

УДК 004.896

АВТОМАТИЗАЦИЯ СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ И ОБУЧЕНИЯ ПРОЕКТИРОВЩИКА ИЗДЕ- ЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ СРЕДСТВАМИ САПР КОМПАС

© Авторы, 2018

© ЗАО «Издательство «Радиотехника», 2018

С.И. Бригаднов

аспирант кафедры «Вычислительная техника», Ульяновский
государственный технический университет

E-mail: sergbrig@yandex.ru

С.И. Бочков

аспирант кафедры «Вычислительная техника», Ульяновский
государственный технический университет

E-mail: bochkovsam1@rambler.ru

Аннотация. Разработана комплексная система анализа проектных решений, выполненных в САПР КОМПАС-3D, и обучения проектировщика. Разработано математическое обеспечение комплексной системы анализа проектных решений и обучения проектировщика: метод структурно-параметрического анализа проектных решений, метода автоматизированной генерации правил для анализа проектных решений, ассоциативно-ориентированная модель компетенций проектировщика, алгоритм формирования траектории обучения автоматизированному проектированию. Разработана архитектура комплексной системы, описаны основные ее компоненты: блок анализа проектных решений, блок обучения проектировщика.

Annotation. A comprehensive system for analyzing design solutions made in CAD KOMPAS-3D and design training was developed. The mathematical software for a complex system for analyzing design decisions and training a designer has been developed: a method of structural and parametric analysis of design decisions, a method of automated rule generation for analyzing design decisions, an associative-oriented model of designer's calculations, an automated mu design. The architecture of the integrated system has been developed, its main components are described: a block for analyzing design solutions, a block for training a designer.

Расширенный реферат

Рассмотрены различные методы параметрического анализа и оптимизации проектных решений инженерных объектов. Современная система для анализа проектных решений широко используется в САПР, рассмотрены различные существующие профессиональные стандарты, связанные с компетенциями проектировщика и его проектной деятельностью. Проведен анализ адаптивных автоматизированных систем обучения. Разработан новый метод структурно-параметрического анализа проектных решений, выполненных в САПР, классификация правил анализа проектных решений; разработана обобщенная схема автоматизированной системы анализа проектных решений и обучения проектировщика, описаны основные компоненты системы. Разработано математическое обеспечение автоматизированной системы обучения: компетентностная модель, модель предметной области, алгоритм формирования персонализированной траектории обучения. Разработана компонентная архитектура системы анализа проектных решений и обучения проектировщика. Описана реализация программно-информационного обеспечения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Ульяновской области в рамках научного проекта № 16-47-732152. Исследования поддержаны грантом Министерства образования и науки Российской Федерации, проект № 2.1615.2017/4.6.

Various methods of parametric analysis and optimization of design solutions for engineering objects are considered. A review of modern systems for the analysis of design solutions and widely

used in the production of CAD. Various existing professional standards related to the competencies of the designer and his design activities are considered. An analysis of adaptive automated training systems has been carried out. A new method of structural-parametric analysis of design solutions made in CAD COMPAS has been developed; classification of design decision analysis rules; a generalized scheme of an automated system for analyzing design solutions and training a designer has been developed; the main components of the system are described. The mathematical software of the automated learning system has been developed: a competence model, a domain model, an algorithm for the formation of a personalized learning path. The component architecture of the system for analyzing design solutions and training the designer has been developed. The implementation of software and information support is described.

The reported study was funded by RFBR and Government of Ulyanovsk Region according to the research project No. 16-47-732152. The research is supported by a grant from the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, project No. 2.1615.2017/4.6.

Ключевые слова: САПР КОМПАС, анализ проектных решений, обучения проектировщика.

Key words: CAD KOMPAS, analysis of design solutions, training designer.

Введение

Процессу производства изделий машиностроения присущи следующие особенности: большая номенклатура производимых деталей, которая постоянно обновляется; длительный срок производства и работы продукции, начиная от проектирования и заканчивая обслуживанием уже готовой машины; наличие как серийного, так и уникального производства и т. д. Оптимизация данных процессов и объединение их в единый комплекс позволят контролировать все этапы произ-

водства, а также повысить производительность, улучшить качество проектирования и изготовления машиностроительных изделий, снизить себестоимость продукции, контролировать эффективность использования инвестиций и обеспечить высокую скорость выпуска новых продуктов.

