

Бессарабов Аркадий Маркович¹,
заместитель директора по науке,
д-р техн. наук, профессор;
Гришаева Доминика Андреевна²,
научный сотрудник;
Трохин Василий Евгеньевич³,
директор, канд. хим. наук

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА МАЛОТОННАЖНОЙ ХИМИИ

^{1, 2, 3} Россия, Москва, АО Научный центр «Малотоннажная химия»;
¹ bessarabov@nc-mtc.ru, ² dicramble@yandex.ru, ³ trokhin@nc-mtc.ru

Аннотация. В рамках инновационного развития научно-промышленного комплекса малотоннажной химии проведены работы по созданию цифровых двойников ведущего предприятия малотоннажной химии АО «ЭКОС-1» и одного из ведущих отраслевых институтов малотоннажной химии - АО Научный центр «Малотоннажная химия». На первом этапе разработки с помощью системы компьютерной поддержки Autodesk Revit создана 3D-модель складского хозяйства АО «ЭКОС-1», включающая новое множество 3D-моделей специализированного оборудования (стеллажи, коробки, паллеты, погрузчики). При создании цифрового двойника Научного центра с помощью системы Blender разработана 3D-модель аналитической лаборатории хроматографического анализа, включающая проектную 3D-модель и базы данных по элементам модели. К элементам относятся аналитические приборы и вспомогательное оборудование.

Ключевые слова: цифровой двойник, 3D-модель, малотоннажная химия, научно-промышленный комплекс, аналитическая лаборатория, складское хозяйство.

Arkady M. Bessarabov¹,
Deputy Director for Science, Doctor of Technical Sciences, Professor;
Dominika A. Grishaeva²,
Research Associate;
Vasiliy E. Trokhin³,
Director, Candidate of Chemical Sciences

DEVELOPMENT OF A DIGITAL TWIN OF SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL COMPLEX OF FINE CHEMISTRY

^{1, 2, 3} R&D Centre “Fine Chemicals”, Moscow, Russia;
¹ bessarabov@nc-mtc.ru, ² dicramble@yandex.ru, ³ trokhin@nc-mtc.ru

Abstract. As part of the innovative development of the scientific and industrial complex of low-tonnage chemistry, work was carried out to create digital counterparts of the leading enterprise of low-tonnage chemistry JSC “EKOS-1”, and one of the leading

industry institutes of low-tonnage chemistry — R&D Centre “Fine Chemicals”. At the first stage of development, with the help of the Autodesk Revit computer support system, a 3D model of the warehouse facilities of EKOS-1 JSC was created, including a new set of 3D models of specialized equipment (racks, boxes, pallets, loaders). When creating a digital twin of the Scientific Center using the Blender system, a 3D model of the analytical laboratory for chromatographic analysis was developed, including a 3D design model and databases on model elements. The elements include analytical instruments and auxiliary equipment.

Keywords: digital twin, 3D model, fine chemicals, scientific and industrial complex, analytical laboratory, warehouse.

Введение

В условиях развития пятого и формирования основ шестого технологического уклада химическая отрасль является одной из приоритетных в управлении инновационными процессами [1]. Малотоннажная химия является одним из важнейших направлений в структуре химической промышленности [2].

Одним из перспективных направлений обеспечения экономики продукцией малотоннажной химии является более тесное объединение науки и производства. Рассматривается совместная работа промышленного предприятия АО «ЭКОС-1» и созданного на его основе АО Научный центр «Малотоннажная химия». Получившийся научно-производственный кластер (НПК) является лидером российского рынка химических реактивов и особо чистых веществ [3].

Одним из путей инновационного развития и модернизации является создание цифрового двойника (Digital Twin) НПК малотоннажной химии. Цифровые двойники — это инновационные технологии, способные произвести революцию в работе НПК. Они представляют собой виртуальные копии физических объектов, процессов или систем, которые создаются с помощью компьютерного моделирования, симуляции и методов анализа данных [4].

