

УДК 004.925.84

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ЭЛЕМЕНТОВ МЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ В СРЕДЕ SOLIDWORKS НА БАЗЕ API

М. В. Чугунов, А. В. Щёкин

В статье рассматривается подход к автоматизированному проектированию элементов механических передач, основанный на параметрическом 3D-моделировании деталей машин с учетом их жесткостных и прочностных характеристик. В качестве средства 3D-моделирования используется CAD-система SolidWorks. При этом создание 3D-модели реализуется автоматически в соответствии с набором заданных параметров. Для анализа прочности и жесткости элементов механических передач, представленных расчетной схемой бруса, используются стержневые конечноэлементные модели, максимально адаптированные к расчетным схемам данного типа (одномерным и односвязным). В тех случаях, когда деталь не может быть представлена стержневой моделью, применяются стандартные инженерные методики расчета в виде эмпирических зависимостей.

Основной целью работы является разработка программного обеспечения, дополняющего штатный функционал SolidWorks эффективными и экономичными инструментами анализа напряженно-деформированного состояния конструкций рассматриваемого класса. Для этого используется программный интерфейс приложения API (Application Program Interface) SolidWorks.

Ключевые слова: системы автоматизированного проектирования, механические передачи, 3D-моделирование, API-программирование, COM, SolidWorks, объектно-ориентированное проектирование, CAD/CAM/CAE.

3D-MODELLING AND ANALYSIS FOR MECHANICAL TRANSMISSION ELEMENTS IN SOLIDWORKS SOFTWARE BASED ON API

M .V. Chugunov, A. V. Shchyokin

An approach to creation of software, based on API SolidWorks so, that it extends the basic SolidWorks functionality, concerning 3D-modelling for mechanical transmissions elements. 3D-model has been created automatically, according to user defined parameters. API (Application Program Interface) is the general tool for this problem solving.

Results: It is shown, that considered approach is effective for SolidWorks users for following reasons: fully automated style for this model creation, not very expensive analysis for the stress-deformed behavior, based on 1D FEM-model.

Keywords: computer aided design, mechanical transmissions, 3D-modelling, API-programming, COM-technology, SolidWorks, object-oriented design, CAD/CAM/CAE.

© Чугунов М. В., Щёкин А. В., 2014

SolidWorks – CAD/CAM/CAE-система автоматизированного проектирования, инженерного анализа и подготовки производства. Специализированный модуль SolidWorks Simulation (в более ранних версиях – CosmosWorks) позволяет осуществлять анализ прочности, жесткости, устойчивости и выносливости изделий широкого спектра сложности и назначения.

Математическим обеспечением SolidWorks Simulation является метод конечных элементов (МКЭ). К его достоинствам относят высокую точность решения и наглядность представления результатов, к недостаткам (в рассматриваемом контексте) – вычислительную трудоемкость или необходимость формирования специфической для этого метода расчетной схемы конструкции, отличающейся от общепринятой в инженерной практике. Кроме этого, в составе SolidWorks имеются специализированные библиотеки стандартных элементов ToolBox, используемых в контексте сборки, которые наряду с возможностью построения параметрических твердотельных моделей, как правило, обладают дополнительной функциональностью, присущей CAE-системам, т. е. на начальных этапах проектирования позволяют осуществлять анализ состояния конструкции на основе упрощенных инженерных методик (сопротивление материалов и др.). Такой подход позволяет получить решение в кратчайшие сроки, но не гарантирует высокой точности результатов.

На наш взгляд, актуальной является проблема разработки библиотек ToolBox на базе использования моделей МКЭ, адаптированных к особенностям конструкций рассматриваемого класса так, что реализация

метода не требует дополнительных действий от пользователя, кроме задания исходных данных общего характера, не имеющих отношения к МКЭ как методу решения. В нашей работе такой подход используется при создании параметрических моделей элементов механических передач с последующим анализом проектных решений с точки зрения прочности, жесткости и выносливости с использованием стержневых конечных элементов. Такой вариант МКЭ не предъявляет высокие требования к вычислительным ресурсам, но избавляет от трудностей, связанных со статической неопределимостью рассматриваемой системы и с особенностями наложения граничных условий. Кроме того, будучи встроенным внутрь библиотеки, МКЭ может быть скрыт от пользователя и не требовать обращения к специальному интерфейсу, а также формирования конечно-элементной модели и расчетной схемы.

Средством решения поставленной задачи является интерфейс прикладного программирования API (Application Programming Interface), входящий в состав базовой конфигурации SolidWorks. API содержит сотни вызываемых из программ пользователя функций, которые позволяют разрабатывать многофункциональные приложения на платформе SolidWorks [1].

