

## **Исследование методов разработки графических редакторов в САД-системах на примере САПР трубопроводов**

И.О. Зимонин, А.В. Григорьев  
Донецкий национальный технический университет  
zimoninigor@gmail.com

*Зимонин И.О., Григорьев А.В. Исследование методов разработки графических редакторов в САД-системах на примере САПР трубопроводов. Основы и принципы создания. Состав и структура. Анализ существующих САПР систем. Описание ObjectARX SDK и JavaScript API. Преимущества и недостатки использования данного подхода в разработке САПР трубопроводов.*

### **Введение**

В настоящее время идёт активное развитие конкурентоспособных систем автоматизированного проектирования [1], целью которых является сокращение трудоёмкости и сроков производства на этапах планирования и проектирования, вследствие этого сокращение себестоимости и повышение качества результатов. Поэтому в сфере САПР постоянно вводятся новые технологии для расширения возможностей существующих и разработки новых систем и подсистем автоматизированного проектирования, что даёт существенный толчок к разработке качественно новых методов разработки САПР, анализируя уже существующие.

Ранее авторами была поставлена задача построения современного САПР трубопроводов и определены инструментальные средства для разработки.

Для разработки собственной подсистемы автоматизированного проектирования трубопроводов были выбраны технологии ObjectARX SDK и JavaScript API.

Целью предлагаемой статьи есть полноценное и всестороннее обоснование данного выбора инструментальных средств.

### **1. Основные вопросы, подлежащие решению**

Для качественной разработки системы или подсистемы автоматизированного проектирования необходимо:

- проанализировать принципы создания, состав и структуру САПР;
- проанализировать существующие программные продукты;
- выявить стратегии дальнейшей разработки оптимального комплекса методов построения САД-системы в САПР трубопроводов
- выполнить оценку эффективности выбранного комплекса;
- выполнить обоснование выбранных методов и технологий разработки актуальной современной системы.

### **2. Общие сведения и принципы создания САПР**

В первую очередь необходимо определиться, что такое проектирование [2].

Под проектированием подразумевается процесс создания некоторого описания для построения модели ещё не существующего объекта в определённых условиях на основе первичного описания этого объекта. Если этот процесс осуществляется пользователем при взаимодействии с компьютером, то он называется автоматизированным.

Следовательно, САПР является комплексом средств для автоматизации проектирования, взаимосвязанных с пользователями.

Для процесса проектирования существует семь основных стадий [3]:

- 1) Предпроектные исследования;
- 2) Техническое задание;
- 3) Эскизный проект;
- 4) Технический проект;

- 5) Рабочий проект;
- 6) Изготовление, отладка, испытание;
- 7) Ввод в эксплуатацию.

Первая стадия служит для исследования потребностей целевой аудитории пользователей данной системы, предмет автоматизации, составляется отчёт о результатах исследований, в котором также производится анализ существующих отечественных и зарубежных аналогов.

На второй стадии пишется техническое задание на разработку САПР, в котором формируются цели, обосновывается оптимальный вариант системы проектирования, указываются сроки, исполнители и этапы создания.

Последующие стадии относятся к внутреннему проектированию.

На третьей стадии разрабатываются принципиальные решения по созданию САПР.

На четвертой стадии разрабатываются и утверждаются окончательные решения по созданию САПР и формам проектной документации.

Пятая стадия подразумевает создание документации по САПР в целом и её подсистемам в частности.

На шестой стадии предполагается изготовление, отладка и испытание компонентов САПР, а также различных вспомогательных инструментов (например, для стыковки периферийного оборудования и т.п.).

На заключительной стадии осуществляется сдача проекта в промышленную эксплуатацию, обучение персонала, комплексная отладка САПР, проведение приёмочных испытаний.

От общих сведений о проектировании перейдём к принципам создания системы автоматизированного проектирования.

В технической литературе обычно выделяют 4 принципа создания САПР:

- 1) Системного единства;
- 2) Совместимости;
- 3) Типизации;
- 4) Развития.

Первый принцип отвечает за целостность системы и иерархию взаимодействия элементов проектирования.

Второй принцип обеспечивает функционирование составных частей САПР и их взаимодействие.

Третий принцип служит для унификации повторяющихся элементов САПР, которые имеют перспективу многократного применения.

