

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОСТРОЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ДЕТАЛИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ГРУППОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САПР «T-FLEX»

А. Ю. Овчинников, Н. Ю. Князева

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (г. Саранск, Россия)

Введение. В современных условиях перед предприятиями, которые специализируются на выпуске типовых деталей различными партиями, возникают задачи сокращения времени на подготовку и переналадку производства при сохранении экономической эффективности работы. Данные задачи могут быть решены с помощью типизации технологических процессов и операций, представленной в форме группового технологического процесса обработки деталей. Проектирование такого процесса связано с построением комплексной детали, которая должна отвечать всем требованиям, предъявляемым к группе выпускаемых деталей. В статье рассматривается решение задачи построения такой детали при проектировании группового технологического процесса механической обработки.

Материалы и методы. На основе чертежей группы деталей типа «тела вращения» предлагается подход, заключающийся в реализации метода наложения для построения комплексной детали с использованием параметрических возможностей системы автоматизированного проектирования «T-Flex».

Результаты исследования. Была создана параметрическая модель комплексной детали, сформированной для группы деталей типа «тела вращения» с помощью системы автоматизированного проектирования «T-Flex CAD».

Обсуждение и заключения. Была разработана методика формирования параметрической модели, включающая анализ эскиза комплексной детали и составление таблицы соответствий группы деталей на предмет необходимого количества параметров, формирование базы данных параметров, построение наглядной геометрической модели. Данные факторы позволят использовать возможности параметризации в групповой технологии обработки деталей, что обеспечит простоту и легкость добавления деталей, выбранных групп и деталей соответствующего типа; реализовать возможность сокращения времени на проектирование технологического процесса, а следовательно, времени на подготовку производства.

Ключевые слова: механическая обработка, допуск, параметризация, САД-системы, групповая технология, комплексная деталь, унификация

Для цитирования: Овчинников А. Ю., Князева Н. Ю. Разработка методики построения комплексной детали при применении группового технологического процесса с использованием САПР «T-Flex». Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 26, № 3. С. 312–324. DOI: 10.15507/0236-2910.026.201603.312-324

Благодарности: Авторы выражают свою признательность Кузьмичеву Н. Д., а также анонимному рецензенту, чьи комментарии и замечания помогли улучшить статью.



DEVELOPMENT OF A CONSTRUCTION TECHNIQUE FOR THE COMPLEX DETAILS IN THE APPLICATION OF GROUP PROCESS WITH THE USE OF CAD «T-FLEX»

A. Yu. Ovchinnikov, N. Yu. Knyazeva

National Research Mordovia State University (Saransk, Russia)

Introduction. In modern conditions of enterprises engaged in production of standard parts in various parties, meet the need to reduce time for preparation and changeover production while maintaining efficiency. These problems can be solved by typing processes and operations, presented in the form of a group of technological parts processing. Design of the processing associated with the process of construction of the complex parts that must meet all requirements imposed on the group of manufactured parts. The paper deals with the problem of constructing the complex details of the design group of the process of machining.

Materials and Methods. On the basis of the drawings of the “body rotation” type components proposed approach is to implement the overlay method used for the construction of complex parts using a parametric computer-aided design features “T-Flex”.

Results. As a result of analysis of drawings and using the overlay method was established parametric model complex parts, formed by a group of the “body rotation” parts using computer aided design “T-Flex CAD”.

Discussion and Conclusions. A method of forming a parametric model includes analysis of a sketch drawing of complex parts and components of the table corresponds to the group for the required number of parameters, the formation of the database parameters to build a visual geometric model. This allows the possibility to use a group technology parameterization processing components that provide simplicity and ease of adding details of the selected groups and details of type and realize the possibility of reducing the design time process, and hence the production time for preparation.

Keywords: machining, tolerance, parameterization, CAD-systems, group technology, comprehensive detail unification

For citation: Ovchinnikov AYu, Knyazeva NYu. Development of a construction technique for the complex details in the application of group process with the use of CAD “T-flex”. *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2016; 3(26):312-324. DOI: 10.15507/0236-2910.026.201603.312-324

Acknowledgements: The authors would like to express their gratitude to N. D. Kuzmichev, as well to the anonymous reviewer for his comments and observations.