На рис. 1–2 показаны элементы разработанного нами пользовательского интерфейса, применяемого на этапе формирования твердотельной модели конструкции. В нем задаются участки вала разного геометрического типа (цилиндрические, конические и др.), определяются посадочные места подшипников и, в зависимости от их типа, автоматически формируются граничные условия по перемещениям.

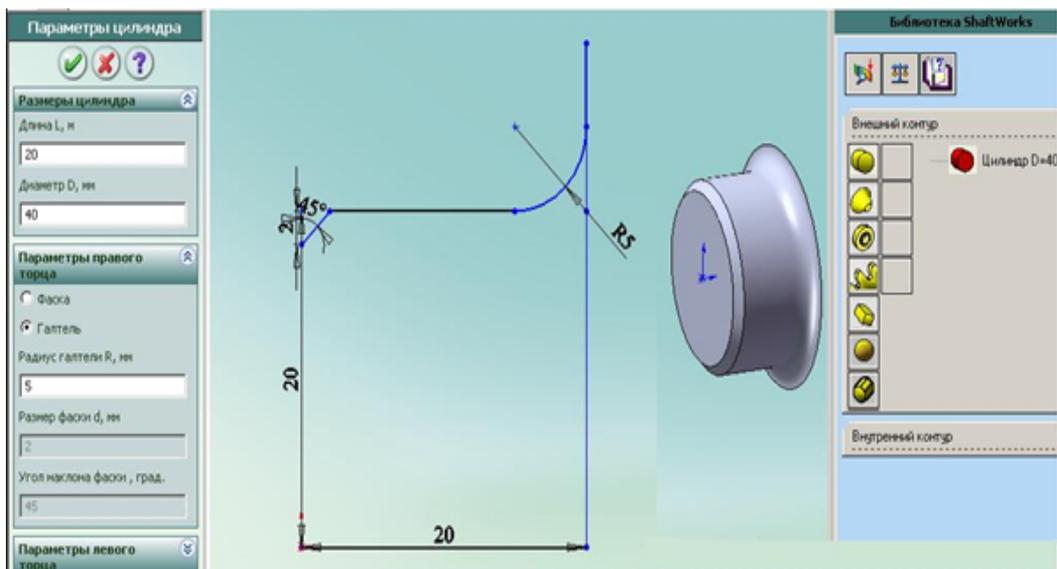


Рис. 1. Элемент пользовательского интерфейса на этапе создания цилиндрического участка вала

Особенностями пользовательского интерфейса является его встроенность в окна SolidWorks (Property

Manager Page и TaskPane), а также динамическое редактирование данных.

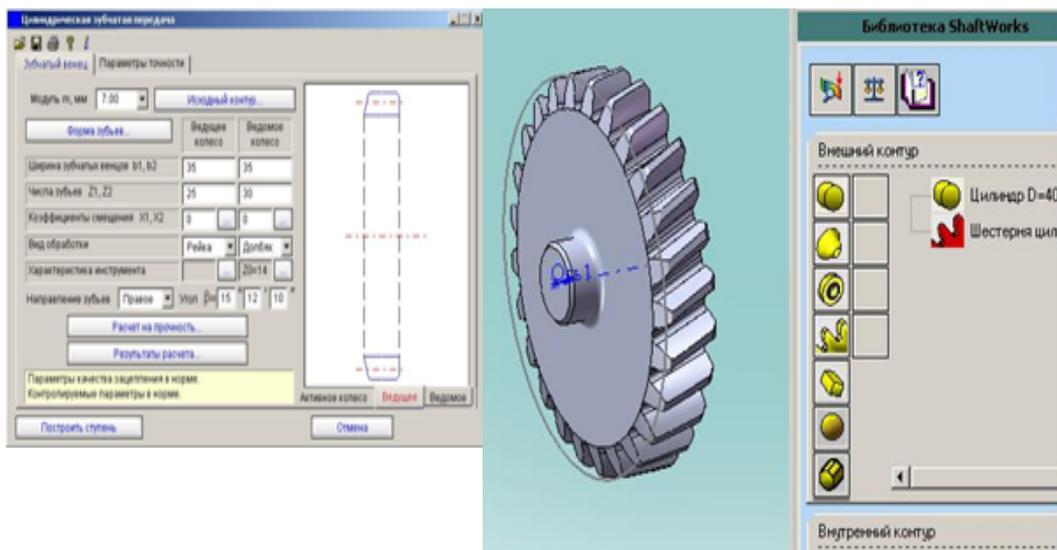


Рис. 2. Элемент пользовательского интерфейса на этапе создания зубчатого колеса

На рис. 3 представлен фрагмент панели для задания динамических и кинематических параметров передач. Внешние силовые воздействия на вал

определяются по этим параметрам автоматически, а набор исходных данных соответствует стандартным инженерным методикам.