1. Разработка цифрового двойника предприятия АО «ЭКОС-1»

Одним из основных российских производителей материалов реактивной квалификации и особой чистоты является промышленное предприятие АО «ЭКОС-1». За 34 года работы завода создана развитая производственная инфраструктура и система логистики. «Экос-1» поставляет продукцию по всей России и на экспорт. Дилерская сеть представлена в 14 городах России.



Рис. 1. Виртуальное 3D-моделирование предприятия (АО «ЭКОС-1»)

На первом этапе работа была сосредоточена на направлении «Складское хозяйство», к которому принадлежат 6 складов для сырья и готовой продукции (рис. 2).

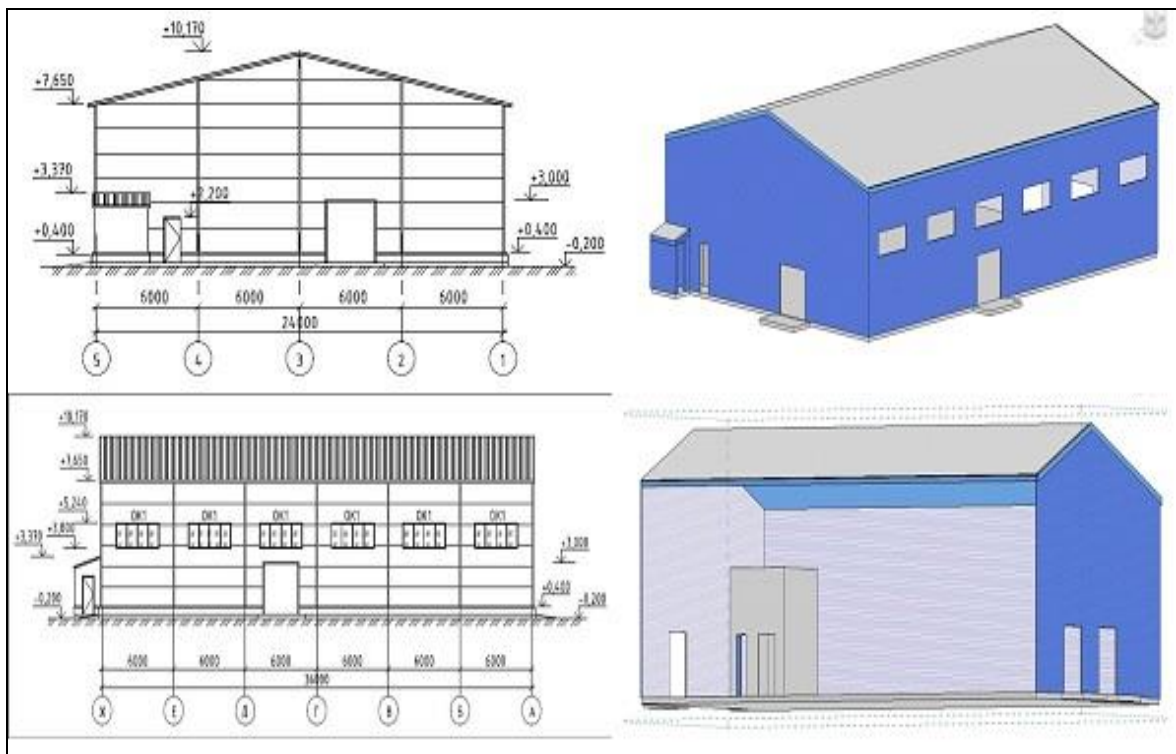


Рис. 2. Виртуальное моделирование складского хозяйства

Склад является одним из важнейших элементов логистической системы. В настоящее время ни одно предприятие не сможет полноценно работать без наличия системы управления складским хозяйством. Со-

временный склад — это сложное техническое сооружение, состоящее из многочисленных взаимосвязанных элементов. Он имеет определенную структуру и выполняет ряд функций по преобразованию материальных потоков, а также накоплению, переработке и распределению сырья и продукции между потребителями [5].

