о приобретении SynchroSoftware, что усилило рост развития программного обеспечения [10].

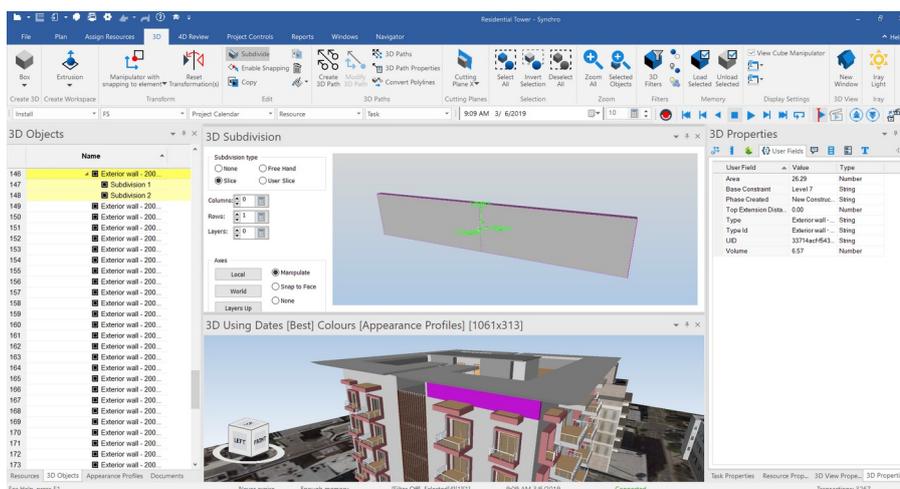


Рисунок 5 - Программное обеспечение Synchro 4D
DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.53.3.5>

Synchro 4D помогает создавать полноценный проект организации строительства через 4D-моделирование, в котором учитываются обеспечение материальными и техническими ресурсами и кадрами на строительной площадке, также учитывается обеспечение потребности в оборудовании, конструкциях, изделиях и материалах, обеспечение

потребности в машинах и механизмах, временных зданиях и сооружениях. Содержит собственную библиотеку моделей оборудования и техники, которые могут быть перемещены в 3D-окне с назначением координат, для более детальной визуализации строительства [11].

Программа обладает большим количеством инструментов для эффективного управления проектами. Пользователь может создавать свои настройки под специфику конкретного проекта и регулировать информационное наполнение.

Система Synchro обеспечивает:

- сравнение различных вариантов строительства в одном рабочем окне программы;
- достоверность планирования;
- координацию и взаимодействие участников проекта в результате единой наглядной визуализации всего проекта;
- контроль хода выполнения работ;
- уменьшение рисков, сроков и затрат за счет своевременного выявления ошибок планирования.

Достоинства ПО:

- возможность сокращения сроков за счет согласования с Застройщиком предлагаемых организационно-технологических решений. Наличие визуализации позволяет быстро решать многие вопросы связанные с процессами планирования и строительства.

- доступный интерфейс для начинающего пользователя;
- высокое качество визуализации.

NavisworksManage – инструмент от компании Autodesk. Этот программный комплекс предназначен для управления проектами по технологии BIM, объединения моделей, поиска пересечений, работы с 4D-моделированием и 5D-моделированием. Программный комплекс применяется для проверки ошибок проектов, коллизии, мониторинге строительства, показ объектов и многих других задачах [12].

Достоинства NavisworksManage:

- автоматическая проверка и формирование отчета;
- удобство интерфейса, быстрое редактирование;
- интеграция с календарными графиками, подключение информации о сроках строительства с возможностью дальнейшего анализа объемов;
- объединение данных, поступающих от участников проекта, для эффективного управления над его реализацией [12].

Полученная модель в ПК NavisworksManage представляет собой модель, которая включает в себя объекты из разных разделов (АР, КР, ОВиК, ЭОМ и т. д), т. е. все проектируемые разделы представлены в одной сводной модели. Модель помогает заранее выявить проблемы, возникающие на стадии возведения.

NavisworksManage в большей степени предназначен для комплексной экспертизы строительных проектов. Позволяет полностью контролировать результаты этапа проектирования, и только частично позволяет подготовить строительную модель (рис. 6).