Конкурентоспособность современных промышленных предприятий во многом определяется степенью внедрения и использования цифровых технологий в проектировании и производстве, в первую очередь использованием САПР, которые позволяют повысить качество проектных решений, сократить сроки проектирования и ресурсы.

В настоящее время повышение конкурентоспособности промышленного предприятия во многом зависит от времени и ресурсов, затраченных на проектирование и разработку конечного изделия при использовании систем автоматизированного проектирования. Поэтому важным условием для эффективного использования средств САПР является сохранение и возможность повторного использования проектных решений, что позволяет сократить время, затрачиваемое на документацию, преобразование данных и поиск информации об изделии. В то же время для решения большинства конструкторских задач требуются определенные знания, умения и навыки у проектировщика. В виду этого, разработка эффективных программных средств анализа проектных решений, обучения проектировщика автоматизированному проектированию является актуальной задачей.

В качестве основного программного средства проектирования выбран пакет САПР КОМПАС-3D, ставший стандартом для многих отечественных промышленных предприятий, особенно оборонно-промышленного комплекса, в котором заложены специальные средства для решения большинства основных задач проектировщика. Эффективность работы конструкторов и проектировщиков достигается за счет наличия в САПР КОМПАС-3D специализированных приложений и библиотек стандартных элементов, а также расчетных модулей и средств визуализации.

Разработанный авторами программный комплекс обеспечивает управление структурно-параметрическим анализом изделий, выполненных в среде САПР КОМПАС. Поиск проектных решений осуществляется на основе шаблонов и правил (шаблоны дерева проектных решений для конкретного класса изделий). Разрабатываемые методы и алгоритмы должны обеспечить приобретение необходимых компетенций проектировщику для успешной проектной деятельности в области автоматизированного проектирования, а также повышение эффективности обучения.

Анализ предметной области исследования

В системах автоматизированного проектирования представлены различные подсистемы анализа, например: прочностной анализ, включающий статический расчет, расчет устойчивости, расчет собственных частот и формы собственных колебаний, расчет стационарной теплопроводности и термоупругости; анализ

динамического поведения машин и механизмов и др.

На современных промышленных предприятиях используются передовые и широко применяемые САПР и системы инженерного анализа, а именно: NX,

С

А

Т

І

А

В Основными профессиональными стандартами и рабочими программами, связанными с компетенциями проектировщика и его проектной деятельностью, являются следующие:

- е 1. профессиональный стандарт «Конструктор в автомобилестроении»;
- о 2. профессиональный стандарт «Специалист по компьютерному конструированию (автоматизированному производству)»;
- А 3. рабочая программа по направлению подготовки «Технологические машины и оборудование»;
- и 4. рабочая программа по направлению подготовки «Системы автоматизированного проектирования технологических процессов»;
- т 5. сертификационные тесты от компании АСКОН по направлению «КОМПАС - 3D. Машиностроительное направление».

к В результате анализа данных стандартов и рабочих программ были выде-

І

п

v

е

лены основные компетенции проектировщика, использующего в процессах конструирования программное средство САПР КОМПАС [1].

Адаптивные методы позволяют повысить эффективность и качество обучения, а также сократить время процесса обучения за счет отслеживания траектории обучения обучаемого, изменяя последовательность предоставления теоретического учебного материала и практических заданий. В адаптивных автоматизированных обучающих системах (АОС) используются следующие механизмы адаптации: на основе правил, адаптивная аннотация и сортировка ссылок, экспертная система на основе инструкций и шаблонов, адаптивная гипермедиа, рекомендательные системы, авторский алгоритм.

При этом, адаптивные АОС не учитывают компетенции проектировщика, а также в них отсутствует оценка эффективности его проектной деятельности и качества обучения.

Разработка математического обеспечения автоматизированной системы анализа проектных решений и обучения проектировщика

Авторами предлагается новый метод структурно-параметрического анализа проектных решений, выполненных в САПР КОМПАС; классификация правил анализа проектных решений; разработана обобщенная схема автоматизированной системы анализа проектных решений и обучения проектировщика, описаны основные компоненты системы.

Сущность метода заключается в поиске неоптимально выполненных проектировщиком проектных операций на основе анализа дерева модели проектного решения и анализа операций объектов трехмерного моделирования, построенных в среде САПР КОМПАС-3D. Метод позволяет перестроить дерево модели проектного решения и классифицировать изделия машиностроительных объектов.

