

УДК 004.946

Технологии VR/AR/MR как интерфейс для работы с инженерной скульптурой

Щеглов Георгий Александрович^(*)shcheglov_ga@bmstu.ru
SPIN-код: 3501-7903

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрено применение интерфейсов на базе технологий виртуальной, дополненной и смешанной реальности для работы с цифровыми моделями изделий. Обсуждаются особенности качественного перехода в работе с геометрическими моделями от чисто визуального к визуально-кинестетическому восприятию электронных геометрических моделей, что может быть описано как переход от работы с инженерной графикой к работе с «инженерной скульптурой». Приводятся примеры использования современных VR/AR/MR-интерфейсов для постпроцессинга результатов расчета физических полей при CAD/CAE интеграции процесса разработки изделий. Делается вывод о важности добавления контекстов восприятия цифровых моделей соразмерно с человеком для тренировки инженерного глазомера.

Ключевые слова: виртуальная реальность, дополненная реальность, смешанная реальность, электронная геометрическая модель, интерфейс

VR/AR/MR technologies as an interface for working with engineering sculpture

Shcheglov Georgy Alexandrovich^(*)shcheglov_ga@bmstu.ru
SPIN-code: 3501-7903

BMSTU, Moscow, Russia

Abstract. The application of interfaces based on virtual, augmented and mixed reality technologies for working with digital product models is considered. The article discusses the features of the qualitative transition in working with geometric models from purely visual to visual-kinesthetic perception of electronic geometric models, which can be described as a transition from working with engineering graphics to working with “engineering sculpture”. Examples of the use of modern VR/AR/MR interfaces for post processing the results of calculating physical fields during CAD/CAE integration of the product development process are given. It is concluded that it is important to add contexts of perception of digital models commensurate with humans to train the engineering eye.

Keywords: virtual reality, augmented reality, mixed reality, geometric solid model, interface

Введение. Технологии четвертой промышленной революции предполагают активное внедрение технологических переделов информации в процессы разработки и производства машиностроительных изделий наряду с традиционными видами технологических переделов [1]. Если в процессе обычного пе-

редела образуется материальный полуфабрикат, то в процессе информационного передела образуется виртуальный, цифровой полуфабрикат. Такой вид технологических переделов составляет суть процессов цифровой трансформации, которые часто ошибочно понимаются просто как переход на новые компьютерные цифровые технологии.

Важным видом цифрового технологического передела является формирование CAD/CAE-перехода, при котором результаты математического моделирования физических полей преобразуются в электронные геометрические модели изделий. Построение формы и размеров разрабатываемых изделий на основе расчетов динамики, прочности, гидрогазодинамики и пр. требует внедрения новых видов человеко-машинного интерфейса, поскольку большой объем пространственной информации в ходе постпроцессинга не позволяет эффективно использовать традиционные двумерные системы отображения.

Материалы и методы. В качестве новых видов интерфейса для постпроцессинга результатов расчета физических полей рассматриваются технологии так называемой «цифровой реальности», формируемой техническими средствами воздействия на комплекс органов чувств человека-оператора. Средства виртуальной реальности (VR) оказывают воздействие на бинокулярное зрение и вестибулярный аппарат путем создания в реальном времени обратной связи между стереоизображением и положением головы и тела. Такая обратная связь формирует новый контекст восприятия цифровой модели. Возможность использовать перемещения головы и тела при осмотре цифровой модели, а также возможность интерактивно взаимодействовать с моделью при помощи различных манипуляторов дает возможность оператору действовать не только зрением, но и ощущениями, т. е. интерфейс виртуальной реальности является визуально-кинестетическим. Новый контекст имеет как свои плюсы, так и свои минусы, например негативное воздействие на вестибулярный аппарата оператора. В итоге VR-интерфейс позволяет работать цифровой моделью не как с трехмерной графикой а как со скульптурой. Работа со скульптурой в процессе разработки инженерных проектов имеет давнюю историю. При создании автомобильной, авиационной и морской техники прибегают к использованию натурных макетов. Однако такие материальные макеты дороги, их создание требует длительного времени, и, при этом, макеты оказываются массивными и ими трудно манипулировать.