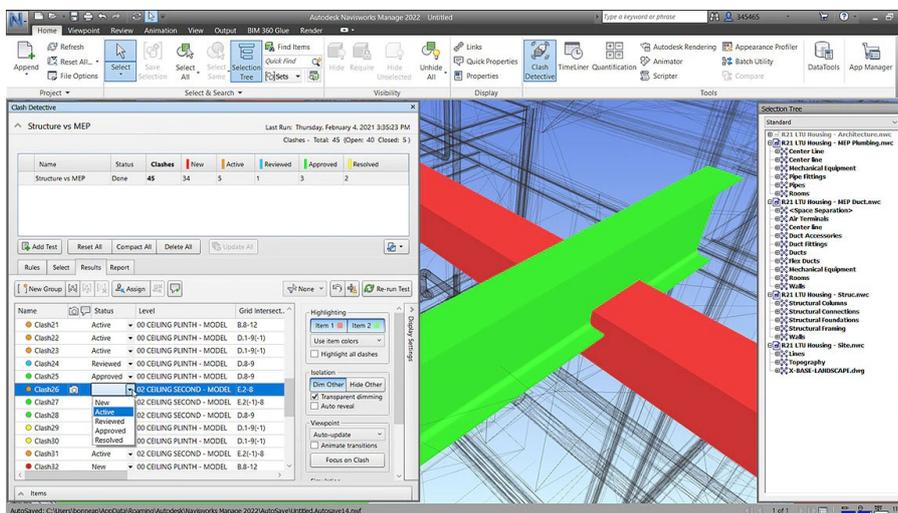


Рисунок 6 - Программное обеспечение NavisworksManage

DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.53.3.6>

DELMIA — это ПК, для виртуального строительства (4D-моделирования) объектов энергетического комплекса, гражданских и промышленных зданий, позволяет оптимизировать использование ресурсов и планирование путем внедрения современных технологий.

К основным функциям DELMIA относятся:

- оптимизация графика строительства с построением 3D-модели;
- воспроизведение и проверка вариантов выполнения работ на стадии разработки;
- интеграция с любым ПК для планирования работ;
- использование концепции 4D;
- визуализация процесса строительства здания;

- оценки надежности строительных конструкций и безопасности на основе моделирования (рис. 7) [13].

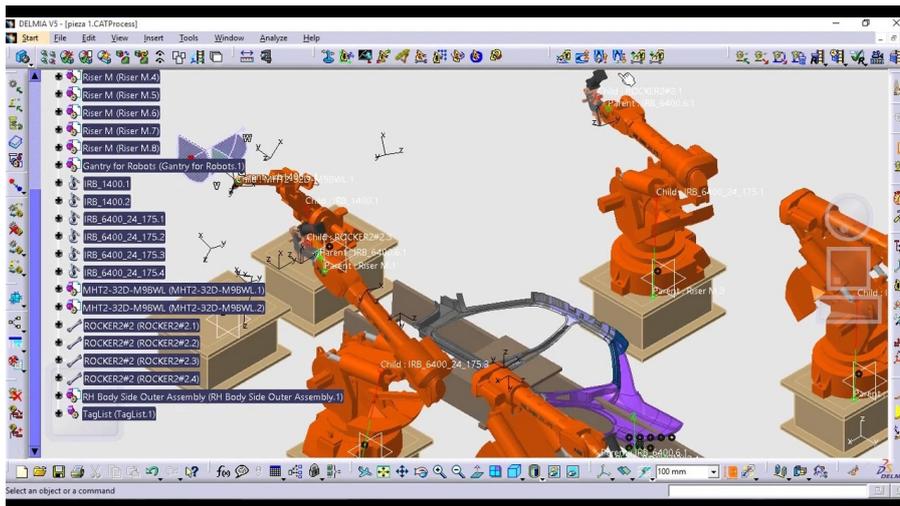


Рисунок 7 - Программное обеспечение DELMIA
DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.53.3.7>

Не все из упомянутых программных комплексов могут решать задачи планирования с высокой эффективностью по следующим причинам:

- календарный график может содержать огромный список работ, что ведет к сложному и трудоемкому процессу его проверки, выявлению ошибок;
- сложность анализа календарного графика без визуального представления строительных процессов;
- согласование календарных графиков затрачивает ресурсы строительных компаний, включая время руководителей и специалистов [5].

В итоге, если календарное планирование не помогает достигать лучших результатов при реализации строительных проектов, оно становится бесполезным или, хуже того, начинает мешать [14].