Последний принцип обеспечивает расширяемость и обновляемость системы, а также взаимодействие с другими системами различного назначения.

### **3. Состав и структура**

Системы автоматизированного проектирования состоят из подсистем, в которых при помощи различных технологических средств выполняется решение задач в определённой последовательности.

Каждая подсистема основана на различных взаимосвязанных средствах автоматизации, которые можно условно разделить на семь типов или, как их называют, видов обеспечения САПР:

- 1) Математическое обеспечение;
- 2) Программное обеспечение;
- 3) Информационное обеспечение;
- 4) Техническое обеспечение;
- 5) Лингвистическое обеспечение;
- 6) Методическое обеспечение;
- 7) Организационное обеспечение;

Первый вид обеспечения базируется на алгоритмах, которые используются в разработке ПО САПР. Они зависят от особенностей объектов проектирования и могут быть как узконаправленными, так и инвариантными.

Второй вид имеет два подвида: общесистемное ПО и специальное. К первому подвиду относятся операционные системы, а специфическое программное обеспечение (к примеру, оценка характеристик почвы и т.п.) – к специальному.

Третий вид представляет собой совокупность данных, которые используются для проектирования. Это могут быть промежуточные решения, параметры изделия и т.д.

К четвертому виду относятся не только компьютеры, а вообще все устройства, которые необходимы для процесса проектирования.

Лингвистическое обеспечение (пятый вид) основывается на проблемно-ориентированных языках, предназначенных для описания процедур автоматизированного проектирования.

Под методическим обеспечением (шестой вид) подразумевается набор документов об

эксплуатации системы. Документы, касающиеся разработки, сюда не входят.

Последний вид обеспечения представляет собой комплекс документов, касающихся структуры отделов, эксплуатирующих САПР, взаимодействие эти отделов между собой. В набор организационных документов входят приказы, расписания, квалификационные требования и т.д.

#### 4. Анализ существующих САПР-систем

В это разделе будут описаны функциональные возможности следующих систем [4]:

- 1) ADEM;
- 2) T-Flex;
- 3) Компас 3D;
- 4) AutoCAD;
- 5) Autodesk Inventor;
- 6) CATIA;
- 7) SolidWorks.

##### 4.1. Анализ САПР ADEM



Рисунок 1 – Интерфейс ADEM

Отечественная интегрированная CAD/CAM/CAE система ADEM [5] предназначена для автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства. Это единый программный комплекс, в состав которого входят инструменты для автоматизации:

- проектирования, конструирования и моделирования изделий;
- оформления чертежно-конструкторской документации в соответствии с требованиями ЕСКД;
- проектирование техпроцессов и оформления технологической документации в соответствии с требованиями ЕСТД;
- программирования оборудования с ЧПУ;
- управления архивами и проектами;
- реновации накопленных знаний (бумажных чертежей, перфолент).

Можно сказать, что ADEM эквивалентен комплексу из шести профессиональных специализированных систем, которые имеют единые математическое ядро и инфраструктуру.

Еще одной важной компонентой системы является более чем тридцатилетний опыт автоматизации отечественных и зарубежных машиностроительных предприятий, который в сплаве с современными информационными технологиями определяет высокую надежность и эффективность системы.

В части проектирования и конструирования система ADEM имеет самый современный инструментарий объемного и плоского гибридного моделирования. Система содержит обширные библиотеки отечественных и зарубежных стандартов оформления конструкторской документации и стандартных изделий.

Благодаря постоянному сотрудничеству с передовыми производителями и поставщиками станков и инструментов, такими как: HANDTMANN, TRUMPF, KUKA Robot Group, УМК «ПУМОРИ-СИЗ», СФТехнологии, HAIMER, ISCAR, SANDVIK, Скиф-М, Rost Group, и др. в системе постоянно совершенствуются методы подготовки ЧПУ программ для самого современного отечественного и

зарубежного оборудования.

ADEM позволяет программировать следующие технологии обработки:

- фрезерные 2-5х, в том числе и многопозиционные;
  - токарные, в том числе и многошпиндельные и многотуретные;
  - лазерные 2-5х;
  - электроэрозионные 2-4х;
  - листоштамповку и вибровысечку;
- а также их комбинации.

Для автоматизации проектирования технологических процессов система ADEM поддерживает практически все существующие виды технологий, включая технологии механообработки, сборки, сварки, термической обработки и прочие. При этом выпуск технологической документации может осуществляться как на стандартных картах и формах (ГОСТ), так и на картах и формах предприятия (СТП). В качестве важного дополнения выступают подсистемы нормирования и оснащения, а также библиотеки материалов, оборудования и инструментов.

Особую роль интегрированная система ADEM играет для подготовки технических кадров, так как охватывает все важнейшие этапы конструкторско-технологической подготовки производства от первого эскиза до выпуска детали на станке.

Опыт внедрения системы в авиастроении, аэрокосмической, приборостроительной и атомной промышленности показывает высокую эффективность использования оборудования, кратчайшие сроки его запуска и быструю окупаемость уже с первых дней эксплуатации системы ADEM.

#### 4.2. Анализ САПР T-Flex

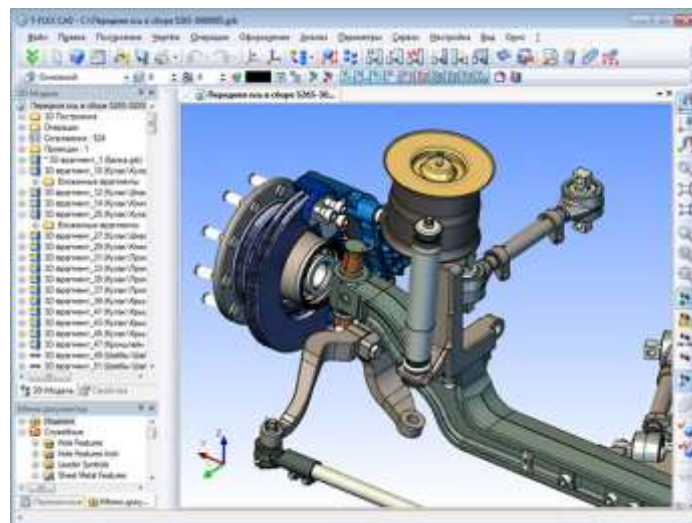


Рисунок 2 – Интерфейс T-Flex

T-Flex - это комплекс программных средств автоматизации, позволяющих охватить все этапы конструкторско-технологической подготовки производства. Все системы, входящие в комплекс, полностью интегрированы между собой. Комплекс содержит передовые российские разработки в соответствующих областях автоматизированного проектирования, которые учитывают специфику российского производства (стандарты, технические условия, оборудования и т. д.). Каждая из систем может работать в комплексе, в любой комбинации или в автономном режиме, что позволяет гибко и поэтапно решать задачи автоматизации подготовки производства любого предприятия. Важным фактором является стоимость комплекса. При одинаковой функциональности стоимость российских систем значительно ниже, чем западных.

Решает задачи:

- автоматизация выпуска конструкторско-технологической документации;
- создание твердотельных моделей деталей и сборок;
- моделирование динамического поведения сборок;
- подготовка управляющих программ для станков ЧПУ;
- проектирование штампов, пресс-форм, режущего инструмента и приспособлений;
- расчет и построение оптимальных схем раскроя деталей на листе;

- автоматизация задач технического документооборота, управление проектами и ведение состава изделий.

#### 4.3. Анализ САПР Компас 3D

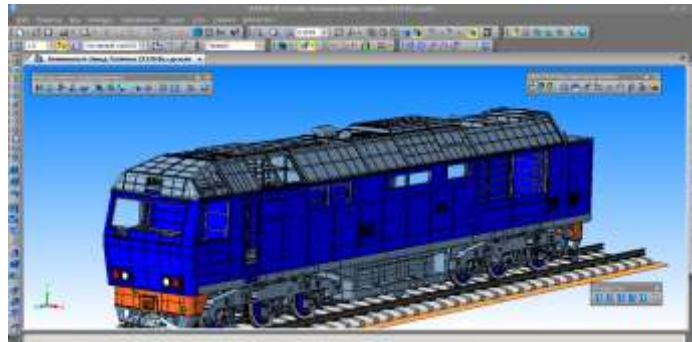


Рисунок 3 – Интерфейс Компас 3D

Основная задача, решаемая системой КОМПАС-3D - моделирование изделий с целью существенного сокращения периода проектирования и скорейшего их запуска в производство. Эти цели достигаются благодаря возможностям:

- быстрого получения конструкторской и технологической документации, необходимой для выпуска изделий (сборочных чертежей, спецификаций, детализовок и т.д.);
- передачи геометрии изделий в расчетные пакеты;
- передачи геометрии в пакеты разработки управляющих программ для оборудования с ЧПУ;
- создания дополнительных изображений изделий (например, для составления каталогов, создания иллюстраций к технической документации и т.д.).