Введение

В современных условиях эффективность развития производства зависит не только от умения коллективов предприятий мобилизовать свои внутренние резервы, но и от внедрения последних достижений науки и техники, прогрессивных форм организации и управления, передовых методов труда.

Одной из характеристик организации технологического процесса является *технологическая унификация* –

типизация технологических операций и процессов, технологической документации, унификация и стандартизация технологической оснастки. Типизация предполагает установление для технологических операций и процессов общих технических характеристик и разработку на их основе типовых технологических процессов и операций [1]. Высшей формой типизации является метод групповой обработки.

На большинстве машиностроительных предприятий изготавливается мно-

жество однотипных деталей, периодически повторяющихся в производстве небольшими партиями. Считаем рациональным группировать такие детали по принципу обработки, используемого оборудования, приспособлений, т. е. применяя метод групповой обработки деталей [1–6].

Обзор литературы

Метод групповой обработки деталей – это унификация технологии производства, при которой к группе деталей, однородной по тем или иным конструкторско-технологическим признакам продукции, применяются однотипные высокопроизводительные методы обработки с использованием однородных и быстроперенастраиваемых орудий производства. При этом обеспечивается экономическая эффективность производства, необходимая быстрота его подготовки и переналадки [1]. К преимуществам группового технологического процесса можно отнести также снижение затрат на разработку индивидуальных технологических процессов, что позволяет сокращать сроки технологической подготовки производства [1–5].

Объединение деталей в классы по общности их обработки или видам используемого оборудования позволяет составить такой технологический процесс, при котором изготовление детали осуществляется более рационально и экономично. Решение данной задачи было представлено С. П. Митрофановым [1]. Внедрение данной технологии создает предпосылки для механизации и автоматизации производства [2].

Целью исследования является разработка методики построения комплексной детали при применении группового технологического процесса с использованием САПР «T-Flex».

Материалы и методы

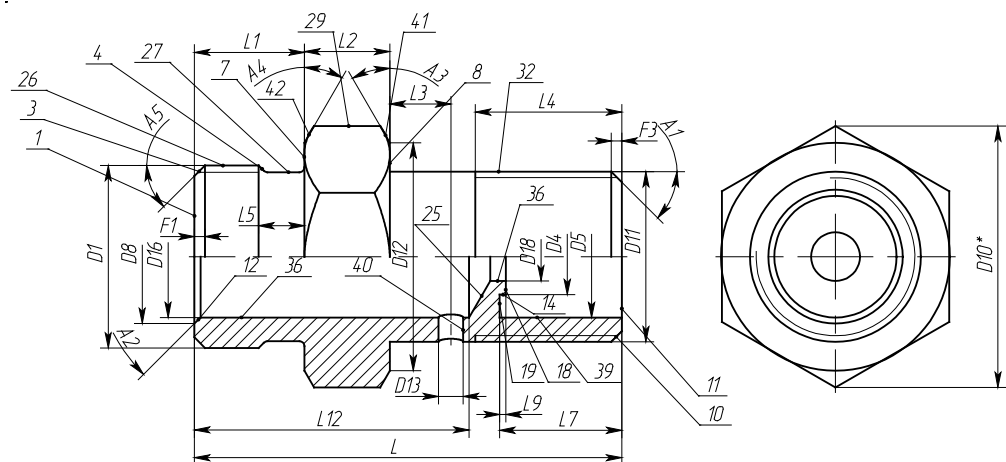
При построении группового технологического процесса за основу необходимо принять *комплексную деталь*, т. е. реальную или условную (искусственно созданную) деталь, содержащую в своей конструкции все основные элементы, характерные для деталей данной группы, и являющуюся ее конструкторско-технологическим представителем [1].

Под основными элементами поверхности понимаются поверхности, определяющие конфигурацию детали и технологические задачи, решаемые в процессе обработки. Данные элементы служат главным признаком для классификации деталей.

Разработка условной комплексной детали производится методом наложения: в результате анализа чертежей из ряда подобных деталей выбирается одна, наиболее характерная, затем рассматриваются детали, отличающиеся от нее наличием других обрабатываемых поверхностей [1; 3]. Эти новые поверхности наносятся на чертеж исходной детали. Для упрощения разработки комплексной детали и, соответственно, группового технологического процесса между элементарными поверхностями и размерами деталей группы устанавливаются соответствия, которые сводятся в специальные *таблицы соответствия* [3].

