

Проектные основы использования российских САПР в процессе преподавания геометро-графических дисциплин

Ю.В. Дианова¹, С.А. Дианов²

^{1,2} ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Космопольский пр., 29, Пермь, Пермский край, 614000, РФ

Аннотация

В статье рассматриваются традиционные и современные подходы к содержанию учебной дисциплины «Инженерная геометрия и компьютерная графика». Необходимость подобных изменений продиктована повышенным спросом (включая программу развития «Передовые инженерные школы») на подготовку инженерных кадров высшей квалификации. Организация учебного процесса для преподавания дисциплин инженерно-графической подготовки требует соответствующего программного обеспечения. В современных условиях возможность использования САПР на учебных занятиях определяется условием отечественной разработки продукта. В методику преподавания предлагается ввести также прикладной компонент, основанный на технологии виртуальной реальности. Обосновывается выбор программного обеспечения – T-flex CAD совместно с T-flex VR, что позволит студенту проектировать собственные модели для последующей работы в виртуальной среде. Приводятся аргументы в пользу данного программного комплекса, основанные на перспективности и востребованности проектных решений для современного инженерного образования. Сформулирован список тем и видов занятий, которые целесообразно реализовать при освоении указанной учебной дисциплины. В качестве практического примера, описано решение задачи о построении проекций отрезка в электронном формате для демонстрации в VR-среде. Сделаны выводы о перспективности внедрения T-flex CAD и VR для обеспечения учебной дисциплины «Инженерная геометрия и компьютерная графика» для студентов аэрокосмического факультета Пермского Политеха.

Ключевые слова

Геометро-графическая подготовка, начертательная геометрия, инженерная геометрия, компьютерная графика, система автоматизированного проектирования, технологии виртуальной реальности, инженерная школа, T-flex CAD, T-flex VR.

Project Bases of the use of Russian CAD in the Process of Teaching Geometric and Graphic Disciplines

Yu.V. Dianova¹, S.A. Dianov²

^{1,2} Perm National Research Polytechnic University, Komsomolsky Ave., 29, Perm, Perm Krai, 614000, Russian Federation

Abstract

The article considers traditional and modern approaches to the content of the academic discipline "Engineering Geometry and Computer Graphics". The need for such changes is dictated by the increased demand (including the development program "Advanced Engineering Schools") for the training of highly qualified engineering personnel. The organization of educational process for teaching the disciplines of engineering-graphic training requires appropriate software. In modern conditions, the possibility of using CAD in educational classes is determined by the condition of

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: julok1@mail.ru (Ю.В. Дианова); sadianov@gmail.com (С.А. Дианова)
ORCID: 0000-0001-8798-0993 (Ю.В. Дианова); 0000-0001-6536-6853 (С.А. Дианов)



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

domestic product development. It is also proposed to introduce an applied component based on virtual reality technology into the teaching methodology. The choice of software - T-flex CAD together with T-flex VR, which will allow the student to design his or her own models for further work in the virtual environment, is substantiated. The arguments in favor of this software complex, based on the prospects and relevance of design solutions for modern engineering education, are given. A list of topics and types of classes that are appropriate to implement in the development of the mentioned discipline is formulated. As a practical example, the problem of constructing projections of a segment in electronic format for demonstration in the VR-environment is described. Conclusions are made about the prospects of implementing T-flex CAD and VR to provide the training discipline "Engineering Geometry and Computer Graphics" for students of the Aerospace Department of Perm Polytechnic University.

Keywords

Geometric and graphic training, descriptive geometry, engineering geometry, computer graphics, computer-aided design system, virtual reality technologies, engineering school, T-flex CAD, T-flex VR.

1. Введение

На сегодняшний день задача подготовки специалиста с высшим инженерным образованием объявлена приоритетной и широко обсуждается в формате государственной программы РФ «Научно-технологическое развитие Российской Федерации». «Задача серьезного повышения уровня подготовки отечественных инженерных кадров – одна из важнейших задач, которая стоит перед современными инженерно-техническими вузами» (ректор НИЯУ МИФИ, д.ф.-м.н., проф. В.И. Шевченко) [1]. Разработка и внедрение новых учебных программ «Передовых инженерных школ» позволит осуществить образовательную, научную, инновационную деятельность студентов в партнерстве с высокотехнологичными компаниями [2].