С применением программного обеспечения Autodesk Revit были построены 3D-модели складов, а также их внутренняя составляющая. Все модели максимально похожи на оригинальные объекты. 3D-модели интегрируются в среду разработки Unity 3D для создания виртуального пространства склада, его визуализации, оптимизации логистики и интерактивного взаимодействия с потребителем.

Создано новое множество 3D-моделей специализированного оборудования: стеллажи, коробки, паллеты, лампы и двери (рис. 3). Для построения экспозиции и рендерных фотографий был использован плагин Enscape. С его помощью возможно перемещение в проекте, создание фотографий с разрешением до 4К, выставление специальных настроек RTX Raytracing и Grass Rendering, создание роликов и виртуального путешествия по проекту.

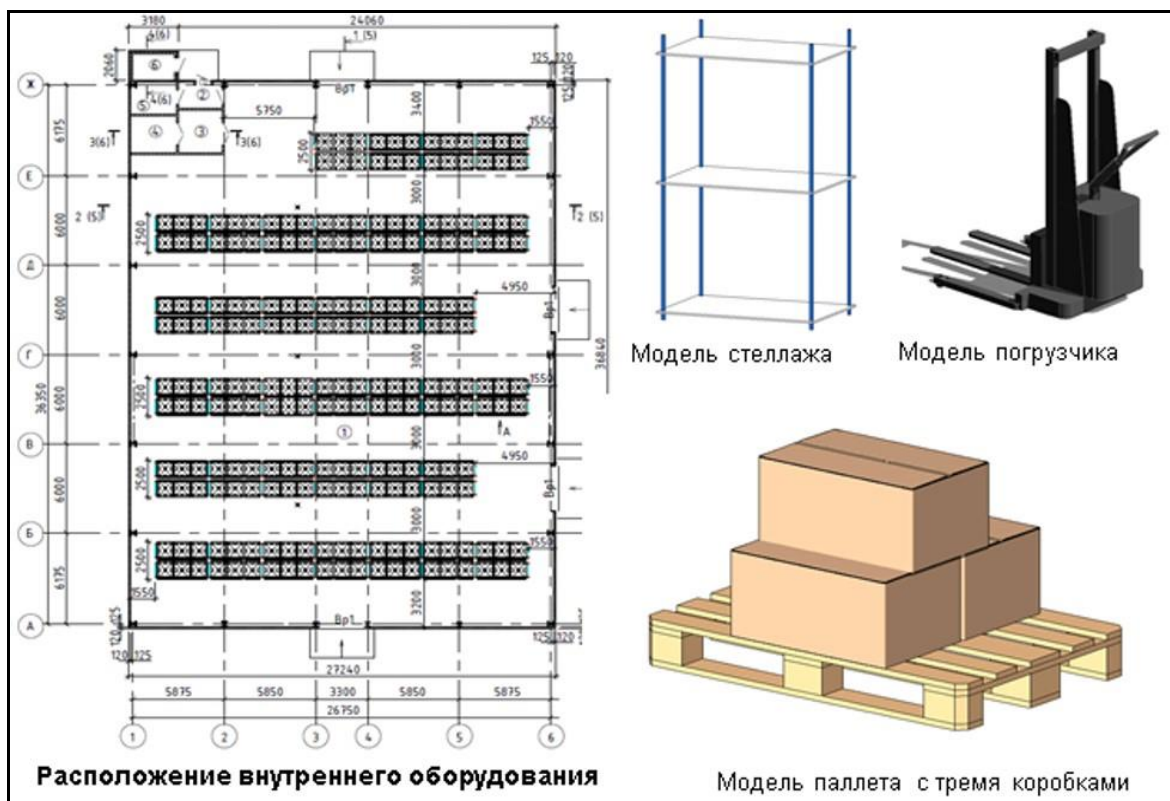


Рис. 3. 3D-модели внутреннего оборудования складов АО «ЭКОС-1»

Большое значение имеет системный подход к формированию информационной 3D-модели АО «ЭКОС-1». Разработанная 3D-модель склада используется для маркетинговых работ и позволяет эффективно продвигать, находящуюся на складе готовую продукцию. Сравнивая с предыдущей складской логистикой, можно отметить новые перспективные элементы ресурсосбережения

Виртуальная 3D-модель складского хозяйства позволяет осуществлять более быстрый поиск необходимой информации, минимизирует время складских операций и экономит трудовые ресурсы.