Под моделью в САПР КОМПАС-3D понимается совокупность геометрических объектов, таких как: эскизы, пространственные кривые и точки, поверхности и тела. В свою очередь, геометрические объекты состоят из следующих компонентов: вершина, грань, ребро.

При этом под трехмерной деталью будем понимать однородную непрерывную область пространства определенной формы, а под трехмерной сборкой – трехмерную модель, объединяющую модели деталей, подборок и стандартных элементов. Таким образом, под термином «проектное решение» будем понимать описание в заданной форме объекта проектирования или его части, необходимое и достаточное для определения дальнейшего направления проектирования.

В дереве модели проектного решения отображается деталь (сборка) в виде списка объектов в том порядке, в котором они были созданы. Сборка в дереве модели проектного решения отображается в режиме «История построения». Данный режим служит для представления последовательности проектных операций и применяется для редактирования операций, в которых результат предыдущих

действий проектировщика влияет на последующие. Каждый элемент дерева модели имеет определенные свойства и параметры: внешние параметры, покрытие, материал изготовления и т. д.

Дерево проектного решения состоит из следующих компонентов: плоскостей проектирования, сборочных единиц, деталей и проектных операций для построения трехмерной твердотельной модели машиностроительного изделия.

Анализ последовательности проектных операций объектов трехмерного моделирования, выполненных в среде САПР КОМПАС-3D, осуществляется на основе правил. Правило для анализа проектных операций состоит из следующих компонентов: тип операции, текстовое описание правила, условие срабатывания правила. Если для последовательности проектных операций найдено правило, формируется соответствующая рекомендация проектировщику.

Более подробно метод структурно-параметрического анализа изложен в работе [2].

Алгоритм формирования последовательности оптимальных проектных операций состоит из следующих пунктов.

1. Начало работы проектировщика с проектом.
2. Генерация проектных операций (исходные данные – текстовое XML-описание проектного решения, выполненного в САПР КОМПАС-3D).
3. Формирование последовательности проектных операций.
4. Поиск правила в базе правил (которому соответствует последовательность проектных операций). Если правило не найдено, переход к пункту 9.

5. Формирование оптимальной последовательности проектных операций.
6. Формирование рекомендации проектировщику по замене неоптимальных операций на основе последовательностей оптимальных и неоптимальных проектных операций.
7. Замена множества неоптимальных проектных операций на последовательность с меньшим количеством действий.
8. Перестроение проектного решения на основе последовательности из пункта 7.
9. Сохранение проектного решения и отображение его в САПР КОМПАС-3D.
10. Завершение работы проектировщика с проектом.

Алгоритм классификации изделий машиностроительных объектов состоит из следующих пунктов.

1. Начало работы проектировщика.
2. Поиск проектного решения в базе изделий, если такое проектное решение уже существует, тогда переход к пункту 8.
3. Генерация проектных операций (исходные данные – текстовое XML-описание проектного решения, выполненного в САПР КОМПАС-3D).
4. Формирование последовательности проектных операций.
5. Формирование списка переменных и параметров изделия.

6. Поиск шаблона построения дерева модели, который соответствует последовательности проектных операций. Если найден шаблон, переход к пункту 8.
7. Анализ структуры проектного решения. Использование модулей анализа классов изделий на основе последовательности проектных операций для построения дерева трехмерной модели проектного решения, выполненного в САПР КОМПАС-3D, и списка параметров для присвоения класса машиностроительному объекту.
8. Присвоение класса изделия машиностроительному объекту.
9. Завершение работы проектировщика.

Предлагается метод автоматизированной генерации правил для анализа проектных решений, который заключается в автоматическом заполнении шаблонов правил анализа проектных решений, выполненных в САПР КОМПАС-3D, на основе определения зависимостей между проектными операциями проектировщика. Метод позволяет автоматизировано формировать новые правила для анализа проектных решений на основе уже имеющихся фактов и правил. Полученные правила пополняют базу правил анализа проектных решений и используются в методе структурно-параметрического анализа. Корректность сгенерированных правил проверяется экспертом. Шаблоны правил заполняются в результате поэлементного анализа последовательности проектных операций при построении трехмерного объекта в САПР КОМПАС-3D.

Алгоритм автоматизированной генерации правил состоит из 11 пунктов и представлен ниже.