Базовой компетенцией специалиста инженерной специальности является геометро-графическая грамотность вкупе с умениями компьютерно-графического моделирования. Инженерная геометрия (графика), как учебная дисциплина в вузе, отвечает за формирование указанных умений и навыков. Достаточно дискуссионным остается вопрос о современном содержательном наполнении и прикладной направленности данного учебного курса. Советское наследие начертательной геометрии теряет свою актуальность вследствие переориентации методов и технологий производственно изготавливаемой продукции. На первый план выходят прикладные умения качественного трехмерного моделирования, нивелируя значимость сопроводительных документов. Таким образом, теоретические основы инженерно-графических дисциплин упрощаются и неизменно претерпевают сокращение в плане учебной нагрузки.

С другой стороны, «передовой» инженер в плане геометро-графической подготовки должен обладать рядом специальных компетенций, продиктованных современными требованиями развития производства. Речь идет о сложном поверхностном моделировании, визуализации и презентации изделия, его цифрового двойника, способах аддитивного производства и подготовки модели к такому производству, параметризации и программировании в 2D- и 3D-проектировании, как возможностях оптимизации процесса конструирования, о дизайне и инжиниринге. Подобные навыки в современном мире становятся универсальными и должны «прививаться» и в ходе учебных занятий. На начальных курсах обучения, а к таким относятся и инженерная геометрия, знакомство с указанными практиками необходимо включать в различные виды учебной деятельности.

2. Организация учебного процесса на основе САПР

Привлечение систем автоматизированного проектирования для освоения геометро-графических дисциплин вошло на постоянной основе в учебную деятельность. Более актуальным становится вопрос о выборе (смене) того или иного программного продукта, введении альтернативной системы проектирования. Согласимся с требованиями,

предъявляемыми к компьютерным программам, выдвинутыми специалистами Башкирского государственного аграрного университета [3]:

1. простота интерфейса;
2. удобство работы в программной среде;
3. техническая возможность и оснащенность материальной базы факультета;
4. возможность приобретения лицензии по льготному тарифу;
5. наличие русифицированной версии программы;
6. поддержка основных ГОСТ при выполнении чертежей;
7. возможность выполнять 3D-модели деталей.

Однако ряд параметров для определения современной САПР в инженерном образовании следует переопределить или дополнить, как-то:

- «Простота интерфейса и удобство работы» являются достаточно субъективными факторами, исходя из того, что современные студенты (абитуриенты) в большинстве своем имеют достаточный опыт работы в электронных средах и вполне адаптивны к новым программным продуктам;

- «Наличие русифицированной версии программы» на данный момент также не является показательным по ряду причин, среди которых отсутствие лингвистических барьеров и практические навыки работы у обучающихся в иноязычных ресурсах. Указанное требование в современных условиях целесообразно переопределить на показатель происхождения ПО с акцентом на отечественный продукт;

- Доступные возможности программного обеспечения по направлению параметризации цифровой модели изделия, простота организации диалога с пользователем, элементы программирования;

- Широкие возможности моделирования кинематики пространственной модели изделия, простота организации, различные виды движения объекта, запись и демонстрация анимации;

- Экспорт цифровой модели изделия в среду виртуальной реальности, полнота и качество отображения, возможность взаимодействия и редактирования, воспроизведение анимации;

- Востребованность полученных умений проектирования модели изделия при трудоустройстве.

Заметим, что критерии выбора программ для учебного заведения, безусловно, отличаются от требований предприятий, внедряющих САПР для организации (или обновления) производства. Так, важнейшим фактором на сегодняшний день выступает возможность организации полного жизненного цикла изделия, а данному требованию отвечают далеко не все САПР отечественной разработки.

2.1. САПР для УД Инженерная геометрия и компьютерная графика

На основе образовательной деятельности кафедры Дизайна, графики и начертательной геометрии Пермского Политеха выделим основные направления в организации учебного процесса с привлечением САПР.

Основной программный комплекс Компас-3D (российская компания «Аскон») используется для выполнения лабораторных и практических работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины «Инженерная геометрия и компьютерная графика». На сегодняшний день достижение заявленных планируемых результатов обучения невозможно без привлечения систем автоматизированного проектирования (таблица 1).