Цифровая инженерная скульптура дает возможность ускорить разработку макетов и осуществлять гибкое манипулирование цифровым объектом [2]. Одним из важнейших эффектов применения цифровой инженерной скульптуры как цифрового полуфабриката в процессе цифровой трансформации проекта в продукт является возможность человеку соразмерить себя с разрабатываемым изделием.

Для обеспечения указанной соразмерности для полноценного взаимодействия человека и цифровой модели может оказаться недостаточно чистого VR-интерфейса, изолирующего пользователя от окружающего мира [3]. Здесь

более подходящими оказываются технологии дополненной реальности (AR), где визуализация цифровых моделей дополняет визуализацию реальных объектов, и, особенно, смешанной реальности (MR), где имеется возможность задействовать канал глубины для перекрытия реальных и виртуальных объектов.

Результаты. В докладе обсуждаются вопросы использования технологий VR/AR/MR для постпроцессинга результатов расчета физических полей на цифровых моделях изделий.

Приводится пример VR-отображения пространственных форм собственных и вынужденных колебаний элементов конструкций аэрокосмической техники. Для расчета использованы программы CAE, а для визуализации CAD — подсистема фирмы VR concept. При построении подобного интерфейса оказывается удобно использовать микросервисную архитектуру программного обеспечения при которой связь CAD- и CAE-подсистем осуществляется посредством сетевого протокола UDP.

Также рассматривается пример VR-отображения спутных вихревых следов за телами, обтекаемыми потоком несжимаемой среды, а также полей скорости и давления, полученных в процессе аэродинамического расчета. Для VR-визуализации используется модуль-конвертер распространенного формата файлов VTK (Visualization ToolKit).

Рассматривается возможность постпроцессинга инженерных расчетов с помощью технологии смешанной реальности. Использование средств цифровой скульптуры позволяет визуализировать не только трехмерные, но и четырехмерные величины. Обсуждается возможность VR-визуализации кватернионов при помощи конусов, что делает весьма наглядным представление конечных поворотов твердых тел [4].

Обсуждение полученных результатов. Полученные результаты открывают новые возможности постпроцессинга физических полей с помощью VR/AR/MR-интерфейсов. Анализ форм колебаний сложных пространственных конструкций как инженерных скульптур позволяет гораздо более эффективно определять области узлов и пучностей, по сравнению с работой на плоском экране монитора. Наблюдение за колебаниями конструкции в виртуальной реальности с возможностью изменения масштаба амплитуды позволяет существенно более продуктивно проводить анализ жесткости конструкций. При аэродинамическом расчете целостное восприятие спутного вихревого следа как инженерной скульптуры позволяет продуктивно анализировать тонкие вихревые структуры течения и места отрыва потока.

Заключение. В качестве выводов следует отметить, что технологии VR/AR/MR как интерфейс для работы с инженерной скульптурой оказывается весьма эффективным средством как в процессе разработки изделий, так и в процессе обучения студентов. Начинающие инженеры, как правило, имеют недостаточно развитый «инженерный глазомер», тренировка которого может быть проведена весьма эффективно именно с использованием новых видов интерфейса. Использование полученных результатов в учебном про-

цессе на кафедре «Аэрокосмические системы» МГТУ им. Н.Э. Баумана показало, с одной стороны, большой интерес со стороны обучающихся, а, с другой стороны, необходимость повышения интерактивности взаимодействия с цифровой инженерной скульптурой.

Работа выполнена на основе результатов реализации программы развития передовой инженерной школы «Системная инженерия ракетно-космической техники» МГТУ им. Н.Э. Баумана».

Список источников

- [1] Шваб К., Дэвис Н. *Технологии четвертой промышленной революции*. Москва, ЭКСМО, 2018, 121 с.
- [2] Щеглов Г.А. Обучение твердотельному геометрическому моделированию – от инженерной графики к инженерной скульптуре. *Информационные средства и технологии. XXI Междунар. науч.-техн. конф.: тр.* Москва, Изд. дом МЭИ, 2013, т. 1, с. 186–189.
- [3] Щеглов Г.А., Шаповалов А.В., Казаку И.А., Макаренков Д.А., Васильев Ф.А. VR-технологии в проектировании аэрокосмической техники. *XLVIII Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства: сб. тез.* Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024, т. 3, с. 313–315.
- [4] Щеглов Г.А. О геометрической интерпретации кватернионов конусами. *Геометрия и графика*, 2022, т. 10, № 3, с. 23–34.