1. Запуск проектного решения, выполненного в САПР КОМПАС-3D, на анализ.
2. Анализ истории построения трехмерного машиностроительного объекта. Формируется последовательность проектных операций построения трехмерной модели – XML-описание истории построения.
3. Формирование шаблона правила для анализа, содержащего следующие компоненты:
 - объект анализа;
 - тип проектной операции;
 - исходные объекты проектной операции;
 - производные объекты проектной операции;
 - параметры проектной операции.
4. Автоматическое определение взаимосвязей между проектными операциями в результате использования метода структурно-параметрического анализа.
5. Автоматическое извлечение параметров проектных операций.
6. Автоматическое заполнение компонентов шаблона правила для анализа.
7. Анализ исходных и производных объектов проектных операций. Формирование условия для срабатывания правила.

8. Анализ сформированного условия и типа проектных операций для формирования действий при срабатывании правила.
9. Формирование шаблона нового правила для анализа на основе шагов 7 и 8.
10. Проверка сгенерированного нового правила на корректность экспертом.
11. Занесение нового правила в базу правил анализа проектных решений, выполненных в САПР КОМПАС-3D.

Разработано математическое обеспечение автоматизированной системы обучения: модель компетенций, модель предметной области, алгоритм формирования персонализированной траектории обучения.

В разработанной модели компетенций было выделено 3 блока (класса) основных компетенций в области автоматизированного проектирования трехмерных объектов (компетенции проектировщика): К1 – знание теории, К2 – умения проектировщика в области САПР, К3 – навыки проектировщика в области САПР.

Выделены следующие категории проектировщика трехмерных твердотельных машиностроительных изделий, выполненных в САПР КОМПАС-3D:

- без категории (молодой специалист);
- инженер-конструктор 3 категории;
- инженер-конструктор 2 категории;
- инженер-конструктор 1 категории;
- ведущий инженер-конструктор.

Модель компетенций [3] представляется в виде графа

$$G(V, D),$$

в котором V – множество вершин,

D – множество дуг.

Множество V состоит из множеств вершин V^F присваивания, V^R распараллеливания и V^L соединения. Множество D состоит из множеств дуг D^P разветвления, D^R распараллеливания и D^L соединения, т. е. $D = D^P \cup D^R \cup D^L$. Выделены следующие типы вершин:

- распараллеливания;
- соединения;
- присваивания.

Вершины распараллеливания позволяют осваивать обучаемому проектировщику несколько компетенций одновременно. Освоение компетенций происходит независимо друг от друга с различным интервалом времени. Вершины соединения позволяют осваивать обучаемому проектировщику новую компетенцию только тогда, когда были освоены все предшествующие компетенции. Вершины присваивания позволяют обучаемому проектировщику последовательно осваивать компетенции одну за другой.

В предметной области выделены следующие классы:

- дидактическая единица (ДЕ);
- учебный материал (УМ) – набор сгруппированных по какому-либо признаку дидактических единиц;

- тестовые задания (ТЗ) – группирует теоретические вопросы для отдельно выбранной ДЕ;
- контрольное задание (КЗ) – группирует знания, умения и навыки по ряду ДЕ;
- тема изучения – группирует набор УМ, ТЗ и КЗ.

Алгоритм формирования персонафицированной траектории обучения автоматизированному проектированию состоит из следующих шагов.

1. Формирование входных контрольных заданий (КЗ): теоретический тест, практические задачи.
2. Выполнение проектировщиком входных КЗ.
3. Анализ текущего уровня освоения обучаемым проектировщиком компетенций (группы компетенций).
4. Формирование цели обучения.
5. Формирование учебного материала (УМ).
6. Изучение УМ проектировщиком.
7. Формирование выходных КЗ.
8. Выполнение проектировщиком практического задания.
9. Анализ степени освоения проектировщиком предложенного УМ. Если цель обучения достигнута, переход к шагу 15.
10. Выбор дидактических единиц (ДЕ), необходимых для дальнейшего изучения.
11. Формирование вспомогательного УМ и контрольных КЗ.

12.Изучение проектировщиком вспомогательного УМ.

13.Выполнение проектировщиком контрольных КЗ.

14.Анализ контрольных КЗ. Если компетенции проектировщика не удовлетворяют цели обучения, переход к шагу 10.

15.Завершение обучения проектировщика. Корректировка цели обучения.

