

**Список цитированных источников**

1. Zhaba, V. I. Analytical Forms of the Wave Function in Coordinate Space and Tensor Polarization of the Deuteron for Potentials Nijmegen Group / V. I. Zhaba // Journal of Physical Studies – 2016. – Vol. 20, № 3. – P. 3101(10 p.).
2. Ситенко, А.Г. Лекции по теории ядра / А.Г. Ситенко, В.К. Тартаковский. – М.: Атомиздат, 1972. – 351 с.

УДК 004.4:658.512

**АВТОМАТИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ОПЕРАЦИЙ ИНЖЕНЕРНЫХ САЕ-СИСТЕМ****Петров А. В.***Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
г. Минск, Беларусь**Научный руководитель: Фролов И. И., канд. техн. наук, доцент*

В докладе рассмотрены проблемы автоматизации процессов в инженерных системах для решения задач моделирования и конструирования. Проанализированы ключевые требования, структура и особенности работы. Исследована и определена практическая необходимость упрощения визуального восприятия отдельных этапов при создании и запуске сценариев. На основе проведенного исследования авторами представлены алгоритмы использования скриптов в разрабатываемой системе, дается детальное описание их работы и полученные характеристики.

**Введение**

С развитием технического прогресса упростился процесс создания инженерных изделий и проектов. Повысилось качество продукта, количество создаваемых и выпускаемых изделий. Современные многофункциональные инженерные системы предоставляют пользователям достаточно многообразные инструменты. Однако гибкость в реализованных продуктах может требовать управления множеством настроек и параметров, требующих в свою очередь дополнительной автоматизации.

**Особенности работы САЕ-системы**

Современные системы инженерного анализа (или системы автоматизации инженерных расчетов) (САЕ – Computer-aided engineering) применяются совместно с САД-системами (САД – Computer-aided design), зачастую интегрируются в них, в этом случае получают гибридные САД/САЕ-системы [1]. САЕ-системы – это разнообразные программные продукты, позволяющие при помощи методов моделирования, численных методов, методов анализа данных (метод конечных элементов, метод конечных разностей, метод конечных объемов) оценить, как поведёт себя компьютерная модель проектируемого изделия в реальных условиях эксплуатации; помогают убедиться в работоспособности изделия, без привлечения больших затрат времени и средств [2].

При использовании САЕ-систем инженерам приходится выполнять много монотонных и однообразных действий для выполнения даже простых, на первый взгляд, операций. Конечные пользователи предпочитают сокращать время разработки, концентрируясь на вопросах более высокого уровня, при этом используя предоставляемые макросы

и скрипты, объединяющие низкоуровневые операции для выполнения стандартных процедур проектирования.

Определенные программные пакеты не поддерживают запись макросов и работу с ними «из коробки». Такой подход характерен для коммерческих систем, не допускающих изменения исходного кода и не предоставляющих инструментов для создания «плагинов» поверх исходного программного обеспечения.

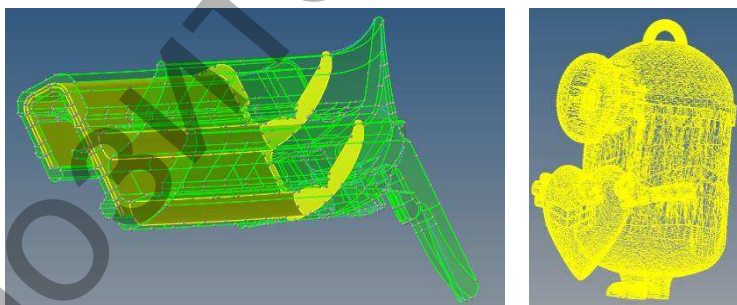
В мире проектирования и моделирования инженерных систем достаточно широкое распространение получил продукт HyperWorks. Система обладает богатыми возможностями для построения моделей и проектирования, однако в то же время не позволяет выполнять объединение элементарных операций, что определяет актуальность разработки дополнительного интеграционного слоя, решающего данную задачу.