Однако задачи кафедры на аэрокосмическом факультете в рамках стратегических направлений развития вуза не ограничиваются формированием стандартных наборов компетенций компьютерно-графической подготовки слушателя. Так, участие в работе пилотного проекта вуза – лаборатории виртуальной реальности в рамках центра «АэроТех» – позволит организовать на кафедре системную деятельность исследовательского, научного и методического характера. Работа со школьниками, студентами, магистрантами в «Инженерных школах» также потребует пересмотреть учебные программы, включить проектную, творческую, практико-ориентированную составляющую, организовать преемственность разработок с другими инновационными центрами.

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения

Знать:	Уметь:	Владеть:
элементы инженерной геометрии, основы геометрического моделирования, стандартные программные средства компьютерной графики;	использовать для решения геометрических задач методы инженерной геометрии, средства геометрического моделирования;	навыками разработки рабочей проектной и технической документации в соответствии с требованиями стандартов;
правила разработки проектной, рабочей документации, включая чертежи, электронные модели деталей, и другие документы на специализированные объекты;	применять действующие стандарты и другие нормативные документы для оформления технической документации;	навыками использования современных ИТ и ВТ для получения конструкторских, технологических и других документов;
способы геометрического моделирования с использованием стандартных средств автоматизации проектирования.	Осуществлять проектную деятельность с использованием средств компьютерной графики;	опытом выполнения проектов с учетом специфики направления подготовки.

Поставленные задачи требуют привлечения новых программных ресурсов. На основе перечисленных выше требований к компьютерным программам выбор был остановлен на системе T-flex CAD и ее встроенного модуля T-flex VR от российского производителя – компании «Топ Системы». Стоит отметить довольно «осторожное» отношение специалистов-практиков в области преподавания инженерной геометрии к данному программному продукту [4, 5]. Выразим мнение, что для формирования базовых навыков проектирования студентов программы Компас-3D и T-flex CAD можно назвать равноценными: принципы моделирования в обоих пакетах соответствуют давно зарекомендовавшим себя способам (типа, «выталкивания», «выдавливания», «экструдирования» и пр.). Однако, видение перспективности использования таких возможностей, как параметризация, визуализация, анимация, производственный анализ изделия, разнообразие приложений, с учетом «условной» простоты и понимания логики работы программы, особенно выделяет T-flex среди остальных российских САПР.

На данный момент кафедрой ведется работа по обновлению и внедрению учебно-методического комплекса дисциплины «Инженерная геометрия и компьютерная графика» на основе САПР T-flex CAD. Продемонстрируем ряд авторских педагогических инициатив, которые удалось выявить на сегодняшний день в направлении проводимой работы.

2.1.1. Виртуальная реальность для инженерной и компьютерной графики

Привлечение виртуальных технологий в учебный процесс является востребованной тенденцией в современном образовании. Возможности виртуальной реальности в рамках преподавания дисциплины «Инженерная геометрия и компьютерная графика» несет ряд преимуществ. Обозначим следующие из них:

1) Развитие пространственного мышления. Обеспечение наглядности, эффекта присутствия, возможность «ручного» взаимодействия с трехмерными объектами реализуется в виртуальном

пространстве, компенсируя тем самым пробелы школьного уровня (непонимание стереометрии, отсутствие черчения и т.п.) [6]. Так, в ходе опроса «Использование VR-технологий в курсе инженерной геометрии и компьютерной графики», проведенного в октябре 2021 года, среди студентов 1-2 курса Пермского Политеха, было выявлено, что большинство обучающихся (53,4%) выступают за визуализацию предложенных объектов моделирования в среде виртуальной реальности до начала выполнения лабораторной работы [7];

2) Визуализация «начерталки». Модуль начертательной геометрии обязательно присутствует в программе дисциплины «Инженерная геометрия». Как правило, у студентов возникают трудности при его изучении. Виртуальная реальность в таком случае выступает своеобразным «мостиком», позволяя вывести в пространство 2D-построения, произвести необходимые измерения, обосновав (для себя) правильность решения, например, позиционной задачи. Вышеуказанный опрос также показал, что использование VR-среды поможет в понимании дисциплины «Инженерная геометрия и компьютерная графика» (76,4%), и 85,1% обучающихся хотели бы ввести в содержание дисциплины прикладной компонент, основанный на технологии виртуальной реальности;