Предлагается схема автоматизированной системы анализа проектных решений и обучения (рис. 1). В основу математического обеспечения положены методы, модели и алгоритмы анализа и адаптивного обучения, изложенные выше.

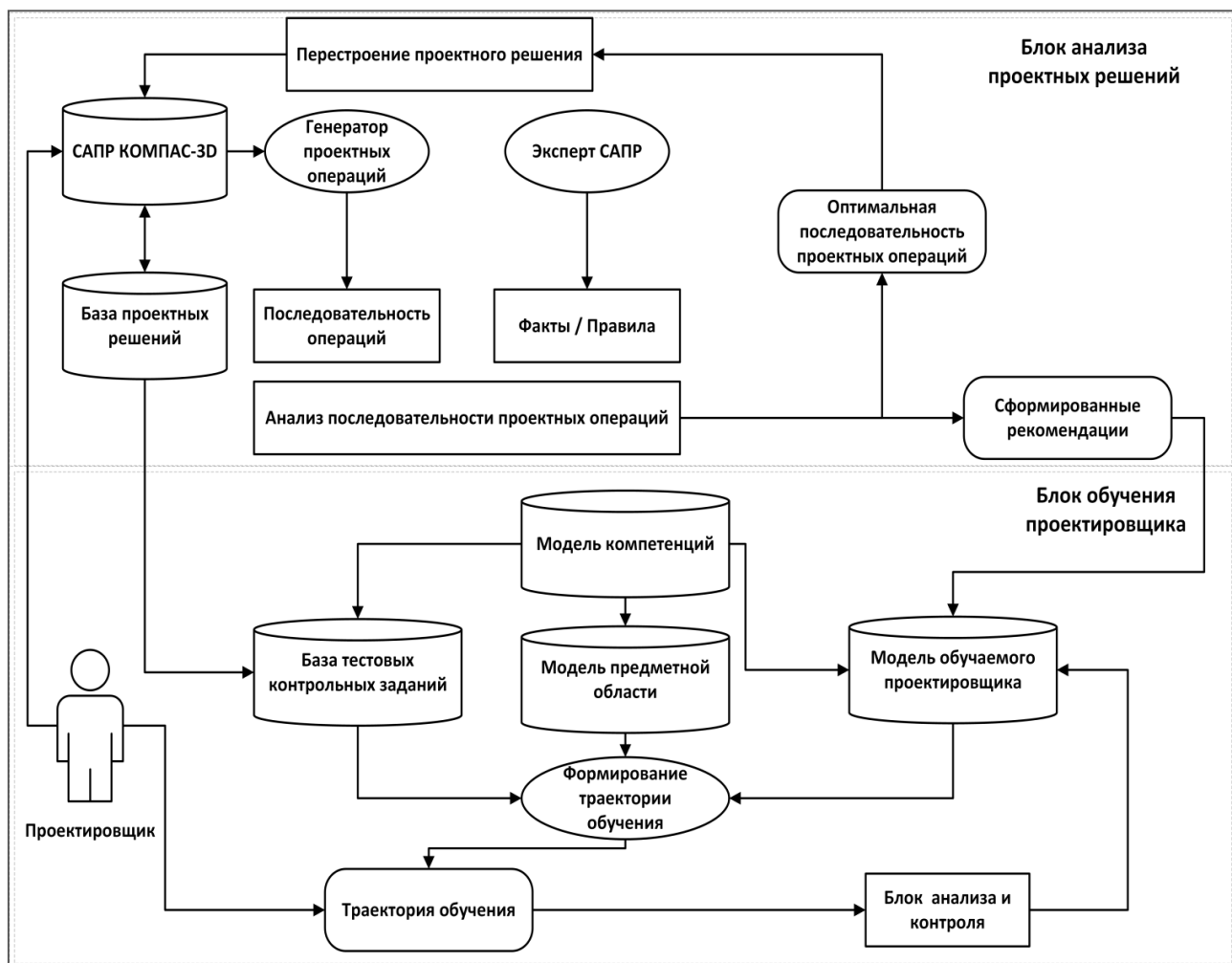


Рис. 1. Схема автоматизированной системы анализа проектных решений и обучения проектировщика

Блок анализа проектных решений – предназначен для управления анализом проектного решения, выполненного в САПР КОМПАС-3D, с составлением рекомендаций [4] и корректировки модели обучаемого проектировщика с учетом сформированных рекомендаций. Обеспечивает перестроение проектного решения на основе оптимальной последовательности проектных операций.