В данной работе представлено описание разрабатываемого программного обеспечения, интегрированного с системой HyperWorks. В обсуждаемом программном обеспечении использованы скриптовые языки для решения задач объединения множества команд с последующей разработкой интеграционного слоя и UI для конечного пользователя – инженера-конструктора.

Достаточно сложным в работе САЕ-систем, так же как и других программируемых системах, является необходимость описывать в деталях фактически каждое минимальное действие.

Конечно, такой уровень детализации увеличивает гибкость и расширяет функциональность, но с другой – увеличивает время разработки, не позволяя сконцентрироваться на высокоуровневых задачах.

Одной из типовых задач является выбор смежных поверхностей для нанесения на последующих шагах проектирования Mesh-объекта (сетки), примеры сложных объектов приведены на рисунке 1:



**Рисунок 1 – Образцы сложных проектируемых объектов**

Данная операция не является тривиальной с точки зрения ее воспроизведения и описания в САЕ-системе и занимает, в зависимости от конкретного программного пакета, опыта и квалификации инженера, по разным оценкам, от 40 до 70 минут.

Автоматизированный скрипт, содержащий набор «элементарных» действий, составляющих совокупность шагов алгоритма выбора смежных поверхностей и построенных на использовании базовых циклических конструкций и условных операций, сокращают вышеуказанный временной интервал до 5-8 минут. Такой выигрыш во времени не только позволяет сократить объем рутинных операций и ускорить процесс проектирования, но и позволяет перенести основное внимание на более высокий уровень восприятия проекта в целом.

После завершения работы алгоритма поиска всех смежных плоскостей [3] в разрабатываемом проекте система может в таком же автоматизированном режиме с использованием заранее запрограммированного скрипта выполнить автоматическое нанесение сетки по заранее заданным критериям проектировщика. Более того, данные параметры могут быть также внесены в файлы с кодом скрипта и использоваться по умолчанию при нанесении сетки, либо же можно задать их явно.

Следующий скрипт выполняет последовательный проход по всей сетке в поисках «плохих» элементов, которые определяются по результатам сравнения со скриптом эталона.

В случае, если элемент не удовлетворяет заданным параметрам и имеет отклонение от нормы более определенной допустимой погрешности, то такой элемент заносится в специальный «set bad elements» с последующей обработкой.

Сам процесс проектирования адаптирован для удобной работы с использованием пользовательского интерфейса и операции инкапсулированы и связаны либо напрямую с пунктами меню, либо пользователю предоставляется возможность загрузить и использовать в системе самостоятельно написанный макрос, обобщающий требуемые операции.

### Использование макросов

Использование языков программирования C#, Python, встроенного и поддерживаемого в HyperWorks TCL/TK 8.5 позволяет снизить порог вхождения в разработку скриптов и увеличивает возможность использования системой макросов пользователями с разным набором знаний.

Алгоритм работы системы автоматизации заключается во взаимодействии пользователя посредством графического интерфейса с ядром комплекса, но с обновленными и оптимизированными файлами (имеют расширение .tcl), содержащими уже расширенный функционал. После запроса в базу с файлами и её отклика, пользователь получает результат. Схема работы продемонстрирована на рисунке.

### Заключение

Перспективой развития автоматизации САПР является тесная интеграция с программами смежных направлений. Основной целью создания данной системы является упрощение восприятия пользователем графического интерфейса, разгрузке от дополнительных и неиспользуемых команд, быстрой настройке нужных команд, упрощении алгоритмов и улучшением их быстродействия, настройке команд под конкретную задачу (разбиение по блокам).

### Список цитированных источников

1. Латышев, П. Н. Каталог САПР. Программы и производители: Каталогное издание / П. Н. Латышев. – Москва: ИД СОЛОН-ПРЕСС. – 2011. – С. 700–736.
2. Малюх, В. Н. Введение в современные САПР: Курс лекций / В. Н. Малюх. – Москва: ДМК Пресс. – 2010. – С. 180–188.
3. Madsen, A. D. Engineering Drawing & Design / David A. Madsen. – Clifton Park, NY: Delmar. – 2012. – P. 5–20.