2. Разработка цифрового двойника НЦ «Малотоннажная химия»

Научный центр «Малотоннажная химия» специализируется на разработках полного цикла: от идеи до внедрения технологических решений на производстве. Специалисты центра занимаются научными разработками для микроэлектроники, фармацевтики, авиационно-космической отрасли и военно-промышленного комплекса. Научный центр разрабатывает инновационные материалы, создает химические композиции и технологии, контролирует качество продукции и проводит аналитические исследования. Исследовательские лаборатории оснащены современными приборами и оборудованием.

На рисунке 4 приведены фотография и 3D-модель здания, в котором находится Научный центр. На последнем 11-м этаже расположены исследовательские подразделения (2D-модель). Их расположение также отражено в 3D-модели. В графической 2D-модели этажа в формате PNG (для печати) отражена планировка — расположение комнат, окон и дверных проемов, а также лифтов. Это помогает точно визуализировать объект. Кроме чертежа введена таблица с распределением помещений (подразделений).

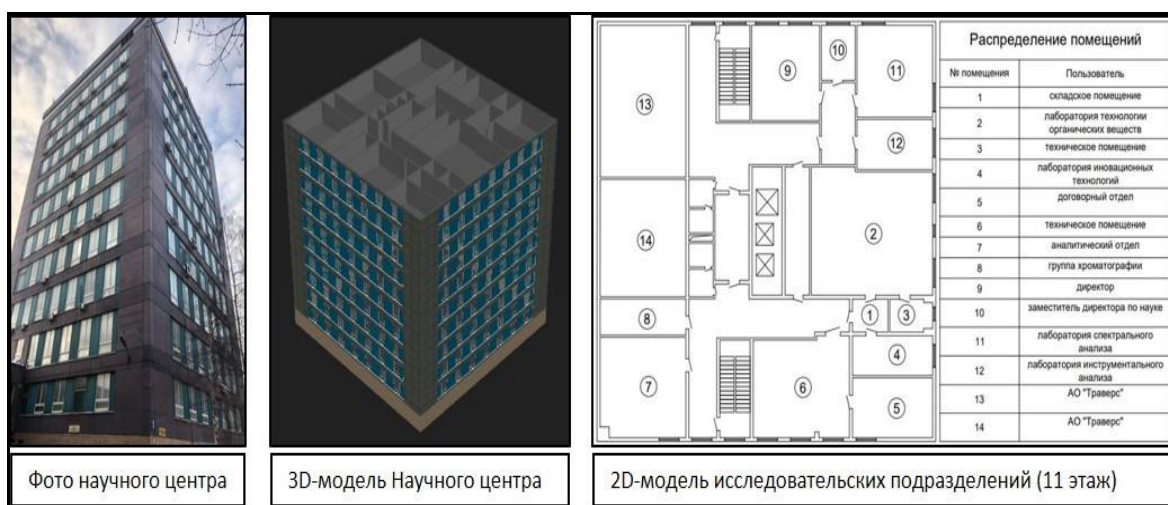


Рис. 4. Виртуальная 3D-модель Научного центра «Малотоннажная химия»

Аналитические лаборатории (химического и инструментального анализа) Научного центра «Малотоннажная химия» совместно с аналитической службой завода АО «ЭКОС-1» осуществляют разработку общих подходов к анализу реактивов и высокочистых веществ, выбор методов анализа основных групп примесей, разработку оптимальных алгоритмов анализа особо чистых продуктов, сырья для их получения и полупродуктов. В настоящее время разрабатывается информационная 3D-модель аналитической лаборатории инструментального анализа, включающая проектную 3D-модель и базы данных по элементам модели. К элементам относятся аналитические приборы и вспомогательное оборудование. На рисунке 5 приведена 3D-модель одного из помещений лаборатории инструментального анализа (группа хроматографии).