Блок обучения проектировщика – предназначен для обучения [5,6] проектировщика автоматизированному проектированию машиностроительных объектов, выполненных в среде САПР КОМПАС-3D (формирование учебного материала, контрольных заданий, траектории обучения).

Реализация программного комплекса

Реализация программно-информационного обеспечения [7-10] выполнена с помощью Web-сервера Apache HTTP Server, MySQL, NoSQL LiteDB и Java Platform, Microsoft.NET, Ruby. Разработана система, обеспечивающая управление анализом проектных решений, позволяет классифицировать изделия машиностроительных объектов, а также имеет возможность просмотра рекомендаций.

Интерфейс программы поддерживает следующие режимы работы:

- 1) построение дерева модели – автоматизированное создание справочника к сборке/детали, который содержит дерево построения трехмерной модели и описание проектных операций;
- 2) анализ проектного решения – запуск анализа проектного решения с составлением рекомендаций по каждой детали, перестроение проектного решения на основе сформированных рекомендаций;

3) анализ изделий – состоит из различных модулей анализа определенных классов изделий;

4) поиск по базе данных изделий машиностроительных объектов.

Пример поиска по базе данных изделий и отображение проектного решения для повторного использования показаны на рисунке 2.

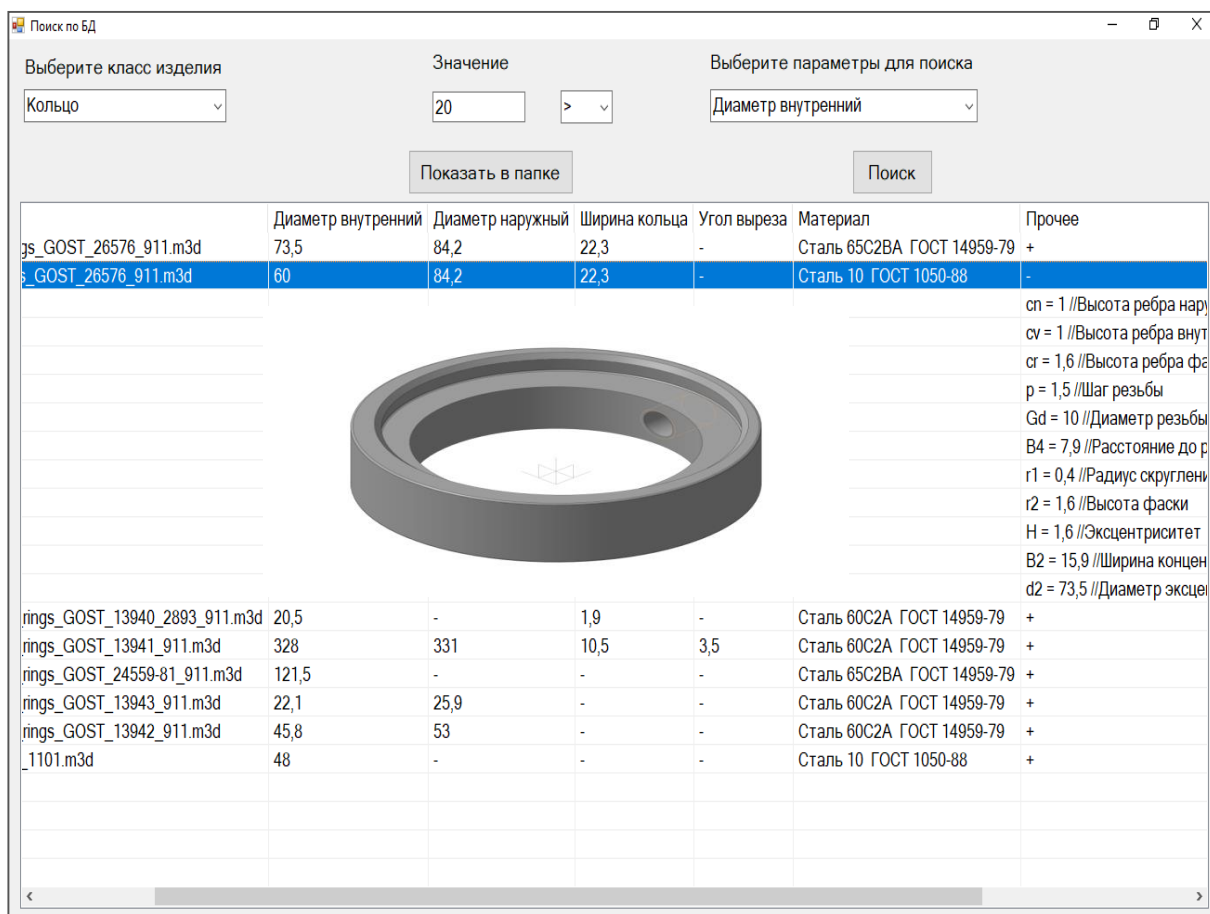


Рис. 2 Пример работы режима «Поиск в базе изделий»

