

УДК 004.94

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ СРЕДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ AUTODESK INVENTOR И ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON

Кретинин О.В., Сизов А.Ю., Туманов А.А., Федосова Л.О.

*ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»,
Нижегород, e-mail: lexa240391@mail.ru*

В процессе конструкторского проектирования принято выделять проектные процедуры. Процедуры по типу решаемых задач подразделяются на процедуры синтеза и процедуры анализа. Наиболее сложными в решении являются именно задачи синтеза оптимальных решений. Системы автоматизации конструкторского проектирования предлагают широкие возможности для решения задач анализа. Для решения синтетических задач проектировщикам приходится использовать иные инструменты проектирования. В данной статье предложен вариант создания системы автоматической оптимизации структурно-параметрических моделей по технико-экономическим параметрам при конструкторском проектировании в среде Autodesk Inventor на основе интеграции среды с программными приложениями на VBA и Python. Программное приложение использует возможности интерфейса прикладного программирования (API) среды Inventor и способы интеграции на основе применения скриптов на языке Python.

Ключевые слова: среда Autodesk Inventor, проектирование, система автоматизированной оптимизации, программирование Python, оптимизация, API Inventor

AUTOMATED OPTIMIZATION SYSTEM OF STRUCTURAL-PARAMETRIC MODELS BASED ON THE INTEGRATION OF THE DESIGN ENVIRONMENT AUTODESK INVENTOR AND THE PROGRAMMING LANGUAGE PYTHON

Kretinin O.V., Sizov A.Y., Tumanov A.A., Fedosova L.O.

*Nizhny Novgorod State Technical University named by R.E. Alexeev, Nizhny Novgorod,
e-mail: lexa240391@mail.ru*

In the process of construction engineering is accepted to allocate project procedures. Procedures are divided for the type of tasks into the synthesis procedures and analysis procedures. The most difficult for decision are precisely problems of the synthesis of optimal solutions. Automation systems of design engineering offer ample opportunities to solve problems of analysis. To solve the problems of synthetic designers have to use any other design tools. In this paper there is offered the option of creating a system of automatic optimization of structural-parametric models according to technical and economic parameters during the design engineering environment Autodesk Inventor based on the integration of environment with software applications on VBA and Python. The software application leverages the application programming interface (API) of Inventor and ways of the integration through the use of scripts in Python.

Keywords: the Autodesk Inventor environment, the system of automatic optimization, design, programming on Python, optimization, API Inventor

Процесс проектирования в машиностроении является сложным и многоуровневым, по этой причине он носит итерационный характер. В проектировании принято выделять стадии, этапы и процедуры. Разделение процесса проектирования на стадии и этапы носит структурный характер и закреплено в [2].

Разделение процесса проектирования на процедуры отражает принцип решаемых задач и является наиболее частным и конкретизированным – каждая процедура занимается решением определенной задачи. Проектная процедура является частью процесса проектирования, заканчивается получением конкретного проектного решения. Примерами проектных процедур служат синтез функциональной схемы устройства,

оптимизация параметров функционального узла, трассировка соединений на печатной плате и т.п.

Принято подразделять процедуры проектирования на два основных типа: процедуры анализа и процедуры синтеза. Процедуры синтеза заключаются в создании описаний проектируемых объектов. В таких описаниях отображаются структура и параметры объекта и соответственно существуют процедуры структурного и параметрического синтеза. Под структурой объекта понимают состав его элементов и способы связи элементов друг с другом. Параметр объекта – величина, характеризующая некоторое свойство объекта или режим его функционирования. Примерами процедур структурного синтеза служат

синтез структурной схемы с корректирующими устройствами или синтез алгоритма (его структура определяется составом и последовательностью операторов). Процедура параметрического синтеза заключается в расчете значений параметров элементов при заданной структуре объекта, например коэффициентов корректирующих устройств.

Процедуры анализа заключаются в исследовании проектируемого объекта или его описания, направленном на получение полезной информации о свойствах объекта. Цель анализа — проверка работоспособности объекта [4].

