

Возможность импортозамещения программного обеспечения в области 3D моделирования

Р.М. Гунькова¹, М.А. Серова¹, А.Е. Никишин¹

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», Минина, 24, Нижний Новгород, 603024, Россия

Аннотация

Статья посвящена актуальной проблеме импортозамещения лицензионного программного обеспечения в области 3D моделирования, в частности – создания дизайнов интерьера. Особенностью данной предметной области является необходимость воссоздания фотореалистичного изображения. В данный момент основную нишу на российском рынке занимают именно зарубежные компании, в то время как продукты от российских разработчиков мало распространены или сильно уступают по своему функционалу иностранным разработкам. В данной статье были подробно рассмотрены основные программные продукты на рынке, выявлены их особенности и недостатки, возможности и стоимость покупки лицензии для различных категорий пользователей, а также приведены примеры моделей, построенных в этих программах. Было проведено сравнение отечественных программных продуктов по возможности создания собственных 3d-моделей, командной работы, импорта и экспорта моделей, возможности рендеринга, а также сравнение стоимости лицензий для образовательных учреждений. Результаты сравнения показали, что импортозамещение в сфере 3D-моделирования возможно благодаря полнофункциональным программам КОМПАС-3D и NanoCAD, однако, в области дизайна интерьера и полигонального моделирования на данный момент существует недостаток сильных российских разработок в данной отрасли.

Ключевые слова

3D-моделирование, импортозамещение, дизайн интерьеров, программное обеспечение.

Possibility of Import Substitution of Software in the Field of 3D Modeling

R.M. Gunkova¹, M.A. Serova¹, A.E. Nikishin¹

¹ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Nizhny Novgorod State Technical University. R.E. Alekseev, Minina, 24, Nizhny Novgorod, 603024, Russia

Abstract

The article is devoted to the actual problem of import substitution of licensed software in the field of 3D modeling, in particular - the design of interior. The peculiarity of this area is the need to recreate a photorealistic image. At the moment foreign companies occupy the main niche on the Russian market while the products from Russian developers are not widespread or are inferior in their functionality to foreign developments. In this article the basic software products on the market were considered in details, their features and disadvantages, opportunities and license costs for different categories of users were revealed, and the examples of models built in these programs were given. The comparison of national software products was carried out on the possibility of creating their own 3d models, teamwork, importing and exporting models, the possibility of rendering, as well as comparing the cost of licenses for educational institutions. The comparison results showed that import substitution in the field of 3D-modeling is possible due to full-featured

ГрафиКон 2022: 32-я Международная конференция по компьютерной графике и машинному зрению, 19-22 сентября 2022 г., Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина, Рязань, Россия

EMAIL: jerl.y@mail.ru (Р.М. Гунькова); kograf2020@gmail.com (М.А. Серова); nikishin96sasha@mail.ru (А.Е. Никишин)

ORCID: 0000-0002-4257-2926 (Р.М. Гунькова); 0000-0002-9612-5865 (М.А. Серова)



© 2022 Copyright for this paper by its authors.
Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

programs KOMPAS-3D and NanoCAD, however, in the field of interior design and polygonal modeling at the moment there is a lack of strong Russian developments in this industry.

Keywords

3D modeling, import substitution, interior design, software.

1. Введение

В учебном процессе для 3D-моделирования длительный успех имеет практика использования зарубежных коммерческих программных продуктов, доступных по академическим лицензиям преподавателям и студентам, например, программные комплексы от компании Autodesk [1-3]. Несмотря на богатый опыт иностранных разработчиков по русификации программных продуктов и большое количество обучающих материалов, использование зарубежных программ остается одним из негативных факторов образовательного процесса. Во-первых, закупка лицензионного оборудования влечет экономические затраты образовательных организаций. Во-вторых, большое количество разработчиков на рынке ПО влечет за собой необходимость изучения нескольких программных продуктов, сходных по своему функционалу, что неоднозначно влияет на компетенции выпускника технического вуза. Также необходимо ответить, что коммерческие пакеты являются закрытыми системами, код которых недоступен для изучения, распространения и модификации, что также негативно влияет на изучения общих универсальных принципов геометрического моделирования [4]. В связи с чем возникает актуальная проблема вопроса импортозамещения в сфере 3D-моделирования и смежной с ней областях [5].