Заключение

Предложен новый метод структурно-параметрического анализа проектных решений на основе последовательности проектных операций, отличающийся анализом дерева модели проектного решения и анализом операций объектов

трехмерного моделирования. Разработана и реализована архитектура автоматизированной системы анализа проектных решений САПР и обучения проектировщика с поддержкой персонализированного обучения практическим задачам и освоения компетенций проектировщиком, а также позволяющей оптимизировать проектные решения с целью сохранения и повторного использования.

Исследования поддержаны грантом Министерства образования и науки Российской Федерации, проект № 2.1615.2017/4.6. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Ульяновской области в рамках научного проекта № 16-47-732152.

Литература

1. Бригаднов С.И. Разработка комплексной автоматизированной интеллектуальной системы анализа проектных решений и обучения проектировщика // V Международная научно-практическая конференция «Электронное обучение в непрерывном образовании 2018». – Ульяновск, 2018. – С. 136–142.
2. Афанасьев А.Н. Разработка автоматизированной системы анализа проектных решений в САПР КОМПАС-3D / А.Н. Афанасьев, С.И. Бригаднов, Д.С. Канев // Автоматизация процессов управления. – 2018. – № 1 (51). – С. 108–117.
3. Brigadnov S.I. Development of associative-oriented models of competencies and trainees in automated training systems // INTERACTIVE SYSTEMS: Problems of Human - Computer Interaction Collection of scientific papers. 2017. – P. 185-189.
4. Бригаднов С.И., Афанасьев А.Н. Рекомендательная система для САПР КОМПАС // Системы проектирования, технологической подготовки производства

и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM - 2016) труды XVI-ой международной молодёжной конференции. 2016. С. 33-36.

5. Бригаднов С.И. Исследование моделей обучаемого в персонифицированных автоматизированных системах обучения // VIII Всероссийская школа-семинар аспирантов, студентов и молодых ученых. ИМАП-2016 (Россия, г. Ульяновск, 25-26 октября 2016 г.): сборник научных трудов. – Ульяновск, 2016. – С. 81-86.
6. Бригаднов С.И. Методы и модели адаптации к учащимся в системах компьютерного обучения // Электронное обучение в непрерывном образовании. – Ульяновск, 2016. – № 1(3). – С. 165-169.
7. Бригаднов С.И. Разработка компонентов программного обеспечения интеллектуальной системы проектирования и обучения / В.А Гульшин, Н.Н. Войт, С.И. Бочков, М.Е. Уханова, Д.С. Канев // V Международная научно-практическая конференция «Электронное обучение в непрерывном образовании 2018», г. Ульяновск. – Ульяновск, 2018. – С. 168-176.
8. Бригаднов С.И. Разработка комплексной автоматизированной интеллектуальной системы анализа проектных решений и обучения проектировщика // V Международная научно-практическая конференция «Электронное обучение в непрерывном образовании 2018», г. Ульяновск. – Ульяновск, 2018. – С. 136-142.

9. Бригаднов С.И. Разработка пользовательского интерфейса рекомендательной системы для САПР КОМПАС-3D // IV Международная научно-практическая конференция «Электронное обучение в непрерывном образовании 2017», г. Ульяновск. – Ульяновск, 2017. – С. 48-53.
10. Бригаднов, С.И. Разработка базы проектных решений машиностроительных объектов [Текст] / С. И. Бригаднов, М. Е. Уханова, И. С. Ионова, А. Г. Игонин // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2017. – № 12. – С. 79-85.