3) Предоставление равных возможностей. Речь идет об уровне подготовки студента на момент поступления в вуз. Действительно, входящий контроль по дисциплине определяет разноуровневые показатели знаний студентов, обучающихся в одной группе. Вчерашний школьник, освоивший программу дополнительного образования в современных кванториумах, IT-центрах, цифровых лабораториях, более компетентен, чем его сокурсник, обучающийся в традиционном формате. Объединяя разноуровневых студентов для подготовки общего VR-проекта, формируется важнейшая компетенция – проектная работа в команде;

4) Разработка VR-контента. Одной из важнейших проблем обеспечения образовательного процесса является приобретение и/или разработка обучающих программных продуктов определенной тематики. Самостоятельное проектирование учебных моделей и размещение их в среде виртуальной реальности, манипуляции с ними являются необходимыми компетенциями современного инженера. Заметим, что комплекс программ T-flex позволяет реализовать данные задачи в полном объеме;

5) Предпрофессиональная деятельность. Одно из актуальных направлений применения технологий виртуальной реальности – аэрокосмическая и авиационная отрасли промышленности (виртуальные тренажеры, анализ и сборка моделей, демонстрация продукта). Аэрокосмический факультет ПНИПУ заинтересован во внедрении данных технологий. Погружение студентов в подобные формы работы на начальных этапах образования поможет им в освоении специальных дисциплин в дальнейшем.

3. Виды учебной работы студента по дисциплине «Инженерная геометрия и компьютерная графика» с применением T-flex VR

Процесс внедрения технологий виртуальной реальности в учебный процесс по дисциплине «Инженерная геометрия и компьютерная графика» предусматривает корректировку учебных программ. Предварительный анализ выявил возможность применения на всех видах занятий: лекция, практическая и лабораторная работа. Платформа для работы – T-flex VR. В таблице 2 приведены темы и виды учебных занятий, выбранных для освоения тех или иных команд, доступных в системе виртуальной реальности.

Еще раз подчеркнем, что демонстрация моделей в среде T-flex VR осуществляется для самостоятельно разработанных студентом учебных образцов деталей в T-flex CAD. Уточним, что в приоритете, естественно, находится последовательность изложения учебного материала. Практика работы с командами и опциями в среде виртуальной реальности проходит постоянно. В таблице 2 не указаны базовые команды, такие как «скрыть/показать объекты», «взять объект», «перемещение» («полёт»). Их применение в учебной виртуальной геометрической модели очевидно.

Таблица 2 – Темы и виды учебных занятий с применением VR-технологий

Опция (команда)	Лекционное занятие	Практическое занятие	Лабораторная работа
Измерение 	Взаимное расположение прямой и плоскости	Решение метрических задач на определение натуральных характеристик плоской фигуры	Редактирование электронной геометрической модели. Поиск и устранение ошибок
Сечение 	Сечение поверхности плоскостью	Построение изображений (разрезов) типовой детали и ее пространственной модели	Выполнение модели с применением библиотек стандартных элементов
Сценарии анимации. Сборка/разборка 	Виды соединений составных частей изделия	Соединение детали. Понятие сборочной единицы	Электронная модель сборочной единицы. Моделирование СЕ с применением библиотек стандартных элементов
Перемещение сопряженных элементов 	Резьбовые соединения	Разъемные соединения. Стандартные крепежные изделия	Электронная модель сборочной единицы. Моделирование СЕ с применением библиотек стандартных элементов

3.1. Пример использования T-flex VR на лекционном и практическом занятии

Рассмотрим наглядный пример из начертательной геометрии, позволяющий продемонстрировать в пространстве основные действия, выполняемые карандашом и линейкой, в виртуальной среде. Платформа для работы – T-flex CAD и T-flex VR. Возможности программы для демонстрации решений практических задач по инженерной геометрии многогранны. Зачастую, базовое действие – построить точку (прямую, плоскость) в пространстве и отобразить ее в VR среде, оказывается трудновыполнимым.

Задача на построение проекций отрезка общего положения, заданного координатами его концов (50; 100; 200) и (200; 20; 100).