В данной предметной области существуют и отечественные коммерческие программные разработки, готовые предложить уже привычный интерфейс пользователя, а также привычный набор программных библиотек. Но вместе с тем развиваются программные продукты с открытым исходным кодом и онлайн-сервисы, предлагающие разной степени достаточности функционал [6].

В рамках данного исследования были проанализированы семь иностранных и пять российских программ для 3D моделирования [7-8], в частности – создания дизайнов интерьера, чтобы выявить возможность импортозамещения программного обеспечения в данной области. Список проанализированных программ составляют: AutoCAD, SketchUP, Revit, 3dsMax, Sweet Home 3D, Coohom, ArchiCAD, Planoplan, КОМПАС-3D, NanoCAD, Дизайн интерьера 3D, Planner 5D.

2. Рассмотрение программ для 3D моделирования

2.1. AutoCAD

AutoCAD – это платная американская двух- и трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения, разработанная компанией Autodesk.

Программа обладает возможностями создания 2D-чертежей, 3D-моделей и вывода фотореалистичных изображений (рисунок 1).

AutoCAD ориентирована на профессиональных пользователей, в связи с чем обладает сложным интерфейсом и высокими требованиями к техническим характеристикам технического устройства.

Преимущества программы:

Взамен на высокие требования, AutoCAD предоставляет пользователю: широкий функционал и гибкость пользовательского интерфейса, автоматическое формирование документации, возможность командной работы над проектом и возможность визуализации объектов планирования.

На рисунке 1 представлен пример визуализации 3D модели в AutoCAD.

Недостатки программы.

1. Ограниченный список форматов, разрешенных для открытия (dwg, dwt, dws, dxf).
2. Отсутствие истории построения.

3. Отсутствие трехмерной параметризации.

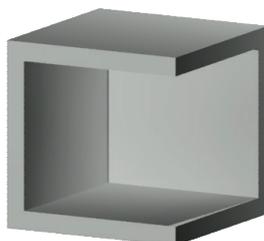


Рисунок 1 – Пример визуализации 3D модели в AutoCAD

Стоимость лицензии:

AutoCAD является платной программой, ее стоимость – 1865\$/год (на момент написания статьи).

Также можно оформить лицензию для учебных заведений, ее стоимость обговаривается непосредственно с Autodesk. Лицензия для студентов бесплатная.

2.2. SketchUp

SketchUp – это платная американская программа для 3D-дизайна и архитектурного проектирования от компании Google.

SketchUp обладает возможностями создавать 3D-модели и выводить их фотореалистичное изображение. Несмотря на отсутствие возможности создавать чертежи, можно установить дополнительное ПО от компании Google – LayOut. Эта программа создана для совместной работы со SketchUp, чтобы расширить функционал.

Преимущества программы:

Несмотря на то, что SketchUp ориентирован на профессиональных пользователей, программа не очень требовательная к техническим характеристикам компьютера и у нее достаточно удобный и понятный настраиваемый интерфейс, в котором легко освоиться даже новичку. Помимо этого, SketchUp предоставляет: возможность полигонального моделирования, возможность указать удобные вам единицы измерения перед началом работы, что позволяет создавать как маленькие, так и крупные объекты; объемную библиотеку готовых моделей; большое количество платных и бесплатных плагинов для облегчения работы.

Недостатки программы/

1. Отсутствие поддержки 32-bit систем.
2. Частые конфликты версий.
3. Плохое качество встроенного рендера (рисунок 2).
4. Малая библиотека материалов.

Что касается последних двух пунктов, они исправляются надстройкой платного плагина VRay, который улучшает качество рендера и предоставляет доступ к богатой библиотеке материалов (рисунок 3).