Synchro 4D, DELMIA, NavisworksManage – современные программные комплексы, применяемые по всему миру и относящимся к технологии ТИМ [10], [14], [16], [19].

В таблице №1 рассмотрена интеграция вышеперечисленных программных комплексов с другими системами управления строительством и информация о последних версиях ПО.

Таблица 1 - Интеграция программного обеспечения РКП с другими системами управления строительством.

DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.53.3.8>

№п/п	Наименование программного обеспечения с информацией о последних версиях ПО	Интеграция с другими системами управления строительством
1	<p>Microsoft Project – программа управления проектами, разработанная корпорацией Microsoft.</p> <p>В последней версии Microsoft Project 2024 – появилась возможность работы с облачными сервисами и интеграция с продуктами Microsoft, такими как SharePoint и OneDrive, появилась расширенная возможность для совместной работы с возможность комментировать задачи, поддержка новых языков.</p>	<p>1. «Управление проектами» — приложение для планирования доходов и расходов по проектам и учета времени работы сотрудников над задачами.</p> <p>2. SpiderProject — это программное обеспечение для управления проектами, разработанное компанией Spider Project Team.</p> <p>3. Primavera P6 Professional — это инструмент планирования проектов Primavera на базе Windows.</p> <p>Synchro 4D — это цифровая технология, которая задаёт развитие строительства от традиционного 2D-планирования к эффективному 4D-визуальному</p>

		планированию и виртуальному проекту производства работ.
2	Primavera P6 Professional — это инструмент планирования проектов Primavera на базе Windows.	Microsoft Project – программа управления проектами, разработанная корпорацией Microsoft.
3	SpiderProject — это программное обеспечение для управления проектами, разработанное компанией Spider Project Team. В последней версии PrimaveraP6 Professional 2024 – появилась возможность экспорта файлов в формате .ZIP, появилась возможность публикации выполненных проектов и присваивание порядка выбранных операции, то есть при выборе нескольких операций рядом с каждой операции отображается порядковый номер.	1. Microsoft Project – программа управления проектами, разработанная корпорацией Microsoft. PrimaveraP6 Professional— это инструмент планирования проектов Primavera на базе Windows.
4	OpenPlan — это система календарного планирования и контроля, предназначенная для управления реализацией проектов и программ. В версии 2024-го года появились следующие возможности: - расширение возможностей системного анализа; - повышение производительности системы; - изменение интерфейса с целью удобства для пользователей; - модификация функций расчет стоимостей и анализа по освоенному объему для получения более подробных отчетов.	1. Synchro 4D — это цифровая технология, которая задаёт развитие строительства от традиционного 2D-планирования к эффективному 4D-визуальному планированию и виртуальному проекту производства работ.
5	Synchro 4D — это цифровая технология, которая задаёт развитие строительства от традиционного 2D-планирования к эффективному 4D-визуальному планированию и виртуальному проекту производства работ. В версии 2024 года появились следующие изменения: - поддержка файлов размером более 1ГБ в облачных 4D проектах; - оптимизация производительности во время синхронизации Synchro 4D и iModel (iModel – это облачная платформа разработчиков Synchro 4D, представленная в декабре 2017 года);	1. Allplan – это система автоматизированного проектирования, созданная компанией Nemetschek Allplan Systems GmbH. 2. Graphisoft ArchiCAD – это программный пакет для архитекторов, основанный на технологии информационного моделирования. 3. Autodesk Revit – программный комплекс для автоматизированного проектирования, который реализует принцип информационного моделирования зданий (ТИМ). 4. NanoCAD – базовая система автоматизированного проектирования (САПР) под

