

УДК 608.2

Обертка над API геометрического ядра C3D как способ преодоления сложности в освоении и внедрении программного продукта в учебных заведениях

Спиваков Александр Георгиевич

✉ alexander.spivakov@c3dlabs.com

ООО СЗД Лабс, Коломна, Россия

Рассмотрена проблема адаптации геометрического ядра C3D для образовательной среды. В качестве основной препятствия к внедрению геометрического ядра в учебный процесс рассматривается объемный программный интерфейс. Предлагается применение паттерна проектирования «Фасад» для упрощения интерфейса ядра, что позволяет снизить порог входа для начинающих пользователей и повысить эффективность освоения принципов геометрического моделирования. Снижение сложности освоения геометрического ядра также предполагается достигнуть за счет использования общепринятых техник проектирования программного обеспечения.

Ключевые слова: геометрическое моделирование, система автоматизированного проектирования, учебные заведения, программирование, ядро геометрического моделирования

Введение. Современные системы автоматизированного проектирования (САПР) позволяют существенно сократить сроки проектирования и испытаний изделий за счет средств автоматизации для подготовки проектных решений. Возможности конечно-пользовательских программ и комплексов позволяют решать инженерные задачи, но в случае исследовательских проектов они избыточны. Кроме того, представление исходных данных и результатов может не соответствовать требованиям предметной области, которая не является основной для конкретного ПО. В этих случаях целесообразно рассмотреть использование геометрического ядра, исключив промежуточные слои и компоненты графического интерфейса. Например, мотивацией для разработки специализированного редактора обводов судна [1] на основе геометрического ядра C3D стала сложность использования КОМПАС-3D для решения данной задачи. К недостаткам использования геометрического ядра можно отнести лишь трудности, связанные с его освоением. Один из способов их преодоления обсуждается в настоящей статье.

Методы и материалы: результаты. Геометрическое ядро C3D предоставляет обширную функциональность, которая обеспечивает создание и ре-

дактирование одиночных тел, управление сборочными единицами и обмен 3D-моделями [2]. Кроме того, совместно с ядром поставляется модуль для обеспечения человеко-машинного взаимодействия.

Чтобы у разработчиков конечно-пользовательских приложений был доступ к этой функциональности, геометрическое ядро C3D имеет программный интерфейс, представленный на языке программирования C++. Интерфейс включает порядка четырехсот заголовочных файлов [3]. Каждый из этих файлов содержит более одной публичной функции или класса. Соответственно, обширный интерфейс требует большого времени для его освоения даже при наличии иллюстрированного руководства и примера конечно-пользовательского приложения на базе геометрического ядра.

Иллюстрированное руководство пользователя охватывает примерно триста страниц, посвященных возможностям ядра, и ориентировано в первую очередь на опытных разработчиков, имеющих компетенции в области дифференциальной геометрии. Это обстоятельство также затрудняет адаптацию ядра к использованию в образовательных учреждениях.

```
static void BuildFillet( MbSolid* obj,
                        double radius,
                        c3d::EdgesSPtrVector initCurves,
                        c3d::VerticesSPtrVector initVertices = {},
                        c3d::FacesSPtrVector initBounds = {} )
{
    SmoothValues params;
    params.InitEquidistantFillet( radius ); // Инициализация вне объявления.
    MbSNameMaker n( ct_FilletSolid, MbSNameMaker::i_SideNone, 0 ); // Типовой сценарий.
    c3d::SolidSPtr solid; // Явно требуется переменная для результата.
    MbResultType resType = ::FilletSolid( obj,
        sm_Copy, // Типовой сценарий.
        MbShellFilletValues( initCurves, initBounds, initVertices, params, n ),
        solid,
        nullptr );
}
```

Рис. 1. Пример кода создания скругления на API геометрического ядра

Как показывает опыт проведения хакатона КИТТИ [4], возможности геометрического ядра C3D при решении поставленных задач наиболее полно раскрывали команды тех вузов, где ведется подготовка специалистов в области разработки САПР. Участниками конкурса были студенты технических вузов, среди которых выявились значительные различия в уровне владения инструментами компьютерного 3D-моделирования. По опыту консультации команд из вузов, где не ведется подготовка по данному направлению, даже выпуск специальных материалов для начала работы с ядром C3D не позволял достичь

тех же темпов разработки первого прототипа приложения и сосредоточиться на решении прикладных задач. Эти наблюдения подтверждают важность структурированного подхода к обучению студентов основам геометрического моделирования, особенно при работе с комплексными промышленными продуктами.