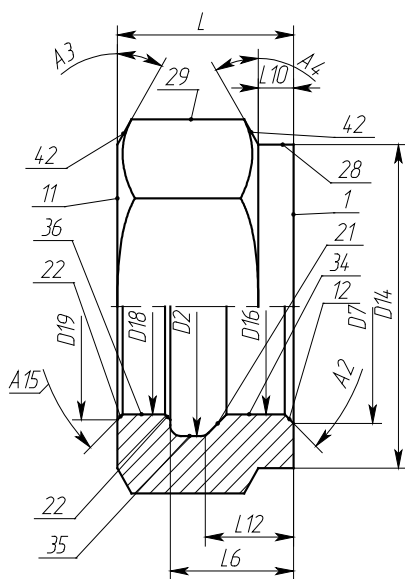
При заполнении такой таблицы для поверхностей деталей группы необходимо указать их шероховатость, а для размеров – их номинальное значение и поля допусков (при этом поля допусков фасок и угловых размеров не учитываются).

В качестве примера рассмотрим создание комплексной детали для группы деталей (рис. 1–6).



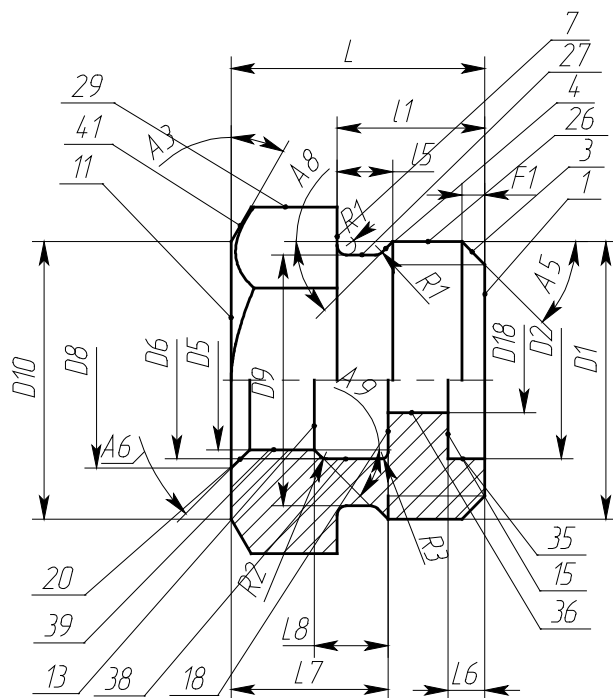
Р и с. 1. Эскиз детали «корпус»

F i g. 1. Sketch of the part "case"

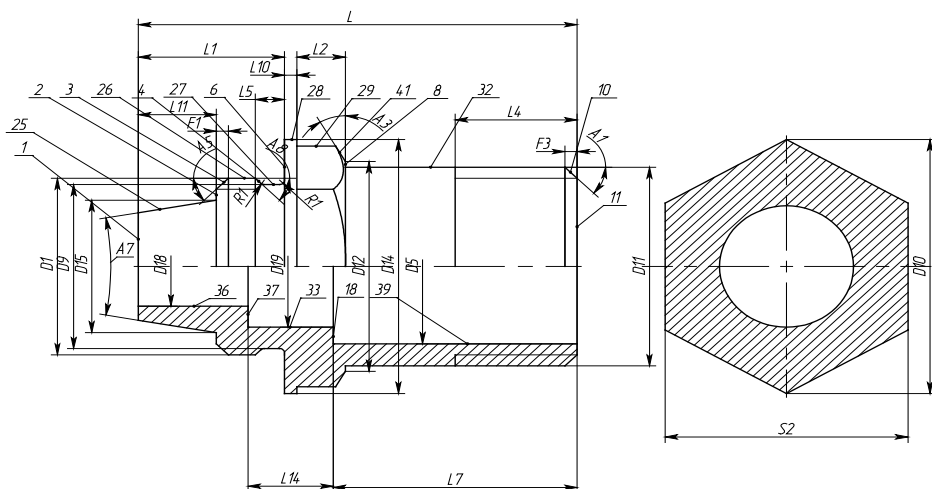


Р и с. 2. Эскиз детали «гайка»

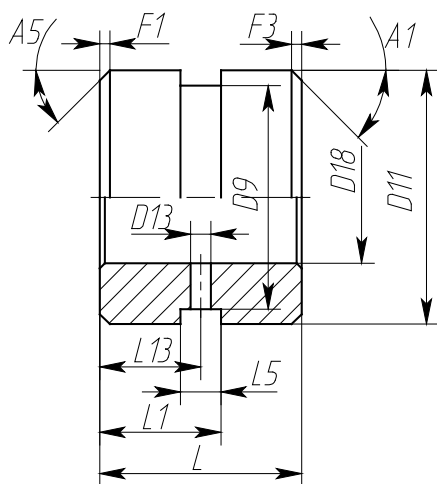
F i g. 2. Sketch of the part "nut"



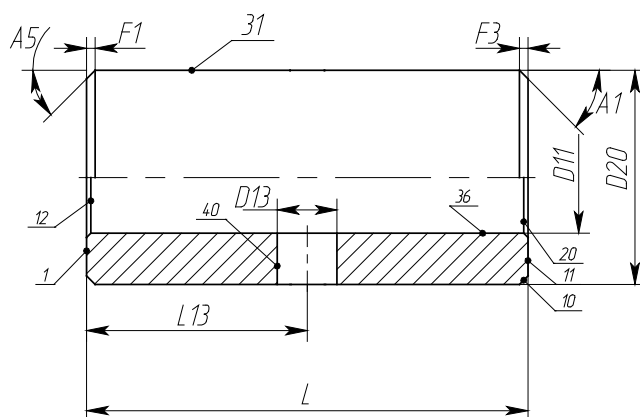
Р и с. 3. Эскиз детали «пробка»
F i g. 3. Sketch of the part “threaded plug”



Р и с. 4. Эскиз детали «цилиндр»
F i g. 4. Sketch of the part “cylinder”



Р и с. 5. Эскиз детали «втулка плавающая» турбокомпрессора CZ K27
 F i g. 5. Sketch of the part “floating bush” of turbocompressor CZ K27

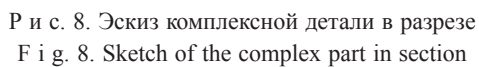
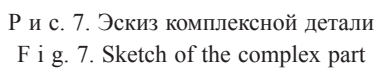


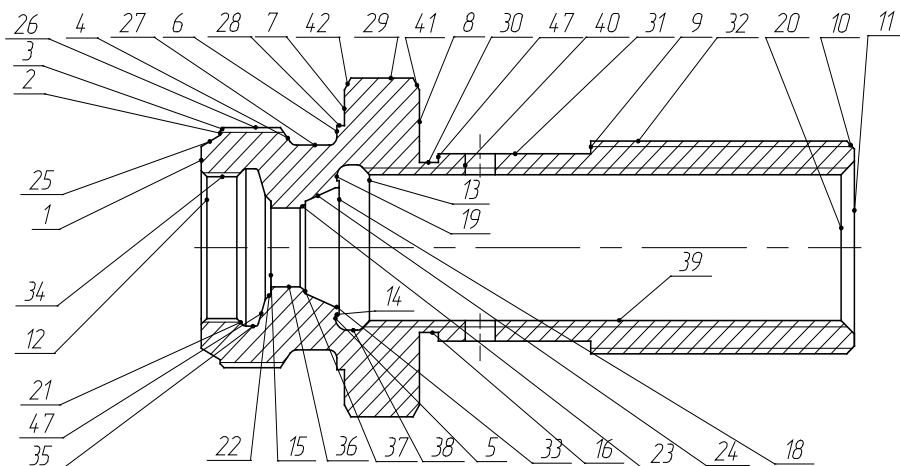
Р и с. 6. Эскиз детали «подшипник» турбокомпрессора CZ K27
 F i g. 6. Sketch of the part “bearing” of turbocompressor CZ K27

Выделим общие признаки для деталей данной группы: все они принадлежат группе типа «тела вращения»; при обработке поверхностей применяется в основном токарная обработка; в ходе технологического процесса используют-

ся однотипные оснастка и способы настройки технологической системы.

После анализа данной группы деталей была создана комплексная деталь, включающая в себя все необходимые элементы (рис. 7–9).





Р и с. 9. Эскиз параметрической модели
F i g. 9. Sketch of the parametric model

Для проектирования группового технологического процесса использовались возможности компьютерного моделирования, в данном случае – система параметрического автоматизированного проектирования и черчения «T-Flex CAD» [6].

Данная система обеспечивает возможность изменения изображения при сохранении соотношений между элементами, предусмотренных разработчиком. Уникальный механизм параметризации и полный набор профессиональных инструментов компьютерного проектирования позволяют существенно упростить процесс конструирования и оформления графической документации.

Под параметризацией подразумевается, прежде всего, многократное использование чертежа с возможностью изменения его параметров. Почти все разработчики CAD-систем заявляют о средствах параметризации, предлагают построение геометрической модели детали с помощью переменных, позволяющих задать любой параметр линии построения, в том числе расстояние, на котором находится параллельная прямая, или отношение, в котором данная линия построения делит отрезок, заданный двумя узлами.

Для построения параметрической модели была выбрана следующая последовательность.

1. Анализ эскиза комплексной детали и таблицы соответствий группы деталей на предмет необходимого количества параметров (переменных).

Для удобства пользования все переменные были разделены на группы: D_x – диаметральные размеры; L_x – линейные размеры; R_x – радиальные размеры; A_x – угловые размеры; F_x – размеры фаски; M_x – размеры резьбы (где x – любое действительное число).

2. Формирование таблицы параметров (рис. 10) на основании таблицы соответствий (рис. 11) в редакторе переменных системы «T-Flex».

Редактор переменных

Файл Правка Переменная Список Вставить Вид ?

VAR

	Имя	Выражение	Значение	Комментарий
1	M4	20	20	
2	M3	19	19	
3	M2	29.00	29	
4	M1	26.16	26.16	
5	F3	2.0	2	
6	F2	1	1	
7	F1	1.0	1	
8	A14	0	0	
9	A13	45	45	
10	A12	57	57	
11	A11	45	45	
12	A10	-343.5	-343.5	
13	A9	45	45	
14	A8	36	36	
15	A7	45	45	
16	A6	30	30	
17	A5	45	45	
18	A4	30	30	
19	A3	30	30	
20	A2	45	45	
21	A1	45	45	
22	R5	1	1	
23	R4	2	2	
24	R3	2.000	2	
25	R2	1.000	1	
26	R1	1.00	1	
27	D21	12.7	12.7	
28	D20	25.51	25.51	
29	D19	11	11	
30	D18	10	10	
31	D17	15.00	15	
32	D16	18.00	18	
33	D15	28	28	
34	D14	31.00	31	
35	D13	4	4	
36	D12	40.00	40	
37	D11	27.00	27	
38	D10	43.000	43	
39	D9	26.00	26	
40	D8	20	20	
41	D7	22	22	
42	D6	21.00	21	
43	D5	19.00	19	
44	D4	17.00	17	
45	D3	12.5	12.5	
46	D2	20.56	20.56	
47	D1	30.00	30	
48	S1	23.51	23.51	
49	L14	8	8	
50	L13	5	5	
51	L12	6.7	6.7	
52	L11	5	5	
53	L10	2	2	
54	L9	1	1	
55	L8	9	9	
56	L7	137	137	
57	L6	15	15	
58	L5	15	15	
59	L4	70	70	
60	L3	16.00	16	
61	L2	20	20	
62	L1	36	36	
63	L	173	173	

Сообщение:

OK Отменить

Стр: 1 Поз: 1

Р и с. 10. Таблица переменных

F i g. 10. Table variables



Параметр/ Parameter	Номер детали/Part numbers						Параметр/ Parameter	Номер детали/Part numbers					
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
D_1 мм/mm	M60x3	-	M60x4	M80x4	-	-	L	140h14	50h14	55h14	180h14	102h14	45h10
D_2 мм/mm	40H14	72H14	M30-6H	-	-	-	L_1	36 $\pm IT14/2$	-	32 $\pm IT14/2$	60h14	-	-
D_3 мм	-	-	14H14	-	52H14	-	L_2	28h14	-	-	20 $\pm IT14/2$	-	-
D_4 мм	25h14	-	-	-	-	-	L_3	20 $\pm IT14/2$	-	-	-	-	-
D_5 мм	40H14	-	22H14	70H14	-	-	L_4	48 $\pm IT14/2$	-	-	-	48h14	36h14
D_6 мм	-	-	30.5H14	-	80H14	-	L_5	15 $\pm IT14/2$	-	17 $\pm IT14/2$	-	-	-
D_7 мм	-	-	-	-	-	-	L_6	90 $\pm IT14/2$	35 $\pm IT14/2$	8x IT14/2	-	-	30 $\pm IT14/2$
D_8 мм	44H14	70H14	-	-	36H14	-	L_7	40 $\pm IT14/2$	-	35 $\pm IT14/2$	100 $\pm IT14/2$	8 $\pm IT14/2$	60 $\pm IT14/2$
D_9 мм	-	-	54.3h14	74.3h14	-	-	L_8	-	-	12 $\pm IT14/2$	-	-	-
D_{10} мм	86h14	104h14	75h14	109h14	-	-	L_9	2 $\pm IT14/2$	-	-	-	-	-
D_{11} мм	56H14	-	-	90h14	M95x4	-	L_{10}	-	10 $\pm IT14/2$	-	5h14	-	-
D_{12} мм	65H14	90h14	60h14	95h14	-	-	L_{11}	-	-	-	32 $\pm IT14/2$	-	-
D_{13} мм	-	-	-	-	-	-	L_{12}	90 $\pm IT14/2$	25 $\pm IT14/2$	-	-	34 $\pm IT14/2$	-
D_{14} мм	-	90h14	-	115h14	-	-	L_{13}	-	-	-	-	35 $\pm IT14/2$	22.5h14
D_{15} мм	-	-	-	60h14	-	-	L_{14}	-	-	-	35 $\pm IT14/2$	36 $\pm IT14/2$	-
D_{16} мм	-	66H14	-	-	M30x2	-	A_1 , град/deg	45	-	-	45	-	45
D_{17} мм	-	-	-	55h14	52H14	-	A_2 , град/deg	45	45	45	45	45	-
D_{18} мм	16H14	60H14	-	36H14	30H14	-	A_3 , град/deg	30	30	30	30	45	-
D_{19} мм	-	-	-	-	45H14	-	A_4 , град/deg	30	-	-	45	-	-
D_{20} мм	-	-	-	-	80h14	35h14	A_5 , град/deg	45	-	45	-	-	45
R_1 мм	-	-	16	2	-	-	A_6 , град/deg	-	-	45	-	-	-
R_2 мм	16	-	-	-	-	-	A_7 , град/deg	-	-	-	20	-	-
R_3 мм	16	-	-	-	-	-	A_8 , град/deg	45	-	45	45	-	-
R_4 мм	-	3	-	-	-	-	A_9 , град/deg	-	-	45	-	-	-
R_5 мм	-	5	-	-	-	-	A_{10} , град/deg	-	-	-	-	-	-
S_1	-	-	-	-	32h14	-	A_{11} , град/deg	-	-	-	-	-	-
S_2	-	-	-	95h14	-	-	A_{12} , град/deg	-	-	-	-	-	-
F_1	15	-	-	-	15	2	A_{13} , град/deg	-	-	-	-	-	60
F_2	15	-	-	-	15	2	A_{14} , град/deg	-	-	-	-	-	-

Р и с. 11. Таблица соответствий деталей группы
F i g. 11. Correspondence table details of the group

3. Построение наглядной геометрической модели с помощью таблицы параметров, сформированной выше.

Данная операция происходит в 6 этапов:

1) создание базовых линий, в качестве которых определены оси симметрии и левый торец детали (пов. 1);

2) создание диаметральных размеров, которое осуществляется от оси симметрии детали;

3) создание линейных размеров (взаиморасположение линий построения определяется расположением соответствующих размерных линий на чертежах конкретных деталей);

4) создание остальных размеров (фаски, радиусы закруглений, угловые размеры);

5) создание контура комплексной детали;

6) ввод в таблицу переменных информации о конкретной детали из таблицы соответствий и сохранение информации в файле с расширением «.rag».

Результаты исследования

В результате работы была создана параметрическая модель комплексной детали, сформированной для группы деталей типа «тела вращения» с помощью системы автоматизированного проектирования «T-Flex CAD». Данная модель позволяет путем изменения параметров получать различные геометрические конфигурации деталей группы, а также других деталей, которые можно отнести к рассматриваемому типу. К преимуществам данной

параметрической модели относятся возможность ее использования при составлении как группового технологического процесса, так и индивидуального процесса механической обработки детали, а также возможность проектирования процесса и формирования технологической документации с помощью системы «ТехноПро».

Обсуждение и заключения

Использование параметризации в групповой технологии позволяет осуществлять:

- проверку правильности построения комплексной детали;

- отсутствие сложностей при добавлении деталей, соответствующих этой группе;

- автоматическое формирование эскизов маршрута технологического процесса для конкретной детали из маршрута обработки группового технологического процесса;

- сокращение общего времени на конструкторско-технологическую подготовку.

Данная методика может быть применима при проектировании, изготовлении и ремонте множества деталей, например, подшипниковых узлов турбокомпрессора [8]. В группу рассматриваемых в статье деталей были включены втулки подшипниковых узлов современных турбокомпрессоров (рис. 5–6) [9–10]. Использование высокопроизводительного оборудования и группового технологического процесса позволяет снизить их себестоимость и повысить качество.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Митрофанов С. П. Групповая технология машиностроительного производства : в 2-х т. 3-е изд., перераб. и доп. Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. Т. 1. 407 с., ил.
2. Боярский В. Г., Сихимбаев М. Р., Шеров К. Т. Переналаживаемая технологическая оснастка для групповой обработки. Фундаментальные исследования. 2011. № 12-3. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/perenalazhivaemaya-tehnologicheskaya-osnastka-dlya-grupповой-obrabotki>.
3. Митрофанов С. П. Особенности групповой технологии механической обработки в современных условиях. Металлообработка. 2001. № 2. С. 4–8. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=9514803>.



4. Марков А. М., Маркова М. И., Плетнева Е. М. Алгоритм проектирования группового технологического процесса механической обработки деталей. Обработка металлов (технология, обработка, инструменты). 2012. № 4. С. 5–9. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=18752920>.

5. Татаркин Е. Ю., Фирсов А. М., Калистру В. А. Особенности проектирования технологических процессов в условиях многономенклатурного производства. Актуальные проблемы в машиностроении. 2015. № 2. С. 87–91. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=23723973>.

6. Яблочников Е. И., Молочник В. И., Гусельников В. С. Метод разработки групповых технологических процессов для оборудования с числовым программным управлением. Известия вузов. Приборостроение. 2010. Т. 53, № 6. С. 63–67. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=15116475>.

7. Бунаков П. Ю. Сквозное проектирование в T-Flex. М. : ДМК-Пресс, 2011. 325 с., ил.

8. Сенин П. В. Комплексный подход к ремонту турбокомпрессоров. Сельский механизатор. 2013. № 12. С. 34–35. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=21283552>.

9. Овчинников А. Ю., Власкин В. В., Кузнецова М. В. Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : межвуз. сб. науч. тр. Саранск, 2013. С. 311–315. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=22737416>.

10. Овчинников А. Ю. Разработка стратегии выбора ремонтно-восстановительных воздействий для обеспечения работоспособности турбокомпрессоров двигателей внутреннего сгорания : дис. ...канд. техн. наук. Саранск, 2015. 202 с. URL: <http://dlib.rsl.ru/rsl0100500000/rsl01005562000/rsl01005562897/rsl01005562897.pdf>.

Поступила 12.04.2016; принята к публикации 30.05.2016; опубликована онлайн 30.09.2016

Об авторах:

Овчинников Александр Юрьевич, ассистент кафедры технологии машиностроения Рузаевского института машиностроения ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Рузаевка, ул. Ленина, 93), кандидат технических наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6796-1824>, alexrurzrm@rambler.ru

Князева Наталья Юрьевна, доцент кафедры технологии машиностроения Рузаевского института машиностроения ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Рузаевка, ул. Ленина, 93), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0028-8193>, natalja-knjazeva@lenta.ru

REFERENCES

1. Mitrofanov SP. Gruppovaya tekhnologiya mashinostroitel'nogo proizvodstva. T. 1. Organizatsiya gruppovogo proizvodstva [Group technology machine-building production. Vol. 1 Organization of group production]. Leningrad: Mashinostroyeniye; 1983. (In Russ.)

2. Boyarsky VG, Sikhimbayev RM, Sherov KT. Perenalazhivayemaya tekhnologicheskaya osnastka dlya gruppovoy obrabotki [Reconfigurable tooling for batch processing]. *Fundamentalnyye issledovaniya* = Fundamental Research. 2011; 3(12):542-547. Available from: <http://cyberleninka.ru/article/n/perenalazhivaemaya-tehnologicheskaya-osnastka-dlya-gruppovoy-obrabotki>. (In Russ.)

3. Mitrofanov SP. Osobennosti gruppovoy tekhnologii mekhanicheskoy obrabotki v sovremennykh usloviyakh [Features group machining technology in modern conditions]. *Metallobrabotka* = Metalworking. 2001; 2:4-8. Available from: <http://elibrary.ru/item.asp?id=9514803>. (In Russ.)

4. Markov AM, Markov MI, Pletneva YeM. Algoritm proektirovaniya gruppovogo tekhnologicheskogo protsessa mekhanicheskoy obrabotki detaley [Algorithm design group process machining]. *Obrabotka metallov (tekhnologiya, obrabotka, instrumenty)* = Processing of Metals (technology, process, tools). 2012; 4:5-9. Available from: <http://elibrary.ru/item.asp?id=18752920>. (In Russ.)

5. Tatarkin YeYu, Firsov AM, Calistru VA. Osobennosti proyektirovaniya tekhnologicheskikh protsessov v usloviyakh mnogonomenklaturnogo proizvodstva [Features of the design process in the conditions of multiproduct manufacturing]. *Aktualnyye problemy v mashinostroyenii* = Actual problems in mechanical engineering. 2015; 2:87-91 Available from: <http://elibrary.ru/item.asp?id=23723973>. (In Russ.)

6. Yablochnikov YeI, Milkman VI, Guselnikov VS. Metod razrabotki gruppovykh tekhnologicheskikh protsessov dlya oborudovaniya s chisloym programmnyy upravleniyem [Development group technological process method for equipment with numerical control]. *Izvestiya vuzov. Priborostroeniye* = Bulletin of the universities. Instrumentation. 2010; 6(53):63-67. Available from <http://elibrary.ru/item.asp?id=15116475>. (In Russ.)
7. Bunakov PY. Skvoznoye proyektirovaniye v T-Flex [Cross-cutting design in T-Flex]. Moscow: DMK Press, 2011. (In Russ.)
8. Senin AV. Kompleksnyy podkhod k remontu turbokompressorov [An integrated approach to the repair of turbochargers agricultural equipment]. *Selskiy mekhanizator* = Rural mechanic. 2013; 12:34-35. Available from: <http://elibrary.ru/item.asp?id=21283552>. (In Russ.)
9. Ovchinnikov AYu, Vlaskin VV, Kuznetsov MV. Energoeffektivnyye i resursosberegayushchiye tekhnologii i sistemy [Energy-efficient and resource-saving technologies and systems]. In: The interuniversity collection of scientific works. Saransk; 2013:311-315. Available from: <http://elibrary.ru/item.asp?id=22737416>. (In Russ.)
10. Ovchinnikov AYu, Razrabotka strategii vybora remonto-vosstanovitelnykh vozdeystviy dlya obespecheniya rabotosposobnosti turbokompressorov dvigateley vnutrennego sgoraniya [Development of a strategy for selection of repair and restoration of impacts to ensure efficiency turbochargers of internal combustion engines]. Abstract of Ph.D. thesis (Engineering). Saransk; 2015. Available from: <http://dlib.rsl.ru/rsl01005000000/rsl01005562000/rsl01005562897/rsl01005562897.pdf>. (In Russ.)

Submitted 12.04.2016; accepted 30.05.2016; published online 30.09.2016

About the authors:

Aleksandr Yu. Ovchinnikov, assistant of Mechanical Engineering chair, Ruzayevka Institute of Machinery, National Research Mordovia State University (93, Lenina St., Ruzayevka, Russia), Ph.D. (Engineering), **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-6796-1824>, alexrurzrm@rambler.ru

Natalya Yu. Knyazeva, docent of Mechanical Engineering chair, Ruzayevka Institute of Machinery, National Research Mordovia State University (93, Lenina St., Ruzayevka, Russia), **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-0028-8193>, natalja-knyazeva@lenta.ru