Задачи синтеза являются более сложными и трудоемкими по сравнению с аналитическими, поскольку требуют от проектировщика не только применения особых знаний, но и определенного творчества. Целесообразно и оправдано применение для их решения средств автоматизации и вычислительной техники. Современные системы автоматизации проектных работ (САПР) представляют собой мощные сложные среды с большим набором инструментов и средств конструкторского и технологического проектирования. Однако, как показывает практика, в машиностроении задачи синтеза наиболее успешно решаются именно на этапе технологического проектирования, тогда как для конструкторского проектирования большей частью решены задачи анализа и верификации. Актуальной задачей является изучение возможностей САПР с целью расширения функционала для решения проектных задач синтеза и оптимизации структурно-параметрических моделей на основе заданных условий и диапазонов технико-экономических параметров, таких как размер, масса, материал, выдерживаемые нагрузки, коэффициент запаса прочности, стоимость материала и производства изделия.

На данный момент существуют решения для автоматизированной оптимизации определенных параметров, но представленные решения предоставляют лишь ограниченный набор параметров для выбора и подразумевают вовлеченность человека между итерациями. Создание системы автоматизированной оптимизации позволит:

- сократить затраты времени на оптимизацию модели;
- значительно сократить затраты времени при повторном использовании модели с измененными параметрами (например при необходимости создать схожую модель, использующую другие материалы и имеющую меньшие размеры, необходимо лишь задать другие условия оптимизации);

- избежать ошибок, вызванных человеческим фактором при оптимизации модели;
- упростить пользовательский интерфейс (от пользователя требуется лишь задание диапазонов параметров и их приоритетов) [3].

В НГТУ им. Р.Е. Алексеева разработана система автоматизированной оптимизации на базе интеграции средств среды проектирования Autodesk Inventor и скриптового языка Python.

Эта система построена на использовании интерфейса прикладного программирования среды проектирования Autodesk Inventor. API (англ. application programming interface) – набор готовых классов, процедур, функций, структур и констант, предоставляемых приложением (библиотекой, сервисом), для использования во внешних программных продуктах [1].

Inventor использует такой тип API, где объекты представлены через объектную модель, или иерархию. Объектная модель представляет объекты в структурированном, организованном виде, а также определяет отношения между объектами (рис. 1). Чтобы получить доступ к специфичному объекту, нужно сначала получить доступ к верхнему объекту-родителю в иерархии и только потом двигаться вглубь [5].

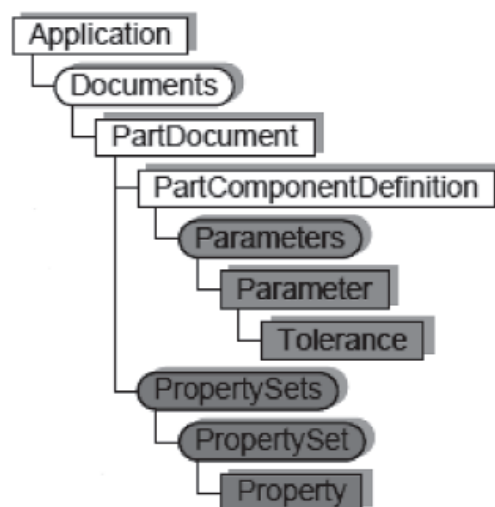


Рис. 1. Структура объектной модели API Inventor

В данной статье рассмотрена система автоматизированной оптимизации детали типа швеллер по массогабаритным характеристикам в зависимости от максимальных нагрузочных характеристик. Система должна предоставлять обоснование оптимизации по технико-экономическим показателям на основе следующего комплекса параметров:

- максимально допустимые нагрузки и напряжения в модели;

- минимально допустимая масса;
- минимальный расход материала на модель.

Для разработки прототипа системы автоматизированной оптимизации применен встроенный в Inventor язык программирования VBA для обращения к API и правила iLogic – небольшие программы на специальном языке Inventor. Предполагалось, что система будет использовать модуль «Анализ напряжений» среды Inventor, но в ходе работ выяснилось отсутствие API для модуля «Анализ напряжений» среды Autodesk Inventor. Данная проблема была решена с использованием «автоматического клика», реализованного на скриптовом языке программирования Python. Скрипт запускает создание отчета анализа напряжений в автоматическом режиме и далее получает необходимые значения для оптимизации из этого отчета. Далее другой скрипт выбирает наиболее экономичное решение и передает его обратно в основную программу VBA (рис. 2). Основная часть созданного прототипа САО реализована в коде VBA с использованием iLogic для вызова этого кода.