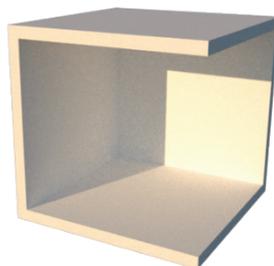


Рисунок 2 – Пример рендера с VRay

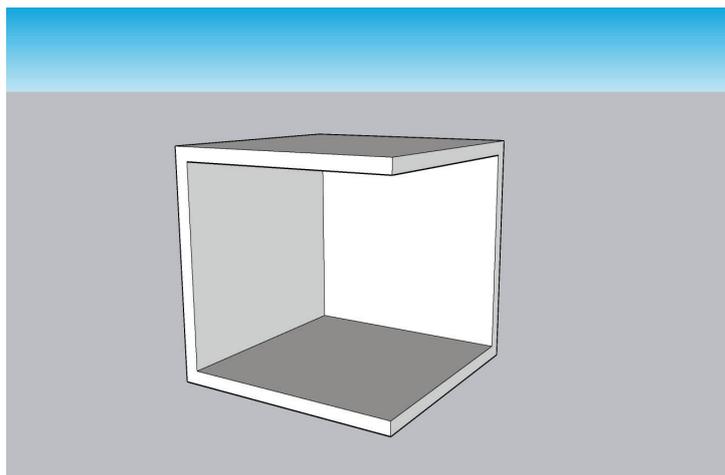


Рисунок 3 – Пример рендера без VRay

Стоимость лицензии:

SketchUp является платной программой. Ее стоимость – \$299/год или \$699/год, в зависимости от вида лицензии (на момент написания статьи).

Стоимость для студентов и преподавателей – \$55/год, для образовательных учреждений на 500+ мест – \$20.000/год.

2.3. Revit

Revit – это платный американский программный комплекс для автоматизированного проектирования, реализующий принцип информационного моделирования зданий от компании Autodesk.

Он предоставляет возможности трехмерного моделирования элементов здания и плоского черчения элементов оформления, создания пользовательских объектов, организации совместной работы над проектом, начиная от концепции и заканчивая выпуском рабочих чертежей и спецификаций.

Программа ориентирована на профессиональных пользователей, в связи с чем обладает сложным интерфейсом и высокими требованиями к техническим характеристикам технического устройства.

Преимущества программы:

Revit может порадовать пользователя: связью 2D и 3D видов как друг с другом, так и с рабочей документацией; большой базой готовых объектов; автоматическим расчетом простых конструкций; возможностью полигонального моделирования.

Недостатки программы:

1. Поддерживает только Windows
2. Для полноценной работы потребуются создать и настроить под свои задачи ряд семейств
3. Высокие требования к техническим характеристикам компьютера

Стоимость лицензии:

Revit является платной программой, ее стоимость \$2,675/год (на момент написания статьи).

Также можно оформить лицензию для учебных заведений, ее стоимость обговаривается непосредственно с Autodesk. Лицензия для студентов бесплатная.

2.4. 3dsMax

3dsMax — это платное профессиональное программное обеспечение для 3D-моделирования, анимации и визуализации от компании Autodesk.

Преимущества программы:

3dsMax предоставляет пользователю: возможность моделирования 3D-объектов; доступ к библиотеке готовых моделей; большое количество платных и бесплатных плагинов для

расширения возможностей; возможность управлять частицами для создания более реалистичных рендеров и анимации.

Помимо этого, программа располагает обширными средствами для создания разнообразных по форме и сложности трёхмерных компьютерных моделей (рисунок 4), реальных или фантастических объектов окружающего мира, с использованием разнообразных техник и механизмов, включающих следующие:

1. Полигональное моделирование;
2. Так называемый «Box modeling»;
3. Моделирование на основе поверхностей Безье — подходит для моделирования тел вращения;
4. Моделирование с использованием примитивов и модификаторов;

Недостатки программы:

Основной минус программы – ее сложность. Для комфортной работы пользователь должен обладать опытом и знаниями в области 3д-моделирования. Помимо этого, для комфортной работы у пользователя должны быть хорошие технические характеристики компьютера.

Стоимость лицензии:

3dsMax – платная программа. Стоимость лицензии – \$1,785/год. Стоимость лицензии для образовательных учреждений обговаривается непосредственно с Autodesk.

Для студентов лицензия бесплатная.



Рисунок 4 – Пример рендера 3dsMax

2.5. Sweet Home 3D

Sweet Home 3D – это бесплатная и простая в освоении программа для проектирования домов, квартир и интерьера от французской компании eTeks.

Преимущества программы:

Sweet Home 3D – бесплатное, ориентированное на непрофессиональных пользователей ПО. В связи с этим, программа очень простая в использовании. Помимо этого, Sweet Home 3D предлагает пользователю библиотеку готовых 3D моделей.

Недостатки программы:

Из-за того, что эта программа бесплатная, она примитивна и обладает очень ограниченными возможностями. Так, в Sweet Home 3D нет возможности полигонального моделирования; библиотека готовых моделей крайне ограничена; фотореалистичные изображения, сделанные в данной программе достаточно плохого качества (рисунок 5).