AUTOMATION OF STRUCTURAL AND PARAMETRIC ANALYSIS OF PROJECT DECISIONS AND TRAINING OF A DESIGNER OF MACHINE-BUILDING PRODUCTS WITH CAD KOMPAS

© Authors, 2018

© Radiotekhnika, 2018

S.I. Brigadnov

post-graduate student of the department "Computer Science", Ulyanovsk State Technical University

E-mail: sergbrig@yandex.ru

S.I. Bochkov

post-graduate student of the department "Computer Science", Ulyanovsk State Technical University

E-mail: bochkovsam1@rambler.ru

Annotation. A comprehensive system for analyzing design solutions made in CAD KOMPAS-3D and design training was developed. The mathematical software for a complex system for analyzing design decisions and training a designer has been developed: a method of structural and para-

metric analysis of design decisions, a method of automated rule generation for analyzing design decisions, an associative-oriented model of designer's calculations, an automated design. The architecture of the integrated system has been developed, its main components are described: a block for analyzing design solutions, a block for training a designer.

References

1. Brigadnov S.I. Development of an integrated automated intelligent system for analyzing design solutions and design training // V International Scientific and Practical Conference "E-learning in continuing education 2018". - Ulyanovsk, 2018. - p. 136–142.
2. Afanasyev A.N. Development of an automated system for analyzing design solutions in CAD KOMPAS-3D / A.N. Afanasyev, S.I. Brigadnov, D.S. Kanev // Automation of management processes. - 2018. - № 1 (51). - pp. 108–117.
3. Brigadnov S.I. Development of associative-oriented models of competencies and trainees in automated training systems // INTERACTIVE SYSTEMS: Problems of Human - Computer Interaction Collection of scientific papers. 2017. – P. 185-189.
4. Brigadnov S.I., Afanasyev A.N. Recommender system for CAD KOMPAS // Systems of design, technological preparation of production and management of the stages of the life cycle of an industrial product (CAD / CAM / PDM - 2016) works of the XVIth international youth conference. 2016. p. 33-36.
5. Brigadnov S.I. The study of models of the student in personalized automated learning systems // VIII All-Russian Workshop School for graduate students, students and young scientists. IMAP-2016 (Russia, Ulyanovsk, October 25-26, 2016): a collection of scientific papers. - Ulyanovsk, 2016. - p. 81-86.
6. Brigadnov S.I. Methods and models of adaptation to students in computer-aided learning systems // E-learning in continuing education. - Ulyanovsk, 2016. - № 1 (3). - p. 165-169.

7. Brigadnov S.I. Development of software components of an intelligent design and training system / V.A. Gulshin, N.N. Voit, S.I. Bochkov, M.E. Ukhanova, D.S. Kanev // V International Scientific and Practical Conference "E-learning in continuing education 2018", Ulyanovsk. - Ulyanovsk, 2018. - p. 168-176.
8. Brigadnov S.I. Development of an integrated automated intellectual system for analyzing design solutions and design training // V International Scientific and Practical Conference "E-learning in continuing education 2018", Ulyanovsk. - Ulyanovsk, 2018. - p. 136-142.
9. Brigadnov S.I. Development of the user interface of the recommender system for CAD KOMPAS-3D // IV International Scientific and Practical Conference "E-learning in continuing education 2017", Ulyanovsk. - Ulyanovsk, 2017. - p. 48-53.
10. Brigadnov, S.I. Development of a database of design solutions for machine-building objects [Text] / S. I. Brigadnov, M. E. Ukhanova, I. S. Ionova, A. G. Igonin // Information-measuring and control systems. - 2017. - № 12. - p. 79-85.

Сведения об авторах статьи

Бригаднов Сергей Игоревич

ученая степень – нет;

ученое звание – нет;

должность – аспирант кафедры «Вычислительная техника», УлГТУ;

число опубликованных научных работ – 25;

область научных исследований – проектирование автоматизированных систем;

название организации, в которой работает автор – Ульяновский государственный технический университет;

полный адрес организации – Россия, 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32;

контактная информация для связи с авторами (телефон, адрес электронной почты),

E-mail: sergbrig@yandex.ru

Бочков Семен Игоревич

ученая степень – нет;

ученое звание – нет;

должность – аспирант кафедры «Вычислительная техника», УлГТУ;

число опубликованных научных работ – 8;

область научных исследований – проектирование автоматизированных систем;

название организации, в которой работает автор – Ульяновский государственный технический университет;

полный адрес организации – Россия, 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32;

контактная информация для связи с авторами (телефон, адрес электронной почты),

E-mail: bochkovsam1@rambler.ru