В качестве цели оптимизации используются параметризованные свойства модели, хотя в случае с Autodesk Inventor изменения структурных элементов могут быть выражены в качестве параметров модели с по-

мощью функций подавления структурных элементов iLogic.

Данная разработка была проверена на параметрической модели швеллера (рис. 3). Для реализации системы оптимизации швеллера было разработано программное обеспечение в среде VBA, интерфейс которого представлен на рис. 4. Пользователю необходимо добавить требуемые параметры и назначить диапазон их изменения, выбрать контролируемые параметры и задать их значения, указать точность, а затем нажать кнопку «Оптимизировать» (рис. 4) [3].

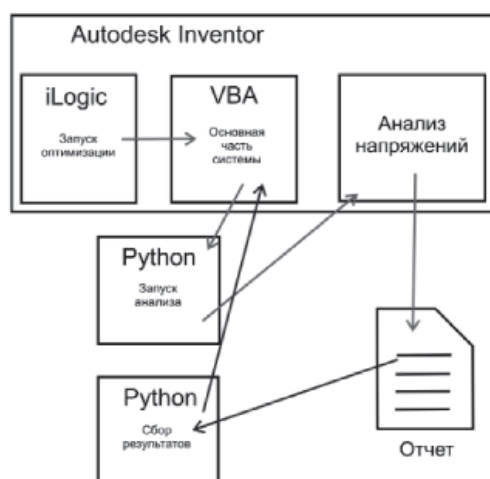


Рис. 2. Структура вызовов программы

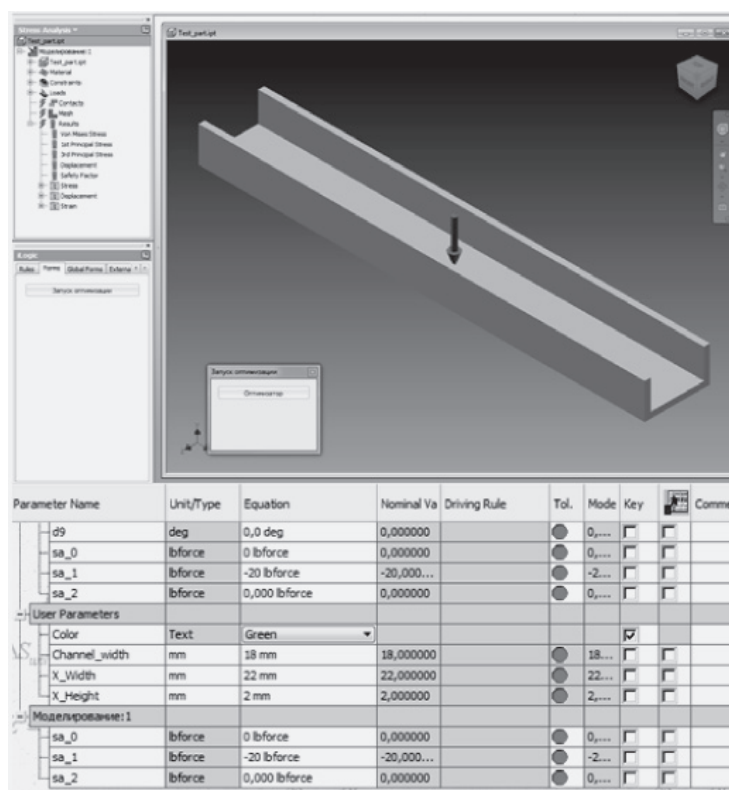


Рис. 3. Параметрическая модель швеллера

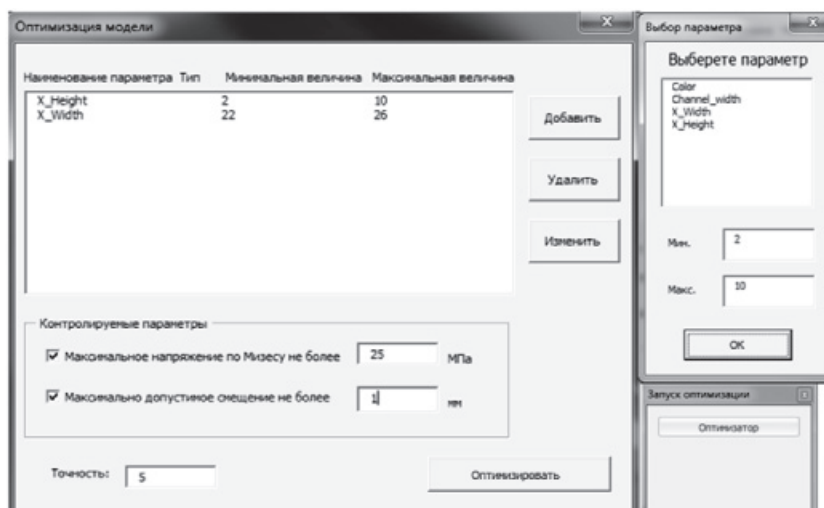


Рис. 4. Интерфейс программного обеспечения САО

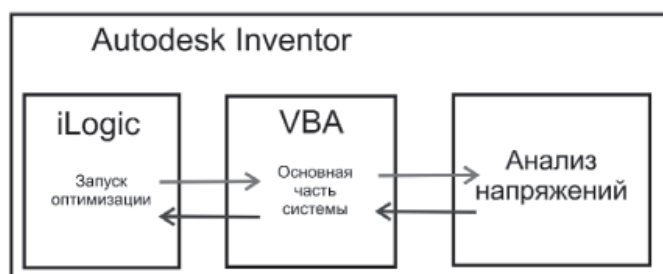


Рис. 5. Структура программной реализации прототипа системы

Разработанная САО позволяет производить оптимизацию моделей деталей на основе данных расчетов, предоставляемых функцией «Анализ напряжений» виртуальной средой Autodesk Inventor, с возможностью выбора основных требований к данным расчетам, с неограниченным количеством задаваемых параметров и выбором результата по минимальной массе модели с заданными параметрами (что в дальнейшем может быть расширено как стоимость материала, используемого в модели). Если среди перебираемых решений было обнаружено несколько удовлетворяющих условиям, то из них будет выбрано решение, требующее наименьшего количества используемого материала в модели (минимальная стоимость). Структура прототипа системы представлена на рис. 5.

Список литературы

1. Бuzдин К.В. Исполнение моделей при помощи виртуальной машины // Труды Института системного программирования РАН. – 2004. – Вып. № 1. – т. 8.