2.6. Coohom

Coohom — это платная американская программа для создания дизайна интерьера от компании Coohom.

Программа ориентирована на непрофессиональных пользователей, в связи с чем у нее нет серьезных требований к техническим характеристикам ПК.

Преимущества программы:

Сооhom выделяется среди остальных программ современным и интуитивно понятным интерфейсом, а также рендерами хорошего качества (рисунок 6). Помимо этого, программа предоставляет: возможность создавать планировки; возможность загружать готовые модели 3dsMax и SketchUp и текстуры .jpg; доступ к библиотеке готовых моделей и текстур; большое количество функций по всем типам отделки и архитектурным элементам.

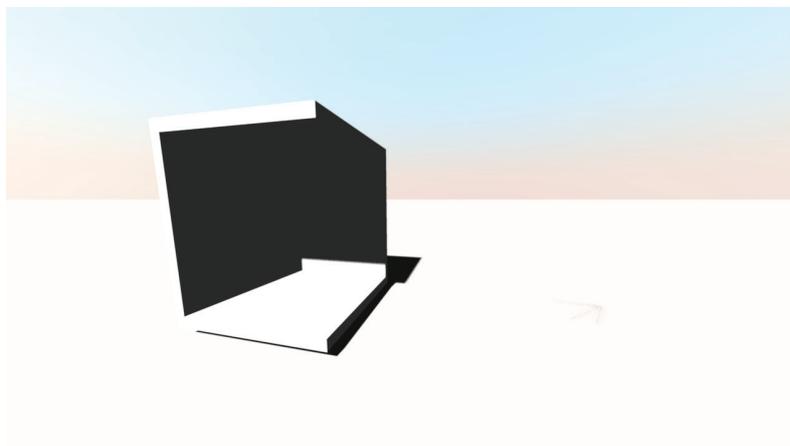


Рисунок 5 – Пример рендера Sweet Home 3D



Рисунок 6 – Пример рендера в Сооhom

Недостатки программы:

1. Отсутствие возможности создания моделей
2. Отсутствие технической документации
3. Отсутствие возможности полигонального моделирования

Стоимость лицензии:

Сооhom – платная программа, ее стоимость: \$25/месяц или \$85/месяц, разница — в количестве проектов в работе. Скидки образовательным учреждениям не предоставляются.

2.7. ArchiCAD

ArchiCAD – это американская программа, предназначенная для проектирования архитектурно-строительных конструкций и решений, а также элементов ландшафта, мебели и т.п. от компании Graphisoft.

ArchiCAD позволяет просто и быстро создать объёмную модель здания. Программа ориентирована на профессиональных архитекторов и дизайнеров.

Преимущества программы:

ArchiCAD предоставляет пользователю: взаимосвязь между всеми частями проекта; интуитивно понятный интерфейс; библиотеку GDL-объектов; хорошее качество рендера; возможность командной работы над проектом; возможность производить точные расчеты для разных видов материалов. Пример рендера представлен на рисунке 7.



Рисунок 7 – Пример рендера в ArchiCAD

Недостатки программы:

Так как ArchiCAD ориентирована на профессиональных пользователей, она достаточно требовательна к техническим характеристикам компьютера. Помимо этого, библиотека GDL-объектов достаточно маленькая, из-за чего многое приходится делать самостоятельно, а также зачастую замечаются проблемы с обновлением расширений.

Стоимость лицензии:

Программа платная, в настоящее время ее можно приобрести только на сайтах-партнерах Graphisoft, стоимость – от 160000 рублей/год.

Лицензия для студентов, преподавателей и учебных заведений предоставляется бесплатно.

2.8. Planoplan

Planoplan – платное российское ПО для дизайна интерьера, ориентированное на создание проектов с чистого листа и работы с имеющимися помещениями.

Преимущества программы:

Planoplan – не требовательная программа, что позволяет ей работать даже на среднем по мощности устройстве.

Помимо этого, программа предоставляет пользователю: библиотеку готовых 3D-объектов и текстур; возможность командной работы над проектом; высокую скорость рендера и хорошее качество получившегося изображения (рисунок 8).