Системой компьютерной поддержки является Blender (Blender Foundation, Нидерланды). Это мощный профессиональный инструмент, для комплексного 3D моделирования, осуществления анимации сцен и рендеринга визуальных эффектов [4].

Использование данного пакета позволяет создать цифровой двойник аналитической лаборатории, который можно использовать для имитации внутренних рабочих процессов.

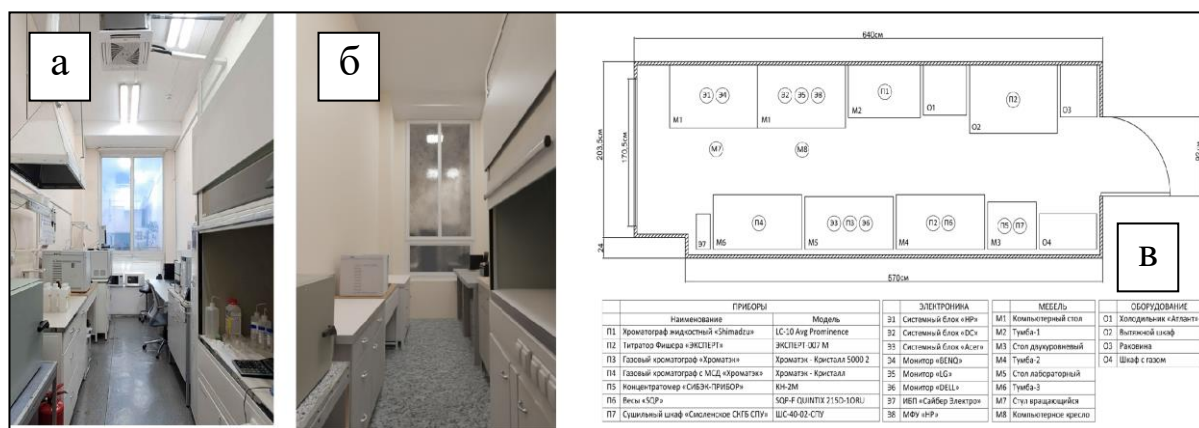


Рис. 5. Виртуальная 3D-модель группы хроматографии (а — фото лаборатории, б — 3D-модель лаборатории, в — 2D план лаборатории)

Заключение

Проведены работы по созданию цифровых двойников ведущего предприятия малотоннажной химии АО «ЭКОС-1» и, созданной на его основе, научной организации — АО Научный центр «Малотоннажная химия». С помощью системы компьютерной поддержки Autodesk Revit создана 3D-модель складского хозяйства АО «ЭКОС-1», включающая новое множество 3D-моделей специализированного оборудования. На базе системы Blender разработана 3D-модель аналитической лаборатории Научного центра, включающая проектную 3D-модель и базы данных по элементам модели.

Список литературы

1. Шинкевич А.И., Кудрявцева С.С. Химическое предприятие как объект управления в модели открытых инноваций // Химическая промышленность сегодня. – 2015. – № 7. – С. 5–11.
2. Клевцов А.А., Трохин В.Е., Бессарабов А.М., Стоянов О.В. Разработка стратегии координирующего органа для эффективного управления производством продукции малотоннажной химии в РФ // Вестник технологического университета. – 2019. – Т. 22. – № 11. – С. 141–145.
3. Бессарабов А.М., Трохин В.Е., Черных Е.Е., Степанова Т.И. Управление информационными ресурсами научно-промышленного комплекса малотоннажной химии // Математические методы в технике и технологиях. – 2021. – № 9. – С. 61–64.
4. Сухомлинов А.И. Интеграция цифровых двойников в промышленные предприятия // Информационные системы и технологии. – 2021. – № 6 (128). – С. 56–64.
5. Bessarabov A., Trokhin V., Mindlin G., Vasilenko V. Virtual model of the production of chemical reagents and highly pure substances // Chemical Engineering Transactions. – 2022. – Vol. 94. – Pp. 529–534.