Основные компоненты КОМПАС-3D - собственно система трехмерного твердотельного моделирования, чертежно-графический редактор и модуль проектирования спецификаций. Система трехмерного твердотельного моделирования предназначена для создания трехмерных ассоциативных моделей отдельных деталей и сборочных единиц, содержащих как оригинальные, так и стандартизованные конструктивные элементы. Параметрическая технология позволяет быстро получать модели типовых изделий на основе однажды спроектированного прототипа. Многочисленные сервисные функции облегчают решение вспомогательных задач проектирования и обслуживания производства.

#### 4.4. Анализ САПР AutoCAD

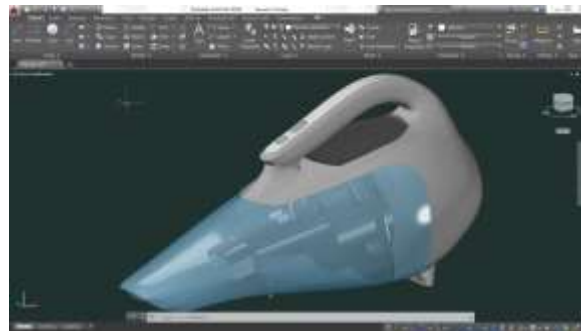


Рисунок 4 – Интерфейс AutoCAD

AutoCAD [6] — двух- и трехмерная система автоматизированного проектирования, разработанная компанией Autodesk.

Программа включает в себя полный набор средств, обеспечивающих комплексное трёхмерное моделирование, в том числе работу с произвольными формами, создание и редактирование 3D-моделей тел и поверхностей, улучшенную 3D-навигацию и эффективные средства выпуска рабочей документации, реализована поддержка параметрического черчения.

Ниже описаны некоторые функциональные возможности современной версии:

Инструменты работы с произвольными формами позволяют создавать и анализировать сложные трехмерные объекты. Их формирование и изменение осуществляются простым перетаскиванием поверхностей, граней и вершин.

Трёхмерная печать. Можно создавать физические макеты проектов через специализированные

службы 3D-печати или персональный 3D-принтер.

Использование динамических блоков позволяет создавать повторяющиеся элементы с изменяемыми параметрами без необходимости перечерчивать их заново или работать с библиотекой элементов.

Функция масштабирования аннотативных объектов на видовых экранах или в пространстве модели.

Запись операций позволяет формировать последовательности команд даже без опыта программирования. Записываемые операции, команды и значения ввода регистрируются и отображаются в отдельном окне в дереве операций. После остановки записи можно сохранить команды и значения в файле макроса операций с целью последующего воспроизведения. При коллективной работе макросы могут быть доступны всем.

Диспетчер подшивок организует листы чертежей, упрощает публикацию, автоматически создает виды, передает данные из подшивок в основные надписи и штампы и выполняет задания таким образом, чтобы вся нужная информация была в одном месте.

Инструменты упрощенной трехмерной навигации: «видовой куб» позволяет переключаться между стандартными и изометрическими видами — как предвительно заданными, так и из выбранной пользователем точки; «штурвал» объединяет в одном интерфейсе несколько различных инструментов навигации и предоставляет быстрый доступ к командам вращения по орбите, панорамирования, центрирования и зумирования.

Инструмент «аниматор движения» предоставляет доступ к именованным видам, сохраненным в текущем чертеже и организованным в категории анимированных последовательностей. Его можно применять как при создании презентации проекта (анимированные ролики), так и для навигации.

Интерфейс пользователя поддерживает возможность настройки под потребности конкретной отрасли. Изменяются установки по умолчанию для различных функциональных возможностей AutoCAD, включая шаблоны чертежей, содержимое инструментальных палитр, рабочее пространство.

#### **4.5. Анализ САПР Autodesk Inventor**



Рисунок 5 – Интерфейс Autodesk Inventor

Рассмотренный ниже пакет инженерного моделирования твердотельных машиностроительных изделий Inventor позволяет свободно работать как с плоскими, так и с пространственными моделями.