Недостатки программы:

1. Возможно работать только при постоянном подключении к интернету
2. Ограничение по количеству проектов в день
3. Невозможность сохранения самого проекта
4. В сравнении с другими программами – недостаточно реалистичный рендер

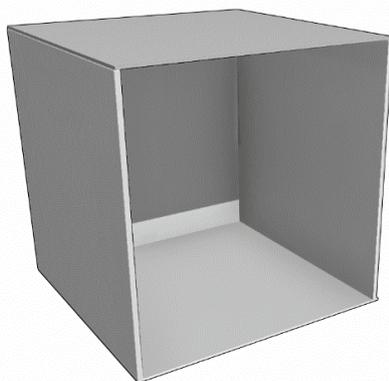


Рисунок 8 – Пример рендера в Planoplan

Стоимость лицензии:

Несмотря на то, что Planoplan – платная программа, можно пользоваться ей бесплатно, но с ограничениями.

Стоимость лицензии варьируется от 4495 до 29950 рублей в год, в зависимости от тарифа. Студенческих скидок не предусмотрено.

2.9. КОМПАС-3D

КОМПАС-3D – это российская импортнезависимая система трехмерного проектирования. Программа позволяет в оперативном режиме выпускать чертежи изделий, схемы, спецификации, таблицы, инструкции, расчётно-пояснительные записки, технические условия, текстовые и прочие документы.

Преимущества программы:

КОМПАС предоставляет пользователю: обширную встроенную библиотеку различных моделей, возможность экспорта файлов в форматах DXF, DWG, IGES, SAT, STEP и импорта в форматах STL, DXF, DWG, SAT. Помимо этого, присутствует встроенная система обучения, что позволит новым пользователям быстрее научиться работать в данной программе.

Недостатки программы:

Несмотря на легкую и удобную работу в 2D, работать с 3D объектами в КОМПАС затруднительно, особенно для новых пользователей. Также, могут возникать проблемы при импорте 3D моделей из других программ; не очень хорошая визуализация объектов; высокие требования к техническим характеристикам ПО.

Стоимость лицензии:

КОМПАС-3D – платная программа, стоимость базовой версии – 194000 рублей. Все дополнительные функции оплачиваются отдельно.

Также есть возможность скачать бесплатно учебную версию для студентов или упрощенную версию для преподавателей или учебных заведений.

Нет возможности выводить фотореалистичное изображение в базовой версии программы, так что аналогом послужил скриншот, приведенный на рисунке 9.

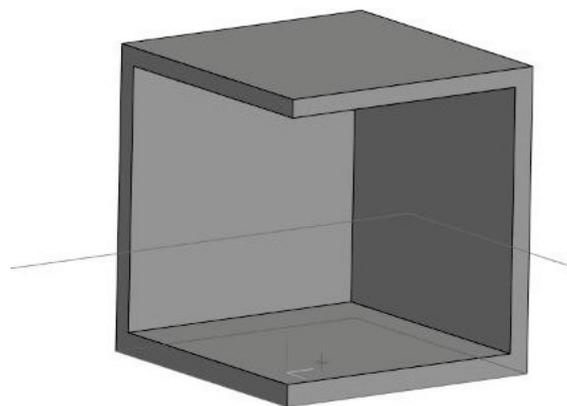


Рисунок 9 – Пример работы в КОМПАС-3D

2.10. NanoCAD

NanoCAD – это профессиональный инструмент для проектирования и моделирования объектов различной сложности от российской компании Нанософт. Используется как графическая платформа для BIM-решений.

Преимущества программы:

Интерфейс NanoCAD достаточно похож на интерфейс AutoCAD, что позволяет без особых трудностей перейти с зарубежной программы на российский аналог. Помимо этого, NanoCAD

поддерживает файлы форматов dwg, dwt, dws, dxf; предоставляет возможность полигонального моделирования; имеет открытый API, благодаря чему пользователи могут создавать собственные дополнения.

Недостатки программы:

Так как программа ориентирована на профессиональных пользователей, для комфортной работы требуются высокие технические характеристики ПО. Помимо этого, так как интерфейс программы похож на интерфейс AutoCAD, непрофессиональным пользователям потребуется время, чтобы в нем разобраться.

Помимо этого, программа не поддерживает никакие форматы, кроме вышеуказанных (dwg, dwt, dws, dxf).

Стоимость лицензии:

NanoCAD – платная программа, ее стоимость 47200 рублей/год или 78700 рублей/год, в зависимости от комплектации.

Также можно оформить лицензию для учебных заведений, ее стоимость обговаривается непосредственно с Autodesk. Пример рендера представлен на рисунке 10.