2. ГОСТ 2.103-68 Единая система конструкторской документации. Стадии проектирования.
3. Кретинин О.В. Система автоматизированной оптимизации структурно-параметрических моделей по технико-экономическим критериям в виртуальной среде / О.В. Кретинин, А.Ю. Сизов, А.А. Туманов, Л.О. Федосова // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева / НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2014. – № 5(107), специальный выпуск. – С. 271–275.

4. Нorenков И.П. Основы автоматизированного проектирования: учебник для вузов / И.П. Нorenков. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2009.

5. Brian Ekins. Inventor® API: Exploring iProperties and Parameters. Synopsis DE101-1 from Autodesk University 2008.

References

1. Buzdin K.V. Ispolnenie modelej pri pomoshhi virtualnoj mashiny // Trudy Instituta sistemnogo programmirovaniya RAN. 2004. Vyp. no. 1. t. 8.
2. GOST 2.103-68 Edinaja sistema konstruktorskoj dokumentacii. Stadii proektirovaniya.
3. Kretinin O.V. Sistema avtomatizirovannoj optimizacii strukturno-parametricheskix modelej po tehniko-jekonomicheskim kriterijam v virtualnoj srede / O.V. Kretinin, A.Ju. Sizov, A.A. Tumanov, L.O. Fedosova // Trudy Nizhegorodskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta im. R.E. Alekseeva / NGTU im. R.E. Alekseeva. Nizhnij Novgorod, 2014. no. 5(107), specialnyj vypusk. S. 271–275.
4. Norenkov I.P. Osnovy avtomatizirovannogo proektirovaniya: uchebnik dlja vuzov / I.P. Norenkov. 4-e izd., pererab. i dop. M.: Izd-vo MGTU im. Bauman, 2009.
5. Brian Ekins. Inventor® API: Exploring iProperties and Parameters. Synopsis DE101-1 from Autodesk University 2008.

Рецензенты:

Панов А.Ю., д.т.н., профессор кафедры «Теоретическая и прикладная механика», ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород;
Иванов А.А., д.т.н., профессор кафедры «Автоматизация машиностроения», ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород.