

УДК 004.02

Метод извлечения проектных характеристик изделия из систем управления жизненным циклом сложных технических объектов

© Авторы, 2019
 © ООО «Издательство «Радиотехника», 2019

Н.Н. Войт – к.т.н., доцент,
 кафедра «Вычислительная техника», Ульяновский государственный технический университет
 E-mail: n.voit@ulstu.ru

С.Ю. Кириллов – аспирант,
 кафедра «Вычислительная техника», Ульяновский государственный технический университет
 E-mail: kirillovsvy@gmail.com

М.Е. Уханова – аспирант,
 кафедра «Вычислительная техника», Ульяновский государственный технический университет
 E-mail: mari-u@inbox.ru

С.И. Бочков – аспирант,
 кафедра «Вычислительная техника», Ульяновский государственный технический университет
 E-mail: bochkovsi@ido.ulstu.ru

И.С. Ионова – аспирант,
 кафедра «Вычислительная техника», Ульяновский государственный технический университет
 E-mail: epira@mail.ru

С.И. Бригаднов – к.т.н., мл. науч. сотрудник,
 Ульяновский государственный технический университет
 E-mail: sergbrig@yandex.ru

Аннотация

Постановка проблемы. В условия крупного проектно-производственного предприятия сокращение сроков конструкторско-технологической подготовки производства стоит более чем актуально. Поэтому проблема анализа, контроля, оптимизации и реинжиниринга процессов моделирования проектных решений является актуальной и имеет большое практическое значение.

Цель. Предложить новый метод извлечения данных и проектных характеристик изделий из PLM-систем, проектные решения в которых выполнены с использованием средств САПР.

Результаты. Рассмотрены и исследованы основные подходы, методы и средства формирования проектно-конструкторской документации в широко применяемых на производстве PLM-системах. Новый метод извлечения данных из проектных решений САПР позволяет извлекать данные и параметры в результате анализа проектных решений, выделяя историю построения трехмерной модели сложного технического изделия. Разработаны и представлены ряд моделей, составляющих научную основу метода извлечения проектных характеристик. Получены алгоритмы формирования (дополнения) технических требований по изделию, формирования (дополнения) технического задания по изделию, а также построения семантической модели проектного решения, выполненного средствами САПР.

Практическая значимость. В среднем сокращение времени проектной деятельности проектировщика в САПР при использовании предлагаемой системы, в основе которой лежит новый метод извлечения данных, составляет 11% и зависит от точности поиска в системе и степени покрытия электронного каталога машиностроительных изделий предприятия.

Ключевые слова

САПР, PLM-системы, проектные решения, проектные характеристики технических изделий, системы анализа проектных решений.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 17-07-01417), а также РФФИ и Правительства Ульяновской области (грант № 18-47-730032).

DOI: 10.18127/j00338486-201909(14)-15

Введение

Современное производство в условиях цифровой экономики требует ускорения процесса конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП). В текущих реалиях этого частично можно достичь, используя параллельное нисходящее или восходящее проектирование. Такие технологии приводят к коллективной работе над проектом, сокращая время на разработку крупного блока. Значительное же сокращение времени можно получить, используя автоматизированные потоки работ. Такие потоки

работ направлены на управление проектами и на сокращение сроков согласования разработанной конструкторской (КД) или технологической (ТД) документации в электронном виде.

Для хранения конструкторских и технологических проектов предназначены PLM-системы, в которых к электронной структуре изделия прикреплены проекты с выходными документами [1–3]. В условиях крупного проектно-производственного предприятия, в котором число номенклатуры превышает 1,5 млн позиций и число разработчиков больше тысячи человек, сокращение сроков КТПП, которое заключается в разработке и согласовании конструкторско-технологической документации (КТД) стоит более чем актуально. Следует также отметить, что на крупных проектно-производственных предприятиях, производящих сложную технику, проектирование изделий осуществляется в разных подразделениях, разделенных по направлениям. Таким образом, проблема анализа, контроля, оптимизации и реинжиниринга процессов моделирования проектных решений, в которых задействованы специалисты различных подразделений и служб крупного проектно-производственного предприятия, и активного использования средств САПР, является актуальной и имеет большое практическое значение.

Цель работы – предложить новый метод извлечения данных и проектных характеристик изделий из PLM-систем ЛОЦМАН, SAP AG, BAAN, Team Center Engineering, ENOVIA, SmarTeam, проектные решения в которых выполнены с использованием средств САПР для сокращения сроков разработки конечного изделия.

Обзор инструментов для извлечения конструкторского описания из проектных решений

Рассмотрим основные вспомогательные инструменты и плагины, позволяющие извлекать конструкторское описание из проектных решений, выполненных в САПР, а также формировать историю построения проектного решения и отображать ее проектировщику.

ADEM. Это система, представляющая собой комплекс программных средств, позволяющих производить объемное гибридное моделирование объектов САПР. В системе реализованы практически все известные методы построения объемных тел: смещение, движение, вращение, по сечениям, по сетке, слияние и др. Многие виды построения в системе имеют дополнительные возможности, например, учет нормали к опорной поверхности. Все построения отражаются в дереве, в которое можно вносить изменения с последующей регенерацией модели.

Creo FMX (Flexible Modeling Extension) дает инженерам возможность редактировать 3D-модель, используя приемы «прямого моделирования» при сохранении первоначальной истории построения модели. Это упрощает работу с данными других САПР и с моделями, в которых нужно проводить значительные изменения, не нарушая конструкторский замысел. Например, при проверке разных вариантов модели на прочность или при разработке управляющей программы.

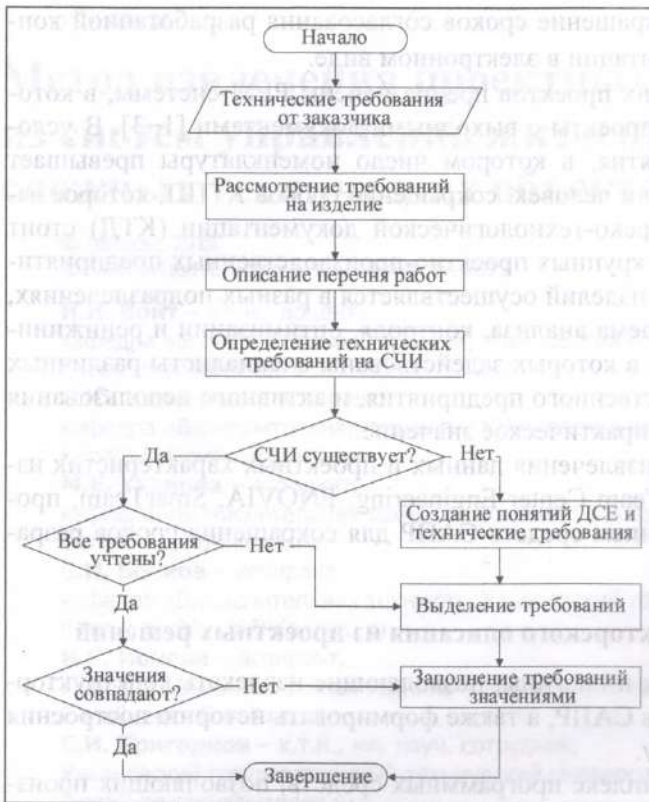
Geomagic Design X. Программное обеспечение для обработки данных 3D-сканирования позволяет создавать виртуальные трехмерные модели физических объектов с целью выполнения контроля геометрии и реверс-инжиниринга в системах CAD/CAM/CAE. Этот программный продукт предлагает полный набор необходимых функций – начиная с обработки информации, полученной с 3D-сканера, до построения параметризованной твердотельной или поверхностной модели для последующего реверс-инжиниринга (получение технической документации, подготовка производства).

В работе [4] описана САПР ТП, в которой процесс извлечения данных из проектного решения САПР фокусируется на применении алгоритмов поиска шаблонов данных, что позволяет достичь более высоких результатов по сравнению с традиционными методами обработки информации.

В работе [5] авторами выполнен анализ современных средств визуализации 3D-объектов в веб-среде (JNetCAD, JSC3D и другие), рассмотрены форматы инженерной и компьютерной график, конверторы форматов (CADEXchanger, Babel3D, Online CAD File Converter), разработан авторский универсальный инструмент извлечения текстового описания и твердотельного модельного описания проектных решений САПР КОМПАС и представления его в веб-среде.

Разработка метода извлечения проектных характеристик

Сущность метода заключается в построении семантической модели проектного решения машиностроительных изделий, выполненных в САПР, или объектов, созданных в PLM-системах в результате работы



Алгоритм формирования требований на СЧИ
The requirements formation algorithm of product component

ется выражением $F_pReg = Reg \times Value \times Mes \rightarrow l_RegParams$.

Был разработан алгоритм формирования или дополнения технических требований по изделию (рисунок), который состоит из следующих шагов.

- Шаг 1. Начало работы по формированию технических требований изделия.
- Шаг 2. Рассмотрение технических требований от заказчика.
- Шаг 3. Проверка на наличие изделия в дереве проектов PDM-системы: если для изделия учтены не все характеристики, то переход к шагу 5; если у характеристик изменились значения, то переход к шагу 6.
- Шаг 4. Создание понятий ДСЕ и технические требования.
- Шаг 5. Выделение требований для изделия.
- Шаг 6. Заполнение требований значениями.
- Шаг 7. Завершение работы.

Модель технического задания (ТЗ) имеет вид:

$$TZ = (Task, State, TTs, Controls, Person, DT_Start, DT_Finish, DT_plan, Customer, F_tList), \quad (2)$$

где Task – множество описания заданий для проектирования; State – множество допустимых состояний, характеризующих жизненный цикл технического задания; TTs – множество технических требований; Controls – множество правил и условий проверок; DT_Start – фактическая дата старта работ; DT_Finish – фактическая дата окончания работ; DT_Plan – плановый срок окончания работ; Customer – множество заказчиков разработки; Person – множество исполнителей разработки; F_tList – функция формирования списка определенных в ТЗ требований к проектному решению при работе проектировщика в САПР, описание которой задается выражением $F_tList = Task \times TTs \times Controls \rightarrow l_RegParams$.

Разработан алгоритм формирования или дополнения технического задания по изделию, который состоит из следующих шагов.

- Шаг 1. Начало работы по формированию технического задания на ДСЕ.
- Шаг 2. Рассмотрение технических требований от заказчика.
- Шаг 3. Рассмотрение требований на изделии.

проектировщика со специализированными плагинами. Метод позволяет извлекать данные и параметры в результате анализа проектных решений, выделяя историю построения трехмерной модели сложного технического изделия, а также числовые характеристики параметров проектных операций твердотельного моделирования в САПР.

Был разработан ряд моделей, составляющих научную основу метода извлечения данных по шаблону определения характеристик и параметров проектного решения. Исходными данными для атрибутивного анализа проектного решения PDM-системы являются технические требования (ТТ) на определенную деталь или сборочную единицу (ДСЕ), получаемые из технических требований заказчика или технических заданий на проектирование составной части изделия (СЧИ). Модель ТТ имеет следующий вид:

$$TT = (Reg, Value, Mes, F_pReg), \quad (1)$$

где Reg – множество требований изделий; Value – множество значений требований; Mes – множество значений единиц измерений; F_pReg – функция формирования списка определенных в ТТ требований к изделию в целом и к проектному решению в частности, описание которой зада-

Шаг 4. Описание перечня работ.

Шаг 5. Определение технических требований на СЧИ.

Шаг 6. Проверка на наличие изделия в дереве проектов PDM-системы. Если для изделия учтены не все требования, то переход к шагу 8. Если у требований изменились значения, то переход к шагу 9.

Шаг 7. Создание понятий ДСЕ и Технические требования.

Шаг 8. Выделение требований на СЧИ.

Шаг 9. Заполнение требований значениями.

Шаг 10. Завершение работы.

Исходными данными для анализа истории построения проектных решений САПР [6–8] являются трехмерные модели ДСЕ машиностроительных изделий, модель которых имеет вид

$$DSE = (PrOperations, Type, Class, State, Designation, Name, F_history), \quad (3)$$

где PrOperations – множество проектных операций САПР, составляющих историю построения трехмерной модели машиностроительного изделия; Type – множество типов ДСЕ, возможных для выполнения в САПР; Class – множество классов ДСЕ в САПР; State – множество возможных состояний ДСЕ, характеризующих его жизненный цикл; Designation – множество обозначений ДСЕ; Name – множество наименований ДСЕ; F_history – функция формирования истории построения проектного решения при работе проектировщика в САПР, описание которой задается выражением $F_history = PrOperations \times Type \times Class \rightarrow I_history$.

Модель проектных операций твердотельного трехмерного моделирования в САПР задается как

$$PrOperations = (id, pr_type, pr_params, F_list_prO), \quad (4)$$

где id – множество идентификаторов проектных операций в истории построения трехмерной модели ДСЕ в САПР; pr_type – тип проектной операции; pr_params – множество параметров проектных операций САПР; F_list_prO – функция формирования последовательности выполненных проектировщиком проектных операций трехмерного твердотельного моделирования в САПР, описание которой задается выражением $F_list_prO = pr_type \times pr_params \times I_history \rightarrow I_list$.

Модель исходных данных для классификации проектных решений в САПР выглядит так:

$$ClassPrO = (PrO, I_list, Templates, F_PrO_class), \quad (5)$$

где PrO – множество проектных решений, выполненных в САПР; I_list – последовательность выполненных проектировщиком проектных операций; Templates – множество шаблонов построения проектного решения в САПР для определения класса машиностроительного изделия; F_PrO_class – функция определения и присвоения проектному решению класса машиностроительного изделия, описание которой задается выражением $F_PrO_class = PrO \times I_list \times Templates \rightarrow pro_class$.

Модель параметров и характеристик ДСЕ имеет следующий вид:

$$Params = (symbol, description, value, mes, F_pList), \quad (6)$$

где symbol – множество обозначений характеристик ДСЕ; description – множество описаний характеристик ДСЕ; value – множество значений параметров и характеристик ДСЕ; mes – множество единиц измерений числовых характеристик ДСЕ; F_pList – функция формирования списка характеристик ДСЕ [9–11], выполненных в САПР, описание которой задается выражением $F_pList = PrO \times symbol \times description \times value \rightarrow I_params$.

Был разработан алгоритм построения семантической модели проектного решения САПР, который состоит из следующих шагов.

Шаг 1. Начало работы проектировщика с системой извлечения данных из проектного решения, выполненного средствами САПР.

Шаг 2. Открытие в САПР трехмерной модели машиностроительного изделия.

Шаг 3. Начало формирования XML-описания проектных операций трехмерной модели машиностроительного изделия.

Шаг 4. Извлекается тип трехмерной модели проектного решения САПР.

Шаг 5. Формирование списка активных ДСЕ, входящих в сборку конечного изделия.

Шаг 6. Для ДСЕ получаем множество структур (элементов дерева модели) и параметров заданного типа.

Шаг 7. На основе трехмерной модели проектного решения формируется история проектного решения.

Шаг 8. Формируется массив активных в проектном решении элементов.

- Шаг 9. Извлекаются параметры объекта проектного решения САПР.
- Шаг 10. Устанавливается связь между элементами дерева модели.
- Шаг 11. Определяется тип элемента истории построения проектного решения САПР.
- Шаг 12. Извлекаются параметры и характеристики проектных операций для каждого элемента истории построения.
- Шаг 13. Если в проектном решении не имеется больше активных ДСЕ, то сформированная последовательность проектных операций записывается в XML-файл. Иначе переход к шагу 6.
- Шаг 14. Занесение проектного решения в файловое хранилище PDM-системы.
- Шаг 15. Заполнение параметров и характеристик ДСЕ в PDM-системе.
- Шаг 16. Закрытие проектного решения в САПР.
- Шаг 17. Завершение работы проектировщика с системой

Предложена теоретическая оценка эффективности деятельности проектировщика при использовании системы извлечения проектных характеристик из PLM. В среднем сокращение времени проектной деятельности проектировщика в САПР при использовании предлагаемой системы, в основе которой лежит новый метод извлечения данных, составляет 11% и зависит от точности поиска в системе и степени покрытия электронного каталога машиностроительных изделий предприятия [3]. Результаты расчета приведены в таблице.

Таблица. Сокращение времени проектной деятельности проектировщика при использовании системы извлечения данных и проектных характеристик изделия

№	Точность поиска	Степень покрытия	Вероятность нахождения 3D-модели	Вероятность ручного построения 3D-модели	Сокращения времени проектирования
1	0,5	0,7	0,35	0,65	-39,1%
2	0,5	0,8	0,4	0,6	-30,4%
3	0,5	0,9	0,45	0,55	-21,6%
4	0,5	1	0,5	0,5	-12,9%
5	0,6	0,7	0,42	0,58	-26,9%
6	0,6	0,8	0,48	0,52	-16,4%
7	0,6	0,9	0,54	0,46	-6,0%
...
19	0,9	0,9	0,81	0,19	41,0%
20	0,9	1	0,9	0,1	56,7%
21	1	0,7	0,7	0,3	21,9%
22	1	0,8	0,8	0,2	39,3%
23	1	0,9	0,9	0,1	56,7%
24	1	1	1	0	74,1%

Заключение

Исследовано и разработано математическое обеспечение автоматизированной системы извлечения данных и проектных характеристик из PLM-систем с использованием САПР. Новый метод позволяет формировать историю построения трехмерного изделия, получать список сборочных единиц изделия, извлекать параметры проектных операций и трехмерных объектов, заносить проанализированное проектное решение в файловое хранилище PDM/PLM-систем, формировать в результате анализа технические требования. Технические требования в PLM-системе представлены как дерево требований, в котором содержатся основные характеристики, параметры и описание изделия. На основании требований прорабатывается проект и формируется схема деления изделия, по которому уже разрабатываются графики проектирования и технические задания.

Литература

1. Afanasyev A., Voit N., Ionova I., Ukhanova M., Yepifanov V. Development of the Intelligent System of Engineering Education for Corporate Use in the University and Enterprises // Teaching and Learning in a Digital World (2018). doi: 10.1007/978-3-319-73210-7_84.

2. Afanasyev A.N., Voit N.N., Ukhanova M.E., Ionova I.S. Development and analysis of design-engineering workflows (mentioned as an instance a radio engineering enterprise) // Proceedings of IEEE 11th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT). Moscow. 2017. P. 169–172.
3. Афанасьев А.Н., Бригаднов С.И., Канев Д.С. Разработка автоматизированной системы анализа проектных решений в САПР КОМПАС-3D // Автоматизация процессов управления. 2018. № 1 (51). С. 108–117.
4. Богданов В.В. Формирование базы знаний для САПР ТП на основе баз данных технологического назначения / Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2010. № 6 (53). С. 47–50.
5. Афанасьев А.Н., Voit Н.Н. Разработка и исследование средств извлечения из САПР КОМПАС-3D и представление в веб-системах конструкторского описания, 3D-моделей промышленных деталей и сборок // Труды Междунар. конф. «Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта» (CAD/CAM/PDM) / Под ред. А.В. Толока. 2015. С. 208–212.
6. 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.
7. Бригаднов С.И., Афанасьев А.Н. Рекомендательная система для САПР КОМПАС // Труды XVI-й Междунар. молодежной конф. «Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта» (CAD/CAM/PDM). 2016. С. 33–36.
8. Бригаднов С.И., Уханова М.Е., Ионова И.С., Игонин А.Г. Разработка базы проектных решений машиностроительных объектов // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2017. № 12. С. 79–85.
9. Afanasyev A., Voit N., Ionova I., Ukhanova M., Yepifanov V. Development of the Intelligent System of Engineering Education for Corporate Use in the University and Enterprises // Proceedings of 20th International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL). 27–29 September 2017. Budapest (Hungary). P. 878–889.
10. Afanasyev A., Voit N. Intelligent Agent System to Analysis Manufacturing Process Models // Proceedings of the First International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (IITI). 2016. V. 451 of the series Advances in Intelligent Systems and Computing. Russia. P. 395–403.
11. Afanasyev N., Brigadnov S.I., Voit N.N., Afanasyeva T.V. Development of the automated system for design solutions' analysis at CAD KOMPAS-3D // Data Science and Knowledge Engineering for Sensing Decision Support. October 2018. 95–102. https://doi.org/10.1142/9789813273238_0015.

Поступила 21 августа 2019 г.

Уважаемые читатели!

В Издательстве «Радиотехника» вышла в свет книга

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Авторы: Андреев Г.И., Созинов П.А., Тихомиров В.А.

Под ред. П.А. Созинова

DOI 10.18127/B9785931081540

ISBN 978-5-93108-154-0

Дана оценка принимаемых решений в уникальных ситуациях, возникающих в различных областях человеческой деятельности: технической, экономической и социальной. Изложены принципы построения формализованных методов теории принятия решений, предложена оригинальная концепция информационно-вероятностного подхода в теории принятия решений, освещены вопросы методологии выбора решения и разработана методика оценки эффективности принимаемых решений, доведенная до уровня практической реализации.

Для аспирантов, научных сотрудников и руководителей, деятельность которых связана с проектированием и управлением техническими, экономическими и социальными процессами.

По вопросам заказа и приобретения книг обращаться по адресу:

107031 Москва, Кузнецкий мост, 20/6

Тел./факс (495) 625-92-41, тел.: (495) 625-78-72, 621-48-37

Полный перечень книг, выпускаемых Издательством «Радиотехника», размещен на сайте

<http://www.radiotec.ru>; e-mail: info@radiotec.ru



UDC 004.02

Method of extracting projective characteristics of the product from life cycle control systems of complex technical objects

© Authors, 2019
© Radiotekhnika, 2019

N.N. Voit – Ph.D.(Eng.), Associate Professor,
Department «Computer Science», Ulyanovsk state technical University
E-mail: n.voit@ulstu.ru

S.Yu. Kirillov – Post-graduate Student,
Department «Computer Science», Ulyanovsk State Technical University
E-mail: kirillovsyu@gmail.com

M.Ye. Ukhanova – Post-graduate Student,
Department «Computer Science», Ulyanovsk State Technical University
E-mail: mari-u@inbox.ru

S.I. Bochkov – Post-graduate Student,
Department «Computer Science», Ulyanovsk State Technical University
E-mail: bochkovsi@ido.ulstu.ru

I.S. Ionova – Post-graduate Student,
Department «Computer Science», Ulyanovsk State Technical University
E-mail: epira@mail.ru

S.I. Brigadnov – Ph.D.(Eng.), Junior Research Scientist,
Ulyanovsk State Technical University
E-mail: sergbrig@yandex.ru

Abstract

To develop design and technological documentation, as well as to manage the process of design and technological preparation of production, an urgent task is to develop software and information methods and means for extracting design characteristics and product parameters from PLM systems for managing the life cycle of complex technical objects. The article provides an overview of modern software tools that allow you to extract a design description, documentation from design decisions made in CAD: ADEM, Creo Flexible Modeling Extension, Geomagic Design X, CAD TP, and others. The considered systems allow you to form a history of the construction of the design solution and display it to the designer.

A new method has been developed for extracting the design characteristics of the product from the life cycle management systems of complex technical objects, the essence of which is to build a semantic model for the design solution of engineering products made in CAD, or objects created in PLM systems as a result of the designer working with specialized plug-ins. A number of models have been developed that constitute the scientific basis of the method for extracting design characteristics: a technical requirement model (technical requirement for a part or assembly unit obtained from customer technical requirements), technical task model (attribute part of the corresponding PDM-system object, related to the terms of task fulfillment and their performers), a model of parts and assembly units (initial data for the analysis of the history of building a design solution for CAD), a model of design operations for a solid-state model in CAD, a source data model for classifying CAD design decisions, a model of parameters and characteristics of parts and assembly units.

A feature of the proposed developed method is the ability to extract data and parameters of the design decision as a result of its analysis, highlighting and forming the history of building a three-dimensional model in the form of a sequence of design operations of solid modeling in CAD, performed by the designer. As a result of the analysis of a complex technical object, its construction tree is formed, a list of assembly units with numerical parameters, a technical requirement, which are recorded in the file storage of the PLM system. Technical requirements in the PLM system are presented as a requirements tree, which contains the main characteristics, parameters and product description. Based on the requirements, a project is being worked out and a product division scheme is being formed, which is the basis for developing a design schedule and technical specifications.

An algorithm has been developed for the formation or addition of technical requirements for a product, an algorithm for the formation or addition of technical specifications for a product, an algorithm for constructing a semantic model of a design solution. The authors proposed a theoretical assessment of the effectiveness of the designer using a system for extracting design characteristics from PLM. On average, the reduction in the time of the design activity of the designer in CAD using the proposed system, which is based on a new method of data extraction, is 11%.

Keywords

CAD, PLM-systems, design solutions, design characteristics of technical products, systems analysis of design solutions.

The investigations was funded by RFBR (Grant No. 17-07-01417) and by RFBR and Government of the Ulyanovsk Region (Grant No. 18-47-730032).

DOI: 10.18127/j00338486-201909(14)-15

References

1. Afanasyev A., Voit N., Ionova I., Ukhanova M., Yepifanov V. Development of the Intelligent System of Engineering Education for Corporate Use in the University and Enterprises. Teaching and Learning in a Digital World (2018). doi: 10.1007/978-3-319-73210-7_84.
2. Afanasyev A.N., Voit N.N., Ukhanova M.E., Ionova I.S. Development and analysis of design-engineering workflows (mentioned as an instance a radio engineering enterprise). Proceedings of IEEE 11th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT). Moscow. 2017. P. 169–172.
3. Afanasev A.H., Brigadnov S.I., Kanev D.S. Razrabotka avtomatizirovannoi sistemy analiza proektnykh reshenii v SAPR KOMPAS-3D. Avtomatizatsiya protsessov upravleniya. 2018. № 1 (51). S. 108–117. (in Russian)
4. Bogdanov V.V. Formirovaniye bazy znaniy dlya SAPR TP na osnove baz dannykh tekhnologicheskogo naznacheniya. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Priborostroeniye. 2010. № 6 (53). S. 47–50. (in Russian)
5. Afanasev A.N., Voit N.N. Razrabotka i issledovanie sredstv izvlecheniya iz SAPR KOMPAS-3D i predstavlenie v veb-sistemakh konstruktorskogo opisaniya, 3D-modelei promyshlennykh detalei i sborok. Trudy Mezhdunar. konf. «Sistemy proektirovaniya, tekhnologicheskoi podgotovki proizvodstva i upravleniya etapami zhiznennogo tsikla promyshlennogo produkta» (CAD/CAM/PDM). Pod red. A.V. Toloka. 2015. S. 208–212. (in Russian)
6. 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.
7. Brigadnov S.I., Afanasev A.N. Rekomendatsionnaya sistema dlya SAPR KOMPAS. Trudy XVI-i Mezhdunar. molodezhnoi konf. «Sistemy proektirovaniya, tekhnologicheskoi podgotovki proizvodstva i upravleniya etapami zhiznennogo tsikla promyshlennogo produkta» (SAD/CAM/PDM). 2016. S. 33–36. (in Russian)
8. Brigadnov S.I., Ukhanova M.E., Ionova I.S., Igonin A.G. Razrabotka bazy proektnykh reshenii mashinostroitelnykh ob'ektov. Informatsionno-izmeritelnye i upravlyayushchie sistemy. 2017. № 12. S. 79–85. (in Russian)
9. Afanasyev A., Voit N., Ionova I., Ukhanova M., Yepifanov V. Development of the Intelligent System of Engineering Education for Corporate Use in the University and Enterprises. Proceedings of 20th International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL). 27–29 September 2017. Budapest (Hungary). P. 878–889.
10. Afanasyev A., Voit N. Intelligent Agent System to Analysis Manufacturing Process Models. Proceedings of the First International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (IITI). 2016. V. 451 of the series Advances in Intelligent Systems and Computing. Russia. P. 395–403.
11. Afanasyev N., Brigadnov S.I., Voit N.N., Afanasyeva T.V. Development of the automated system for design solutions' analysis at CAD KOMPAS-3D. Data Science and Knowledge Engineering for Sensing Decision Support. October 2018. 95–102. https://doi.org/10.1142/9789813273238_0015.

В РЭС в составе интеллектуальной системы

Авторы: В.М. Мезюков, В.С. Велда, А.Р. Нарык

Рассмотрены лабораторные работы по созданию интеллектуальной системы в составе РЭС. Приведены примеры разработки интеллектуальной системы в составе РЭС. Рассмотрены лабораторные работы по созданию интеллектуальной системы в составе РЭС. Приведены примеры разработки интеллектуальной системы в составе РЭС.

Том 2

Автоматическое управление

в РЭС интеллектуальной системы

Содержание

Авторы: В.М. Мезюков, В.С. Велда, А.Р. Нарык, Е.Е. Колташев

Рассмотрены лабораторные работы по созданию интеллектуальной системы в составе РЭС. Приведены примеры разработки интеллектуальной системы в составе РЭС. Рассмотрены лабораторные работы по созданию интеллектуальной системы в составе РЭС. Приведены примеры разработки интеллектуальной системы в составе РЭС.

Том 3

Автоматическое управление

в РЭС интеллектуальной системы

Содержание

Авторы: В.М. Мезюков, В.С. Велда, А.Р. Нарык, Б.Т. Татарский

Рассмотрены лабораторные работы по созданию интеллектуальной системы в составе РЭС. Приведены примеры разработки интеллектуальной системы в составе РЭС. Рассмотрены лабораторные работы по созданию интеллектуальной системы в составе РЭС. Приведены примеры разработки интеллектуальной системы в составе РЭС.

Полный перечень книг, выпускаемых издательством «Радиотехника», доступен на сайте <http://www.radiotek.ru>; e-mail: info@radiotek.ru