Для задания концов отрезка используется команда *3D-узел* (ставится точка). В построении самого отрезка применяется команда *3D-путь* с изменением параметров (цвет – 12, ярко-красный), затем команда *трубопровод* (диаметр 1) для придания толщины. При создании проекций на основные плоскости необходимо выделить плоскость и выбрать режим *Чертить*. Далее, с помощью команды *Проекция элементов* указать последовательно отрезок и плоскость. Важно понимать, что построенная проекция будет невидна при выходе из режима черчения до момента снятия флажка *Вспомогательный*. Линии связи между концами отрезка и их проекциями можно также достроить командой *3D-путь* или *Трасса* (рисунок 1).

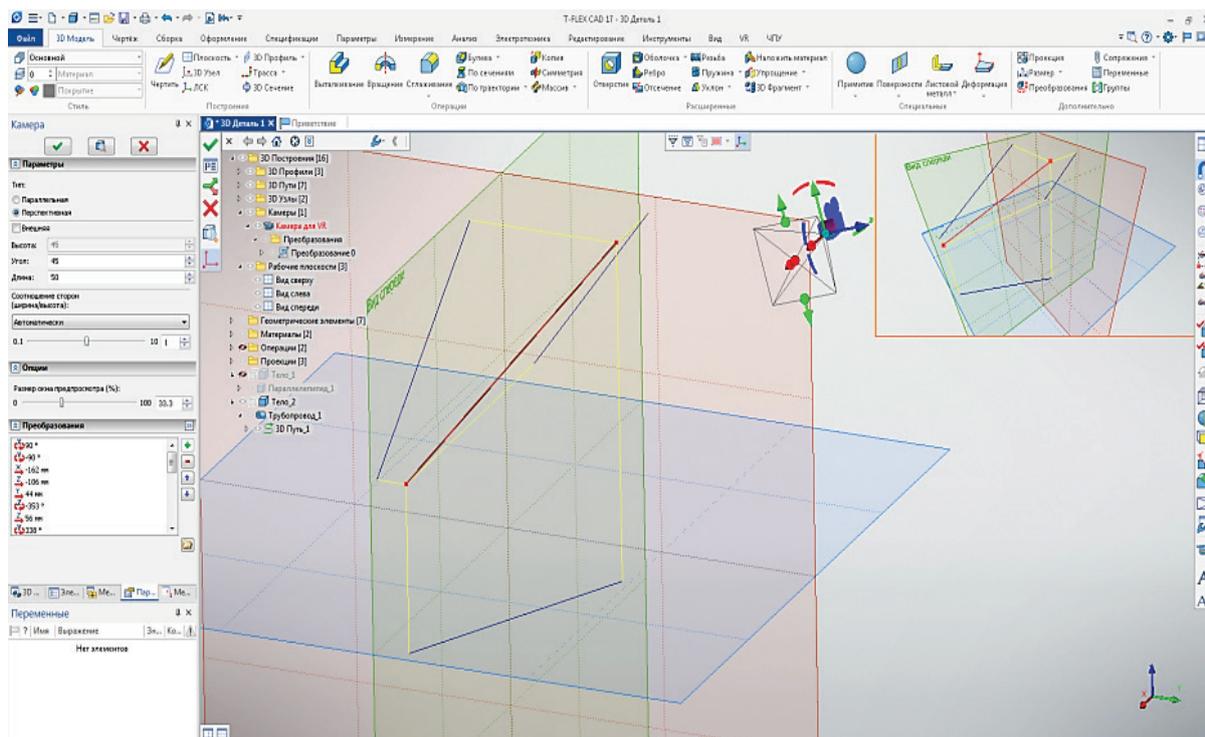


Рисунок 1 – Рабочее окно программы T-flex CAD с построением модели и VR-камерой

Выбор вкладки VR обеспечивает размещение объектов в виртуальной среде. Установка и настройка камеры соответствует погружению в сцену с помощью VR-очков или шлема. В созданном виртуальном пространстве возможно перемещаться, осматривать конструкцию с разных сторон, измерять отрезки, проекции, углы.