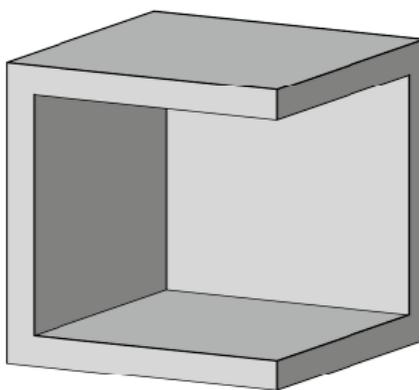


Рисунок 10 – Пример рендера в NanoCAD

2.11. Дизайн интерьера 3D

Дизайн интерьера 3D – российская программа, предназначенная для создания дизайна интерьера и ориентированная на начинающих дизайнеров.

Преимущества программы:

Программа не требует от пользователя знаний и навыков в области проектирования или графического дизайна. Интерфейс упрощен и адаптирован под начинающих специалистов.

Помимо этого, Дизайнер интерьера 3D представляет пользователю: обширную библиотеку готовых 3D-моделей и текстур; возможность просто и быстро создать готовый дизайн-проект; возможность функции «виртуального визита» и возможность создать смету по спроектированному дизайну.

Недостатки программы:

1. Отсутствие функционала по созданию собственных 3D объектов;
2. Отсутствие функции импорта и экспорта созданного дизайн-проекта;

Стоимость лицензии:

Данная программа платная, ее стоимость от 495 до 2000 рублей за каждое рабочее место. Студенческих скидок не предусмотрено, но есть возможность использовать бесплатную версию программы с ограниченными возможностями.

2.12. Planner 5D

Planner 5D – это простая платная программа от российского разработчика для создания дизайна интерьера и экстерьера.

Преимущества программы:

С помощью Planner 5D пользователь может: выводить фотореалистичные изображения хорошего качества; не требует высоких технических характеристик устройства, на которое будет установлена.

Помимо этого, программа имеет интуитивно понятный интерфейс, благодаря чему она будет комфортна для непрофессиональных пользователей.

Недостатки программы:

1. Отсутствие возможности импорта готовых и создания новых 3D-моделей
2. Отсутствие функции расчета сметы
3. Малый функционал в бесплатной версии программы

Стоимость лицензии:

Planner 5D – платная программа, ее стоимость \$60/год для личного или \$120/год для коммерческого использования.

Лицензия для учебных учреждений предоставляется бесплатно.

Нет возможности выводить фотореалистичное изображение в бесплатной версии программы, но как аналог рендера разработчик предлагает скриншоты (рисунок 11).

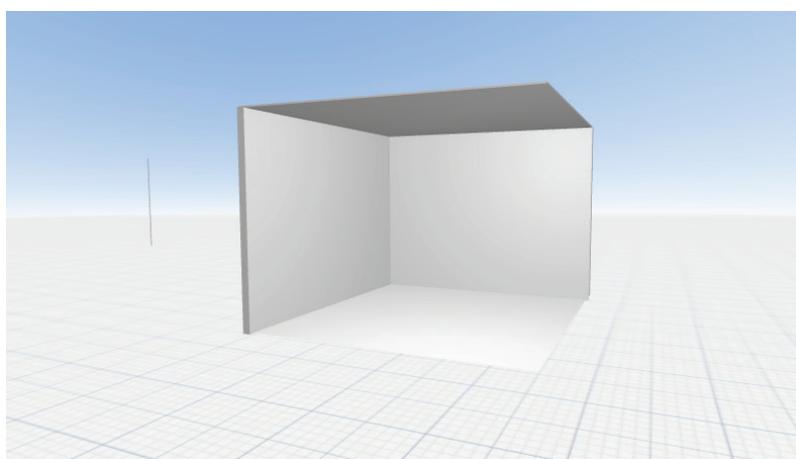


Рисунок 11 – Пример рендера в Planner 5D

3. Заключение

Всю полученную информацию мы можем объединить в таблицу 1.

Таким образом, мы можем выделить наиболее удобные программы для 3D моделирования, в частности – для дизайна интерьера на российском и зарубежном рынках.

На американско-европейском рынке таковыми являются AutoCAD и 3dsMax. Они одинаково удобны, однако 3dsMax больше подходит для работы с моделями с большим количеством полигонов.