Возможность работать и с плоскими, и с пространственными моделями – вот качество, выгодно отличающее Inventor от прочих САПР. Переход от плоской модели к трёхмерной возможен на любой стадии разработки. Inventor решает задачи твердотельного моделирования деталей, сборок, выпуска конструкторской документации – причем с его помощью эти задачи решаются гораздо быстрее и удобнее.

Основное назначение Inventor – предоставить пользователям инструментарий, максимально отвечающий их требованиям, создать условия для высокопроизводительной работы, гарантировать возможность создания сложных форм, обеспечить соответствие реальным требованиям рынка в области 2D/3D-проектирования.

Инструментальные средства Inventor обеспечивают полный цикл конструирования и создания конструкторской документации

К преимуществам можно отнести:

- адаптивное конструирование, которое позволяет инженерам машиностроительного профиля проектировать естественным для себя образом, именно так, как они привыкли думать;
- адаптивная компоновка;

- встроенный конструктор элементов;
- системы поддержки и сопряжения процесса конструирования;
- пакет легок в освоении и имеет встроенные средства мультимедийной помощи. Интерфейс включает в себя проектирование на уровне эскиз-объект, систему обучения и помощи, включающую в себя интерактивные видеовставки;
- возможность проектирования сверху вниз (от проектирования сборочного узла до проектирования деталей, которые в него входят), или проектирование снизу вверх, проектируя по одной детали в каждый момент времени. Конструктор может использовать одновременно уже спроектированные детали и схематичные зависимости в трёхмерном пространстве, чтобы можно было заранее увидеть, как всё будет работать до разработки конечной версии взаимосвязей деталей;
- при моделировании сверху вниз (от концептуального дизайна к проработке конечного изделия) имеется возможность зеркального отражения и размножения массивами базовых тел и рабочих элементов (плоскости, оси и точки) – с тем, чтобы в дальнейшем использовать их при создании реальной модели изделия;
- обладает инструментом адаптивных сборок. При работе с крупными сборками применяется адаптивная технология подкачки данных; всё это происходит автоматически, без указания деталей в сборке для их обновления после редактирования.

Пакет инженерного моделирования Inventor имеет удобный пользовательский интерфейс, позволяющий работать на интуитивном уровне, используя имеющиеся на экране графические пиктограммы и подсказки, выводимые программой. Стандарты интерфейса, используемые в Inventor, аналогичны стандартам Microsoft Windows. Inventor позволяет работать и с плоскими, и с пространственными моделями.

Переход от плоской модели к трёхмерной возможен на любой стадии разработки. Также в любой момент возможен возврат к плоской модели, её редактирование и сохранение. При этом происходит автоматическая перестройка трёхмерной модели. Inventor обеспечивает создание сложных форм с помощью понятной и удобной инструментальной палитры, а также лёгкость сборки деталей.

#### 4.6. Анализ САПР CATIA

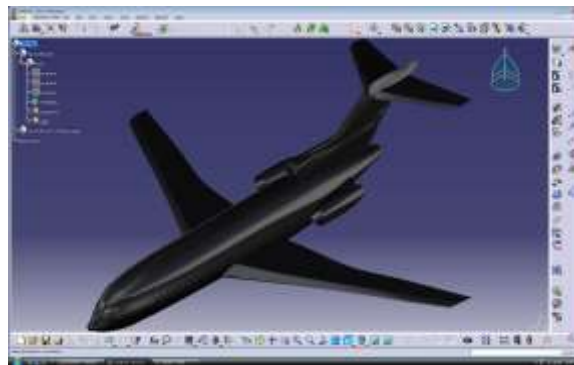


Рисунок 6 – Интерфейс САПР

Система САТІА (Computer Aided Three-dimensional Interactive Application) - одна из самых распространенных САПР высокого уровня. Это комплексная система автоматизированного проектирования (САД), технологической подготовки производства (САМ) и инженерного анализа (САЕ), включающая в себя передовой инструментарий трёхмерного моделирования, подсистемы программной имитации сложных технологических процессов, развитые средства анализа и единую базу данных текстовой и графической информации. Система позволяет эффективно решать все задачи технической подготовки производства - от внешнего (концептуального) проектирования до выпуска чертежей, спецификаций, монтажных схем и управляющих программ для станков с ЧПУ.

Основные возможности системы САТІА:

- функции работы с поверхностями;
- возможность трассировки внутренней проводки, трассировки систем;
- совместное проектирование (если участвует более 1 разработчика);
- продуманная система отображения структуры сборки;
- подготовку к стадии быстрого прототипирования, поддерживается конвертация в STL;
- имеется система проектирования деталей, гнутых из листового металла
- возможность кинематического анализа механизмов;

- имеется возможность эргономического анализа, как позы, так и движения, контроль поля зрения, зон досягаемости, усилий управления;
- продуманный и достаточно удобный интерфейс.

#### 4.7. Анализ САПР SolidWorks



Рисунок 7 – Интерфейс SolidWorks

SolidWorks – система автоматизированного проектирования, инженерного анализа и подготовки производства изделий любой сложности и назначения. Она представляет собой инструментальную среду, предназначенную для автоматизации проектирования сложных изделий в машиностроении и в других областях промышленности.

SolidWorks является системой гибридного (твердотельного и поверхностного) параметрического моделирования, она предназначена для проектирования деталей и сборок в трёхмерном пространстве (3-D проектирования), а также для оформления конструкторской документации.

Система относится к САПР "среднего класса". SolidWorks разработан для работы на персональных компьютерах в системе Microsoft Windows. Он имеет стандартный графический пользовательский интерфейс Windows, максимально использует все преимущества системы Microsoft Windows, такие как контекстные меню, режим copy-and-paste, режим drag-and-drop, быстрый просмотр, поиск и открытие файлов с помощью проводника, возможность "отката" и др. SolidWorks эффективно взаимодействует с Windows-приложениями, как Excel, Word и др. Очевидными достоинствами системы являются ее полная русификация и поддержка ЕСКД. В рассматриваемой системе поддерживаются все основные стандарты представления и обмена данными. В состав базового пакета SolidWorks входит более 20 трансляторов для экспорта и импорта.

#### 4.8. Итоги сравнения САПР-систем

Проанализировав функциональные возможности представленных систем автоматизированного проектирования можно сделать вывод, что все они поддерживают проектирование как в 2D, так и в 3D пространствах с небольшим расхождением по функционалу. Однако особо крупные комплексные решения поддерживают анимацию (AutoCAD), узкоспециализированное проектирование (ADEM), совместное проектирование (CATIA) и другие возможности. На основе полученных данных для создания САПР трубопроводов было решено использовать современные технологии разработки ObjectARX SDK и JavaScript API на платформе AutoCAD, которая предоставляет основные возможности работы с объектами в пространстве, а также их сохранение и загрузку.

#### 5. ObjectARX SDK и JavaScript API

Среда программирования ObjectARX используется для адаптации и расширения функциональных возможностей AutoCAD и продуктов на его основе. Она обеспечивает непосредственный доступ к структурам базы данных AutoCAD, графической системе и определениям встроенных команд. С помощью объектно-ориентированных интерфейсов программирования на языке C++ разработчики могут создавать приложения для AutoCAD и других продуктов, входящих в это семейство – например, AutoCAD Architecture, AutoCAD Mechanical и AutoCAD Civil3D [7].

ARX-приложения могут напрямую обращаться к базе данных рисунка и геометрическому ядру, позволяет создавать собственные команды, аналогичные стандартным командам AutoCAD. Впервые пакет ObjectARX был реализован для AutoCAD R13.

Что касается JavaScript API – данный программный интерфейс был добавлен в AutoCAD относительно недавно (AutoCAD 2014), поэтому является интересной темой для рассмотрения. Данный интерфейс был добавлен целенаправленно для того, что позволить пользователям [8]:

- 1) Управлять пользовательским интерфейсом, такой как запрос пользовательского ввода и показ



- временной;
- 2) Управлять текущим видом: зумирование, панорамирование, переключение визуальных стилей, и т.д.
  - 3) Выполнять реализацию диалогов пользовательского интерфейса с помощью HTML5, которые подключаются к AutoCAD с помощью JavaScript.

Таким образом, JavaScript является «связующим интернет-языком», который позволяет ориентироваться на web-технологии.

Помимо этого, JavaScript API поддерживает работу с довольно крупными графическими библиотеками, написанными на JS (например, Three.js), а значит, уменьшает порог вхождения в разработку различных подсистем в AutoCAD для web-разработчиков.