Рис. 3. Фрагмент панели для задания динамических и кинематических параметров передачи

Рис. 4 иллюстрирует вариант вывода результатов напряженно-деформированного состояния вала в виде упругой линии, а также эпюр внутренних силовых факторов с указанием опасной точки, величины эквивалентного напряжения модели.

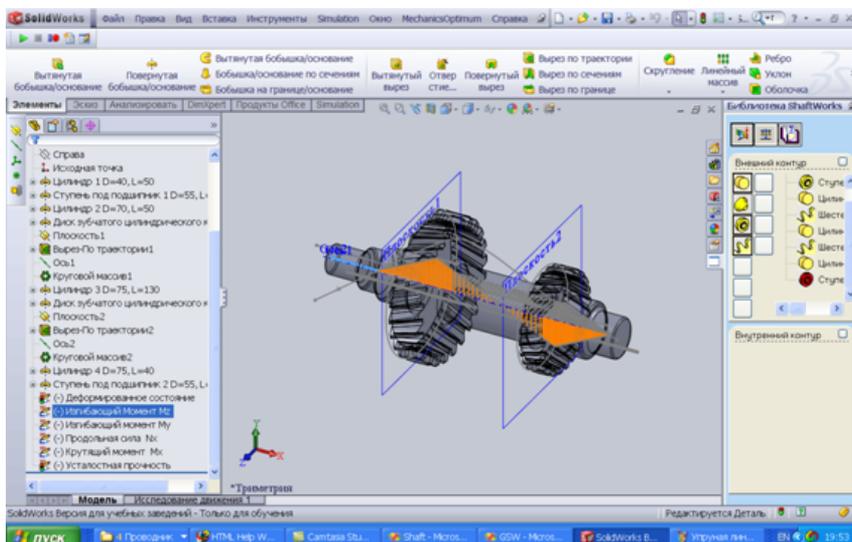


Рис. 4. Пример графического вывода результатов напряженно-деформированного состояния вала

Программно данный подход был реализован в виде пяти динамических библиотек: Mechanics (AddIn-модуль, организующий программный интерфейс с SolidWorks), ShaftWorks (для формирования модели вала), GearCylWorks (для формирования модели цилиндрического зубчатого колеса), GearConWorks (для фор-

мирования модели конического зубчатого колеса) и ShaftSimulation (для реализации МКЭ). Проекты создавались в среде Visual Studio C++, структуры решений для которых представлены на рис. 5. Проекты GearCylWorks, GearConWorks и ShaftWorks являются аналогичными, рисунок иллюстрирует решение GSW для GearCylWorks.