Данный пример наглядно демонстрирует простоту и доступность инструментов построения. В свою очередь это минимизирует время подготовки, например, к лекционному занятию с использованием материалов, подготовленных в T-flex CAD. Обеспечивается наглядность результатов, «эффект присутствия» при манипуляции с моделью. Студент, работающий с подобной моделью в среде виртуальной реальности, способен с разных точек обзора просмотреть построенную конструкцию, убедиться в «наложении» отрезка общего положения и его проекции в направлении спереди, сверху и слева, измерить длины отрезка и проекций и сделать вывод о том, что полученные значения не равны, измерить прямые углы между проекциями и линиями связи.

В таком случае чертеж данной задачи, выполненный от руки, будет находиться в непосредственной взаимосвязи со всеми осуществленными виртуальными действиями. Видится перспективным использование подобных VR-практик для более сложных понятий и тем курса начертательной геометрии, как-то: конкурирующие точки, перемена плоскостей проекций, изображение многогранников и др.

На профессиональном уровне высоко оценена методика применения технологий виртуальной реальности в преподавании темы «Пересечение поверхностей», представленная ассистентом кафедры дизайна, графики и начертательной геометрии ПНИПУ Поздеевой Татьяной Юрьевной – финалистки первого Международного Акселератора «Цифровизация Обучения» по внедрению VR в образование (14 декабря 2021 г.) [8].

Предложено решение задачи на взаимное пересечение геометрических примитивов в приложении виртуального прототипирования VR-Concept (рисунок 2). Используемый инструментарий: ПК, проектор, презентация (лекционный материал), рабочие тетради, VR-шлемы, манипуляторы, чертежные инструменты. Продолжительность работы – 45 мин. на группу студентов, работающих в парах.

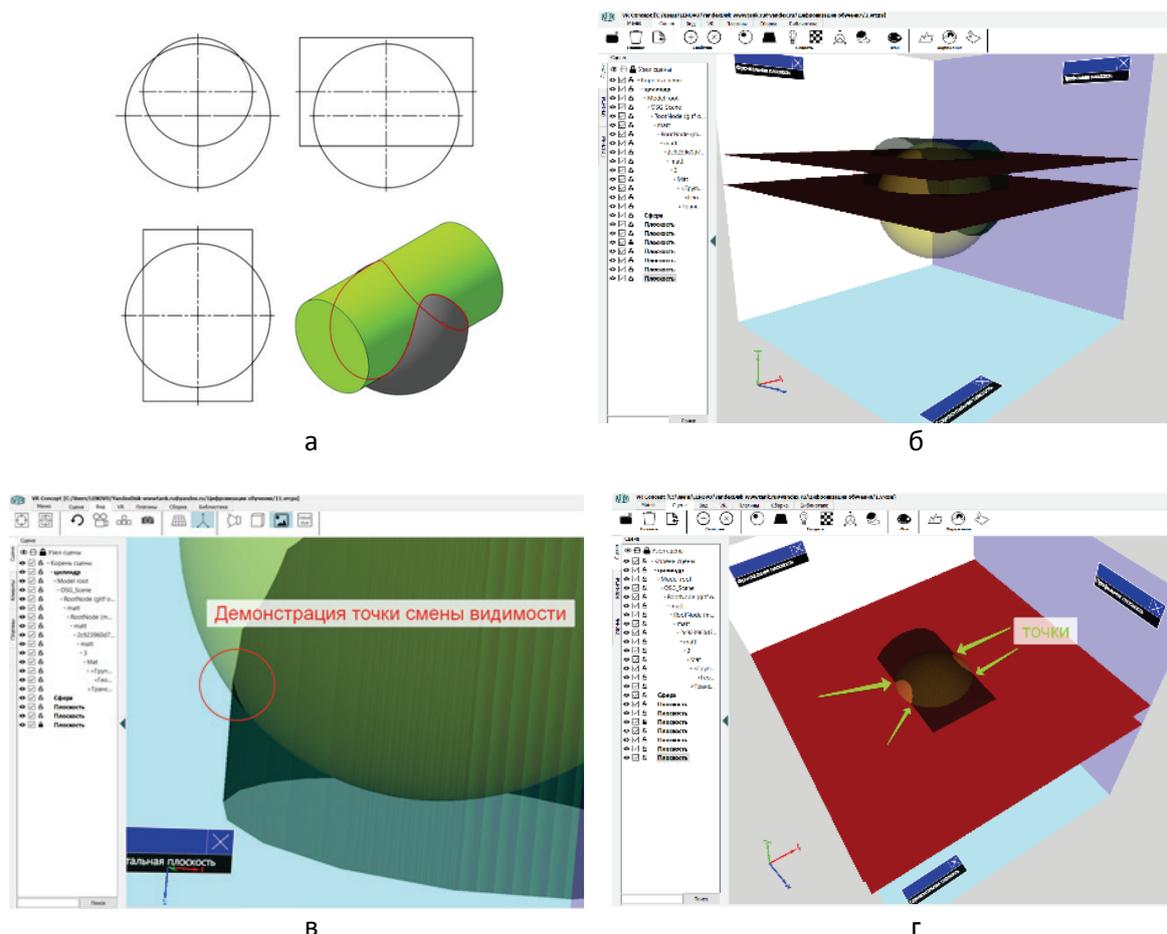


Рисунок 2 – Решение задачи на взаимное пересечение геометрических примитивов в VR-среде: а – исходное условие; б – ввод секущих плоскостей; в – масштабирование сложных мест в модели; г – простановка точек

4. Благодарности

Авторы статьи выражают благодарность декану аэрокосмического факультета Пермского Политеха д.т.н., профессору Владимиру Яковлевичу Модорскому за инициативу и энергичное продвижение технологий виртуальной реальности в учебно-методическую и научно-исследовательскую работу. Отдельная благодарность за развитие потенциала кафедры адресуется д.т.н., профессору Ирине Дмитриевне Столбовой, руководителю Проектно-образовательного центра «Прикладные технологии дизайна и проектирования». Под ее руководством были организованы и проведены курсы повышения квалификации для преподавателей вуза «Реализация образовательных программ с применением технологий виртуальной реальности в системе проектирования T-flex CAD по направлению «Машиностроение».

5. Список источников

- [1] Публичное обсуждение проекта «Передовые инженерные школы» в НИЯУ МИФИ [Электронный ресурс]. URL: <http://mephi.ru/press/news/18444> (дата обращения 06.05.2022).
- [2] О мерах государственной поддержки программ развития передовых инженерных школ: Постановление Правительства РФ от 08.04.2022 № 619 [Электронный ресурс] //

- Официальный интернет-портал правовой информации Правительства РФ. URL: <http://government.ru/docs/all/140436/> (дата обращения: 08.05.2022).
- [3] Кузьмин, И.Г. Сравнение компьютерных программ / И.Г. Кузьмин. – Текст: электронный // NovaInfo, 2017. – № 58. – С. 9-13. – URL: <https://novainfo.ru/article/10547> (дата обращения: 08.05.2022).
- [4] Соловей, А. Н.; Усачёв, М. М. К вопросу использования систем автоматизированного проектирования в учебном процессе Барановичского государственного университета // Наука – практике: материалы II Междунар. науч.-практ. конф., Барановичи, 13.05.2021: в 3 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, Баранович. гос. ун-т, редкол.: В. В. Климук (гл. ред.) [и др.]. – Барановичи: БарГУ, 2021. – Ч. 2. – С. 91–93.
- [5] Опыт применения систем автоматизированного проектирования КОМПАС-3D и AutoCAD в учебном процессе графической подготовки будущих инженеров / А. А. Гарабажиу [и др.] // Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы: сб. тр. Междунар. НПК, Брест, Республика Беларусь, Новосибирск, РФ, 19.04.2019 / Мин. науки и ВО РФ, СИБСТРИН, Минобр Респ. Беларусь, БГТУ; отв. ред. К. А. Вольхин. – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2019. – С. 69–74.
- [6] Дианова, Ю.В. Формирование и развитие пространственного мышления у обучающихся средствами VR-технологий / Ю.В. Дианова // Аэрокосмическая техника, высокие технологии и инновации - 2021: материалы XXII всеросс. науч.-техн. конф. (г. Пермь, 18–20 ноября 2021 г.). – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2021. – Т.2. – С. 46–49.
- [7] Использование VR-технологий в курсе инженерной геометрии и компьютерной графики. – URL: <https://forms.gle/v1vBd89nutjAki2D6> (дата обращения: 10.08.2022).
- [8] Ежегодный акселератор «Цифровизация обучения» 2021. Обзор результатов – URL: <https://accelerator.vrconcept.net/2021#rec475508426> (дата обращения: 10.08.2022).