Кроме того, JavaScript API и ObjectARX SDK могут обмениваться информацией и управлять друг другом, что позволяет при помощи скрипт-языка получать доступ к базе данных рисунков и структурам БД.

Из недостатков можно отметить, что JavaScript API может иметь небольшие отклонения в работе некоторых не основных функций поскольку является достаточно «молодой» технологией. ObjectARX SDK в свою очередь проверен годами, однако программирование на языке C++ подразумевает наличие уверенных знаний у разработчика как самого языка программирования, так и алгоритмизации при работе с 2D и 3D пространствами [9].

## **6. Преимущества и недостатки использования данного подхода в разработке САПР трубопроводов**

При разработке САПР трубопроводов планируется использовать JavaScript API для разработки гибкого удобного интерфейса, т.к. палитры AutoCAD при помощи этого нововведения поддерживают HTML5 разметку со стилями [10], которая является очень удобным инструментом для проектирования и реализации пользовательского интерфейса и последующей связи его с командами AutoCAD через ObjectARX. Данный подход обеспечит высокую скорость работы алгоритмов с объектами сцены, т.к. язык C++ и JavaScript оптимизированы достаточно хорошо, а также позволит системе быть переносимой, расширяемой и совместимой с другими решениями на этой платформе.

### **Вывод**

В данной статье были описаны основные принципы, состав и структура систем автоматизированного проектирования, а также проанализированы существующие программные продукты и определена стратегия разработки оптимального комплекса методов построения CAD-системы САПР трубопроводов. По предварительным оценкам возможностей технологий ObjectARX SDK, JavaScript API, их преимуществ и недостатков, а также самого ядра платформы AutoCAD, расширением к которому будет являться данная система, можно сказать, что данная разработка будет востребованной, актуальной и современной.

### **Литература**

1. Программы T-FLEX — комплексная автоматизация в современных условиях [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.tflex.ru/about/publications/detail/index.php?ID=1187>.
2. Понятие САПР [Электронный ресурс] - Режим доступа: [http://life-prog.ru/1\\_10018\\_ponyatie-sapr.html](http://life-prog.ru/1_10018_ponyatie-sapr.html)
3. Промышленные САПР [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/preview/987763/>.
4. Анализ CAD/CAM/CAE систем [Электронный ресурс] - Режим доступа: [http://icvt.tu-bryansk.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=46:-cadcamcae-&catid=11:-5-&Itemid=31](http://icvt.tu-bryansk.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=46:-cadcamcae-&catid=11:-5-&Itemid=31)
5. ADEM – система автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства [Электронный ресурс]: <http://pro-spo.ru/-cad-cam-windows/789-adem>.
6. AutoCAD [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/AutoCAD>.
7. Разработка приложений для AutoCAD [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.autodesk.ru/adsk/servlet/index%3Fid%3D22740301%26siteID%3D871736>.
8. Getting Started with JavaScript API on AutoCAD 2014 [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://adndevblog.typepad.com/autocad/2013/04/getting-started-with-javascript-api-on-autocad-2014.html>
9. AutoCAD 2014 для разработчиков [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://adn-cis.org/autocad-2014-dlya-razrabotchikov.html>.
10. Connect AutoCAD to the Web with HTML5 and JavaScript [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://au.autodesk.com/au-online/classes-on-demand/class-catalog/2014/autocad/sd5009>.

**Зимонин И.О., Григорьев А.В. Исследование методов разработки графических редакторов в САД-системах на примере САПР трубопроводов. Основы и принципы создания. Состав и структура. Анализ существующих САПР систем. Описание ObjectARX SDK и JavaScript API. Преимущества и недостатки использования данного подхода в разработке САПР трубопроводов.**

**Ключевые слова:** статья, САПР, ObjectARX, JavaScript, графика, трубопроводы.

**Zimonin I.O., Grigoriev A.V. Researching methods for developing graphical editors in the example of Pipeline's CAD-systems. Fundamentals and principles of development. The composition and structure. Analysis of existing CAD systems. ObjectARX SDK and JavaScript API description. Advantages and disadvantages of using this approach in the development of CAD pipelines.**

**Keywords:** article, CAD, ObjectARX, JavaScript, graphics, pipelines.