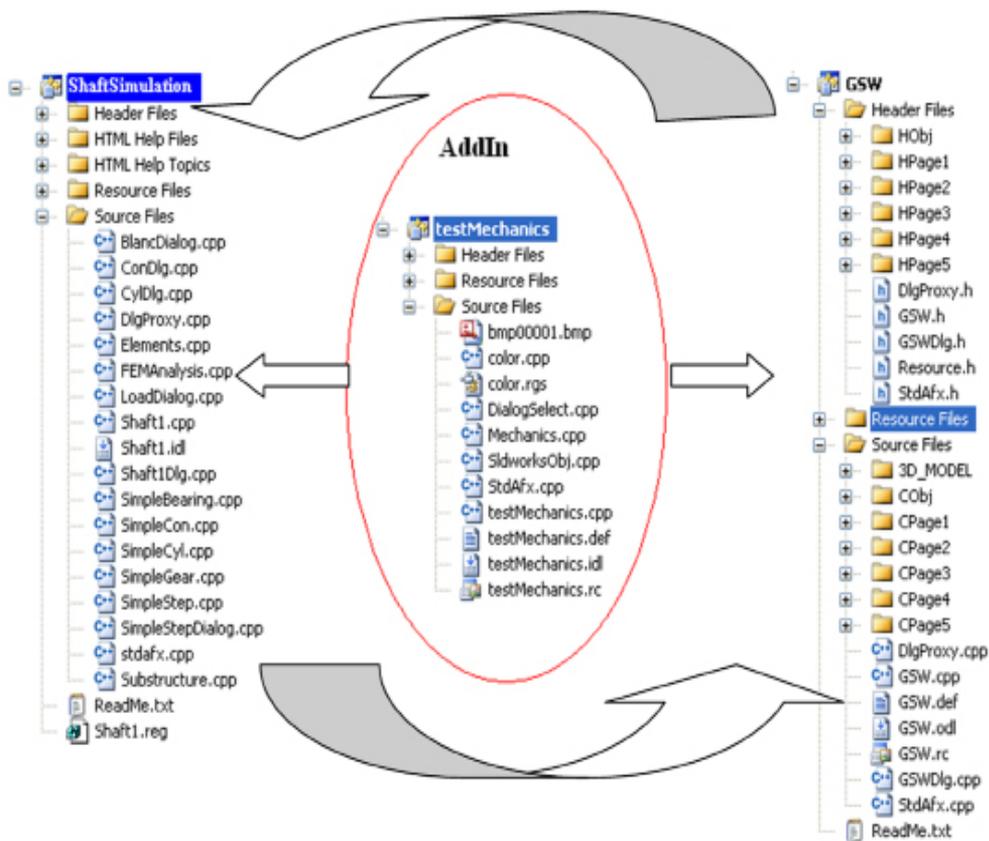


Рис. 5. Решения проектов

Функции основного класса МКЭ CFEMAnalysis для ShaftSimulation реализуют дискретизацию системы, ансамблирование, решение СЛАУ и обратный ход. Классы CSubstructure и CElement предназначены для создания матриц жесткости конечных элементов и под-

конструкций [2], а CLoadPage обеспечивает формирование панелей диалога и ввод исходных данных. Обмен данными между библиотеками и AddIn-модулем осуществляется посредством специально созданного массива структур DataSolve.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Аведьян, А. Б.** SolidWorks API – универсальная платформа для интеграции инженерных и бизнес-приложений / А. Б. Аведьян, Е. Е. Викентьев // САПР и графика. – 2011. – № 6. – С. 32–40.

2. **Максимовский, Д. Е.** Программная реализация МКЭ для стержневых конструкций на основе объектно-ориентированного подхода / Д. Е. Максимовский, М. В. Чугунов // Технологии Microsoft в теории и практике программирования : материалы Всероссийской научно-практической конференции; под ред. Р. Г. Стронгина. – Нижний Новгород, 2008. – С. 409–410.

Поступила 04.12.2013 г.

Об авторах:

Чугунов Михаил Владимирович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой общетехнических дисциплин Рузаевского института машиностроения (филиал) ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева» (г. Рузаевка, Россия), m.v.chugunoc@mail.ru

Щёкин Александр Васильевич, инженер кафедры МРСиК Рузаевского института машиностроения (филиал) ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева» (г. Рузаевка, Россия), Schekin@inbox.ru

Для цитирования: Чугунов, М. В. Моделирование и анализ элементов механических передач в среде SolidWorks на базе API / М. В. Чугунов, А. В. Щёкин // Вестник Мордовского университета. – 2014. – № 1. – С. 148–153.

REFERENCES

1. Avedian A. B., Vikentiev E. E. SolidWorks API – universal'naya platforma dlia integratsii inzhenernikh i biznes-prilozheniy [SolidWorks API – universal base for integration of engineering and business applications]. *SAPR I grafika – CAD and graphics*. 2011, no. 6, pp. 32 – 40.

2. Maksimovsky D. E. Programmnaya realizatsiya MKE dlia sterzhnevikh konstruksiy na baze obiektno-orientirovannogo podhoda [Program realization FEM for beam-frame structures, based on object-oriented approach]. *Tekhnologii Microsoft v teorii i praktike programirovaniya: materialy Vseros. Nauchno-prakt. Konf. Pod red. R. G. Strongina – Microsoft technologies in theory and practice of programming: Russian Federation academic conference proceedings edited by R.G.Stringin. Nizhny Novgorod, 2008, pp. 409 – 410.*

About the authors:

Chugunov Mikhail Vladimirovich, head of the Department of Technical Disciplines, Ruzaevka Machine Engineering Institute, OgarevMordovia State University (Ruzaevka, Russia), Kandidat Nauk (PhD) degree holder in Engineering sciences, mvchugunoc@mail.ru

Shchyokin Alexander Vasilyevich, engineer, Ruzaevka Machine Engineering Institute, Ogarev Mordovia State University (Ruzaevka, Russia), Kandidat Nauk (PhD) degree holder in Engineering sciences, Schekin@inbox.ru

For citation: Chugunov M. V., Shchyokin A. V. Modelirovanie i analiz jelementov mehanicheskikh peredach v srede SolidWorks na baze API [3D Modelling And Analysis For Mechanical Transmission Elements In SolidWorks Software Based On API]. *Vestnik Mordovskogo Universiteta – Mordovia University Bulletin*. 2014, no. 1, pp. 148 – 153.