	- обновление плагинов для Revit и Navisworks.	Windows. 5. Renga – это российская ТИМ-система для совместного архитектурно-строительного проектирования, разработки несущих конструкций, внутренних инженерных сетей и технологической части зданий и сооружений. 6. Model Studio CS – это программный комплекс для создания проектных поверхностей, размещения зданий и объектов благоустройства на плане и подготовки проектной и рабочей документации для промышленного и гражданского строительства. 7. Autodesk Navisworks Manage — это программное обеспечение для расчётов, моделирования и координации проектных данных. 8. Microsoft Project – программа управления проектами, разработанная корпорацией Microsoft. OpenPlan — это система календарного планирования и контроля, предназначенная для управления реализацией проектов и программ.
6	Autodesk Navisworks Manage — это программное обеспечение для расчётов, моделирования и координации проектных данных. В версии 2024 года появились следующие изменения: - использование Navisworks совместно с модулем ACC (Autodesk Construction Cloud), для автоматического обнаружения коллизий и их отображения на вкладке «Проблемы»; - улучшена связь между Navisworks и проектами в области гражданского строительства.	1. Autodesk Revit – программный комплекс для автоматизированного проектирования, который реализует принцип информационного моделирования зданий (ТИМ). Autodesk AutoCAD – 2D и 3D мерная система автоматизированного проектирования и черчения.
7	DELMIA — это интерактивное производственное приложение, которое позволяет моделировать цифровую среду, идентичную реальному производству. В 2024 году обновлений не наблюдалось.	1. CATIA – система автоматизированного проектирования (САПР) французской фирмы Dassault Systemes.

Основные результаты

Анализ программных комплексов для оптимизации ресурсно-календарного планирования показал, что большинство современных ПК используют метод планирования проектов, который подразумевает графическое

изображение задач и очередность их выполнения. Это позволяет рассчитать сроки выполнения работ и определить количество ресурсов, требуемых для реализации строительных проектов. Кроме того, можно выявить критические пути проекта.

Доступные программные обеспечения делятся на два вида:

- 1) ПО для планирования без визуализации;
- 2) ПО для планирования с наличием визуализации.

Установлено, что наличие визуализации повышает качество анализа оптимизированного ресурсно-календарного планирования и позволяет найти компромисс между сроками, стоимостью и качеством строительства.

Заключение

Анализ наиболее популярных информационных систем управления проектами, в том числе для оптимизации ресурсно-календарного планирования, показал, что на данный момент не существует универсального ПО для организации проектного управления и планирования. Это объясняется разнообразием подходов к планированию и контролю реализации проектов, отсутствием единства проектного управления в пределах одной информационной системы и недостаточным уровнем стандартизации и формализации технологий и регламентной базы.

Среди всех рассмотренных ПК для управления проектами, выделяется два типа программных комплексов: ПК со встроенным визуализатором планируемого объекта строительства и ПК, предназначенные для планирования объектов строительства не имеющих внутренних инструментов для создания визуализации.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Кремлева Э.Ш., Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ, Казань, Российская Федерация
DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.53.3.9>

Conflict of Interest

None declared.

Review

Kremleva E.S., Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russian Federation
DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.53.3.9>

Список литературы / References

1. Chelyshkov P. Development the concept of using XMLschemas and requirements for them for the transfer and storage of information, documents and materials included in the information model of capital construction objects / P. Chelyshkov, S. Volkov, D. Zueva. — Chelyabinsk: E3S Web of Conferences. — 2021. — № 258. — P. 09042. — DOI: 10.1051/e3sconf/202125809042.
2. Борисоглебская Л.Н. Проектное управление инструмент повышения эффективности инновационной деятельности предприятий / Л.Н. Борисоглебская // Вестник ЛГУ им. А.С. Пушкина. — 2011. — № 2.
3. Кирман С.Н. Пакетный инструментарий проектного управления / С.Н. Кирман // Вестник Института экономики, управления и права Российского государственного гуманитарного университета. — 2021. — № 2. — DOI: 10.28995/2782-2222-2021-2-82-90.
4. Козлов П.О. Цифровые двойники в строительстве на фоне развития технологий BIM / П.О. Козлов, Е.С. Рогачев, И.Л. Шипелев // Материалы 61-й студенческой научно-технической конференции инженерно-строительного института ТОГУ. — Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет, 2021.
5. Пименов С.И. Анализ современных программных комплексов для виртуального строительства (4D-моделирования) / С.И. Пименов // Воронежский государственный технический университет. — 2022. — № 3. — DOI: 10.36622/VSTU.2022.67.3.009.
6. Информационные системы и их виды. — 2024. — URL: https://studbooks.net/2176036/informatika/informatsionnye_sistemy_i_ih_vidy (дата обращения: 28.07.2024)
7. Primavera — программное обеспечение для управления проектами. — 2024. — URL: <http://kpgs.ru/primavera-programmnoe-obespechenie-dlya-upravleniya-proektami> (дата обращения: 28.07.2024)
8. Система управления проектами Spider Project. — 2024. — URL: <https://spider-project.ru/> (дата обращения: 28.07.2024)
9. Open Plan и другие: семейство программных пакетов Welcom для управления проектами. — 2024. — URL: <https://www.osp.ru/cio/2001/10/171919> (дата обращения: 28.07.2024)
10. Храпкин П.Л. Методичка по Synchro PRO/Bentley / П.Л. Храпкин. — 2019. — URL: https://www.nipinfor.ru/files/metodichka_po_synchro_pro_200819.pdf (дата обращения: 28.07.2024)
11. Synchro 4D. — 2024. — URL: <https://1-bim.ru/sinchro-4d/> (дата обращения: 28.07.2024)
12. Координация всех элементов проекта Autodesk Navisworks. — 2010. — URL: https://www.nipinfor.ru/files/autodesk_navisworks_overview_brochure_a4_ru.pdf (дата обращения: 28.07.2024)
13. Безопасное, надежное и экологичное строительство. — 2024. — URL: <https://www.3ds.com/ru/products/delmia/architecture-engineering-construction> (дата обращения: 28.07.2024)
14. Бовтеев С.В. Применение 4D-моделирования в целях повышения эффективности календарного планирования строительства / С.В. Бовтеев. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2020.
15. Перминов Н.А.. Особенности и опыт применения технологий цифрового моделирования при реконструкции длительно эксплуатируемых объектов городской инженерной инфраструктуры / Н.А. Перминов, Т.А. Ткачук, Г.Н.

Шевченко. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2021.

16. Оценка применения BIM-технологий в строительстве. — 2016. — URL: <https://prombim.csd.ru/upload/iblock/d07/Отчет%20об%20оценке%20применения%20BIM-технологий%20в%20строительстве.pdf> (дата обращения: 28.07.2024)

17. Руководство пользователя к пакету программного обеспечения Bexel. — 2024. — URL: https://bexelmanager.com/wp-content/uploads/BEXEL_Manager-User_Manual-RUS.pdf (дата обращения: 28.07.2024)

18. Afshan A.S. 4D and 5D Project Management Planning And Scheduling By Bim Application Of Parco Station / A.S. Afshan, A. Afshan. — Kuantan Pahang: Universiti Malaysia Pahang, 2022.

19. Umar U.A. BIM application in AEC industry: impact on integrated project delivery / U.A. Umar, N. Shafiq, A. Malakahmad [et al.] // Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology. — 2015. — № 10. — DOI: 10.19026/rjaset.10.2462.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Chelyshkov P. Development the concept of using XMLschemas and requirements for them for the transfer and storage of information, documents and materials included in the information model of capital construction objects / P. Chelyshkov, S. Volkov, D. Zueva. — Chelyabinsk: E3S Web of Conferences. — 2021. — № 258. — P. 09042. — DOI: 10.1051/e3sconf/202125809042.

2. Borisoglebskaja L.N. Proektnoe upravlenie instrument povyshenija effektivnosti innovatsionnoj dejatel'nosti predpriyatij [Project management is a tool for improving the efficiency of innovative activities of enterprises] / L.N. Borisoglebskaja // Vestnik LGU im. A.S. Pushkina [Bulletin of LSU named after A.S. Pushkin]. — 2011. — № 2. [in Russian]

3. Kirman S.N. Paketnyj instrumentarij proektnogo upravlenija [Project management software] / S.N. Kirman // Vestnik Instituta jekonomiki, upravlenija i prava Rossijskogo gosudarstvennogo gumanitarnogo universiteta [Management and Law of the Russian State University for the Humanities]. — 2021. — № 2. — DOI: 10.28995/2782-2222-2021-2-82-90. [in Russian]

4. Kozlov P.O. Tsifrovye dvojniki v stroitel'stve na fone razvitiya tehnologij BIM [Digital twins in construction against the background of the development of BIM technologies] / P.O. Kozlov, E.S. Rogachev, I.L. Shipelev // Materialy 61-j studencheskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii inzhenerno-stroitel'nogo instituta TOGU [Materials of the 61st Student Scientific and Technical Conference of the TSU Institute of Civil Engineering]. — Habarovsk: Pacific State University, 2021. [in Russian]

5. Pimenov S.I. Analiz sovremennyh programmnyh kompleksov dlja virtual'nogo stroitel'stva (4D-modelirovanija) [Analysis of modern software systems for virtual construction (4D modeling)] / S.I. Pimenov // Voronezhskij gosudarstvennyj tehnikeskij universitet [Voronezh State Technical University]. — 2022. — № 3. — DOI: 10.36622/VSTU.2022.67.3.009. [in Russian]

6. Informatsionnye sistemy i ih vidy [Information systems and their types]. — 2024. — URL: https://studbooks.net/2176036/informatika/informatsionnye_sistemy_i_ih_vidy (accessed: 28.07.2024) [in Russian]

7. Primavera — programmnoe obespechenie dlja upravlenija proektami [Primavera — Project management software]. — 2024 — URL: <http://kpgs.ru/primavera-programmnoe-obespechenie-dlya-upravleniya-proektami> (accessed: 28.07.2024) [in Russian]

8. Sistema upravlenija proektami Spider Project [Spider Project Project Management System]. — 2024. — URL: <https://spider-project.ru/> (accessed: 28.07.2024) [in Russian]

9. Open Plan i drugie: semejstvo programmnyh paketov Welcom dlja upravlenija proektami [Open Plan and others: the family of Welcome software packages for project management]. — 2024. — URL: <https://www.osp.ru/cio/2001/10/171919> (accessed: 28.07.2024) [in Russian]

10. Hrapkin P.L. Metodichka po Synchro PRO/Bentley [Synchro Training Manual PRO/Bentley] / P.L. Hrapkin. — 2019. — URL: https://www.nipinfor.ru/files/metodichka_po_synchro_pro_200819.pdf (accessed: 28.07.2024) [in Russian]

11. Synchro 4D. — 2024. — URL: <https://1-bim.ru/synchro-4d/> (accessed: 28.07.2024) [in Russian]

12. Koordinatsija vseh elementov proekta Autodesk Navisworks [Coordination of all elements of the Autodesk Navisworks project]. — 2010. — URL: https://www.nipinfor.ru/files/autodesk_navisworks_overview_brochure_a4_ru.pdf (accessed: 28.07.2024) [in Russian]

13. Bezopasnoe, nadezhnoe i ekologichnoe stroitel'stvo [Safe, reliable and environmentally friendly construction]. — 2024. — URL: <https://www.3ds.com/ru/products/delmia/architecture-engineering-construction> (accessed: 28.07.2024) [in Russian]

14. Bovteev S.V. Primenenie 4D-modelirovanija v tseljah povyshenija effektivnosti kalendarnogo planirovanija stroitel'stva [Application of 4D modeling in order to improve the efficiency of construction scheduling] / S.V. Bovteev. — Saint-Petersburg: St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, 2020. [in Russian]

15. Perminov N.A. Osobennosti i opyt primeneniya tehnologij cifrovogo modelirovanija pri rekonstrukcii dlitel'no jekspluatiruemyh ob'ektov gorodskoj inzhenernoj infrastruktury [Features And Experience Of Technology Digital Modeling In Reconstruction Long Maintained Of Municipal Engineering Infrastructure] / N.A. Perminov, T.A. Tkachuk, G.N. Shevchenko. — Yekaterinburg: Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, 2021. [in Russian]

16. Otsenka primeneniya BIM-tehnologij v stroitel'stve [Assessment of the use of BIM technologies in construction]. — 2016. — URL: <https://prombim.csd.ru/upload/iblock/d07/Отчет%20об%20оценке%20применения%20BIM-технологий%20в%20строительстве.pdf> (accessed: 28.07.2024) [in Russian]

17. Rukovodstvo pol'zovatelja k paketu programmnoho obespechenija Bexel [User's Guide to the Excel Software Package]. — 2024. — URL: https://bexelmanager.com/wp-content/uploads/BEXEL_Manager-User_Manual-RUS.pdf (accessed: 28.07.2024) [in Russian]

18. Afshan A.S. 4D and 5D Project Management Planning And Scheduling By Bim Application Of Parco Station / A.S. Afshan, A. Afshan. — Kuantan Pahang: Universiti Malaysia Pahang, 2022.
19. Umar U.A. BIM application in AEC industry: impact on integrated project delivery / U.A. Umar, N. Shafiq, A. Malakahmad [et al.] // Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology. — 2015. — № 10. — DOI: 10.19026/rjaset.10.2462.