Таким образом, представляется необходимым создание специализированного образовательного продукта с упрощенным программным интерфейсом, который был бы удобен для первоначального освоения принципов компьютерной геометрии. Эта задача соответствует применению паттерна проектирования «Фасад» [5]. Суть подхода заключается в создании высокоуровневого интерфейса, скрывающего внутреннюю структуру сложных компонентов и обеспечивающего простое взаимодействие с системой.

```
static std::shared_ptr< IShapeBuilder > CreateFilletRadius()
{
    auto prototype = CreatePrototype();
    std::shared_ptr< IShapeBuilder > result{
        new BuildFillet{ prototype.first, // Тело, к которому применяется операция
            BuildFillet::Symmetric{ EdgeView::EdgesList{ prototype.second }, // Список ребер
                TransFaceGeometry::Radius{ 2. } }, {} } };
    return result;
}
```

Рис. 2. Пример кода создания скругления на фасаде

Снижение порога освоения геометрического ядра при этом достигается за счет предоставления простого способа обращения к часто используемым операциям моделирования и устранения потенциальных конфликтов между параметрами при выполнении сложных операций, таких как операция скругления.

Заключение. Сравнение подходов с использованием фасада и API ядра приведено в таблице.

Применение предложенной методики облегчает восприятие студентами архитектуры геометрического ядра, делая его доступным инструментом для выполнения учебных задач и исследовательских проектов. Адаптированный интерфейс способствует пониманию типичных операций, используемых в геометрическом моделировании, позволяя избежать излишних затрат времени на ознакомление с полным набором функциональных возможностей и обращений к документации. Типы переменных, используемые в коде, делают намерения разработчика очевидными, улучшая читаемость и надежность программного продукта.

Сравнение использования операции фаски с использованием фасада и ядра

Характеристика	Решение на основе фасада	Решение на API ядра
Количество вспомогательных переменных	0	2
Способ назначения параметров операции	Через название специальных типов и их конструкторы	Через название методов универсального класса
Способ сообщения о причинах ошибки операции моделирования	Специфичен для каждой операции, строка	Общий список кодов для всех операций
Тонкие настройки выполнения операции моделирования	В настоящее время не реализованы, предполагается оформить в виде специальных методов класса	Являются обязательными аргументами функции

Использование паттерна проектирования «Фасад» также является общепринятым приемом, что снижает трудозатраты не только на освоение и внедрение, но также и на поддержку силами разработчиков.

Список источников

- [1] Тематики работ от работодателей. Официальный сайт Всероссийского инженерного конкурса. URL: <https://vikrf.ru/tematiki-rabot/> (дата обращения 08.10.2025).
- [2] Голованов Н., Зыков О., Козулин Ю., Максименко А. Знакомьтесь — геометрическое ядро C3D. САПР и графика, 2013, № 4, 2013.
- [3] Онлайн-документация геометрического ядра C3D Kernel и системы визуализации C3D Vision. URL: <https://c3d.ascon.ru/doc/math/files.html> (дата обращения 08.10.2025).
- [4] Студенты Московского Политеха на хакатоне от «C3D Labs» создали приложение «Конфигуратор пневмопресса». URL: <https://mospolytech.ru/news/studenty-moskovskogo-politekha-na-khakatone-ot-c3d-labs-sozdali-prilozhenie-konfigurator-pnevmoпресса/> (дата обращения 08.10.2025).
- [5] Гамма Э., Хелм Р., Джонсон Р., Влиссидес Дж. Паттерны объектно-ориентированного проектирования. Санкт-Петербург, Питер, 2002, 448 с.