На российском рынке программы, которая может составить конкуренцию AutoCAD – это NanoCAD и КОМПАС-3D, так как возможности программ практически идентичны. Однако, в рамках данной статьи не было выявлено программ, в которых можно было бы работать с моделями с большим количеством полигонов.

Подводя итоги, можно сказать, что из всех рассмотренных областей импортозамещение ПО возможно только в области 3D-моделирования, в связи с наличием хороших российских программ (КОМПАС-3D, NanoCAD).

Однако, в областях дизайна интерьера и полигонального моделирования на данный момент нет возможности импортозамещения программного обеспечения в связи с недостатком сильных российских разработок в данных отраслях.

Таблица 1 – Результаты исследования

Программа	Возможность создания собственной 3d-модели	Возможность командной работы	Экспорт/ импорт моделей	Возможность рендеринга	Стоимость лицензии для образовательных учреждений
AutoCAD	Да	Да	Ограниченный список	Да	Стоимость обговаривается
SketchUp	Да	Да	Да	Доп. программы	\$20.000/год за 500+ мест
Revit	Да	Да	Да	Да	Стоимость обговаривается
3dsMax	Да	Да	Да	Да	Стоимость обговаривается
Sweet Home 3D	Нет	Нет	Да	Да	Бесплатно
Coohom	Нет	Да	Да	Да	\$25/месяц или \$85/месяц
ArchiCAD	Да	Да	Да	Да	Бесплатно для университетов
Planoplan	Нет	Да	Да	Да	4495 - 29950 рублей/год
NanoCAD	Да	Нет	Ограниченный список	Нет	Стоимость обговаривается
Дизайн интерьера 3D	Нет	Нет	Нет	Да	495 - 2000 рублей/рабочее место
Planner 5D	Нет	Нет	Нет	Да	Бесплатно для университетов
КОМПАС-3D	Да	Нет	Ограниченный список	Нет	Бесплатно для университетов / 194000 рублей

4. Список источников

- [1] Соснина О. А. Сравнение способов создания низкополигональной 3D-модели / О. А. Соснина, А. Д. Филинских, А. С. Коротаяева // Информационные технологии. 2017. Т. 23. № 8. С. 564-568. EDN ZCRLLN.
- [2] Филинских А. Д. Технология 3D-моделирования в среде Autodesk для создания дизайн-проектов внутренних помещений / А. Д. Филинских // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 1. С. 43-45. EDN NYACDR.

- [3] Соснина О.А. Анализ методов создания виртуальных моделей нетривиальных форм / О.А. Соснина А.Д. Филинских, Н.А. Ложкина // Информационные технологии. 2019. Т. 25. № 11. С. 679-681. DOI 10.17587/it.25.679-681. EDN DHEKBI.
- [4] Проблемы импортозамещения САД-систем в техническом университете / Н.Г. Суркова, Г.А. Щеглов, А.Ю. Горячкина, Д.А. Дугин // XLVI Академические чтения по космонавтике : Сборник тезисов, посвященные памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых-пионеров освоения космического пространства. В 4-х томах, Москва. 25–28 января 2022 года. Том 3. Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2022. С. 341-345. EDN UREUBB.
- [5] Кирасирова А.С. Импортозамещение программного обеспечения для конструирования радиоэлектронных средств / А.С. Кирасирова, Л.И. Райкин, Е.С. Глумова // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2020. № 4(180). С. 7-14. EDN ATVTHK.
- [6] Проблемы импортозамещения САД-систем в техническом университете / Н.Г. Суркова, Г.А. Щеглов, А.Ю. Горячкина, Д.А. Дугин // XLVI Академические чтения по космонавтике : Сборник тезисов, посвященные памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых-пионеров освоения космического пространства. В 4-х томах, Москва. 25–28 января 2022 года. Том 3. Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2022. С. 341-345.
- [7] Бакач В.А. Обзор известных программ для 3D моделирования / В.А. Бакач, И.С. Федорченко // 3D технологии в решении научно-практических задач : Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции, Красноярск. 19 мая 2021 года. Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева". 2021. С. 54-55. EDN XPZEAM.
- [8] Истратова Е.Е., Черный Ю.С. Сравнительный анализ свободного программного обеспечения для 3D-моделирования // Творчество и современность. 2017. №1 (2). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-svobodnogo-programmnogo-obespecheniya-dlya-3d-modelirovaniya>. (дата обращения: 18.07.2022).