

Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами, системы автоматизации проектирования

Научная статья

Статья в открытом доступе

УДК 004.021

doi: 10.30987/2658-6436-2025-1-4-11

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ТРЕХМЕРНЫХ ДЕТАЛЕЙ НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТКИ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РАБОТЫ В КОМПАС-3D

Елена Евгеньевна Биткина✉

Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, г.Омск, Россия

eesh03@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7243-2174>

Аннотация. *Представлена методика автоматизации части работ конструктора на этапе проектирования параметрической 3D модели за счет применения разработанного приложения для КОМПАС-3D. Проектирование однотипных деталей затрачивает огромное количество времени, в связи с этим была разработана программа, которая позволяет применять механизмы параметризации для автоматического создания 3D модели заготовки-прототипа. Процесс автоматизации заключается в применении созданного приложения для КОМПАС-3D, позволяющего использовать параметры, формирующие 3D модель, через окно ввода переменных. Разработанная программа направлена на исключение работы пользователя с булевыми операциями и эскизами и создания библиотеки-приложения для типовых деталей. Разработанное приложение, позволяющее автоматизировать процесс создания 3D модели, реализовано посредством языка программирования Python и приложения КОМПАС-Макро. Предложенная методика автоматизации проектирования параметрических 3D моделей заготовок-прототипов за счет применения автоматизации создания параметрической 3D модели, реализована на примере проектирования детали «стакан». Для оценки эффективности применения данного метода проведен сравнительный анализ временных затрат для моделирования данной детали традиционным способом и булевых операций, и с помощью разработанной программы. В результате установлено, что время работы конструктора на создание 3D модели предложенной детали автоматизированным способом сокращается в несколько раз. Моделирование процесса автоматизированного проектирования параметрической 3D модели заготовки-прототипа на основе предложенного алгоритма реализовано на основе применения теории графов. Данная методика может быть полезна инженеру-программисту, который имеет опыт программирования в Python и навыками разработки конструкторской документации с использованием машиностроительной конфигурации КОМПАС-3D для создания собственной встроенной библиотеки-приложения, а также инженеру конструктору, который решает задачи для обеспечения технологического суверенитета страны.*

Ключевые слова: автоматизация проектирования, параметрическое моделирование, КОМПАС-Макро, язык программирования Python

Для цитирования: Биткина Е.Е. Автоматизированное проектирование параметрических трехмерных деталей на основе разработки приложения для работы в КОМПАС-3D // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. 2025. №1 (27). С. 4-11. doi: 10.30987/2658-6436-2025-1-4-11.

Original article

Open Access Article

AUTOMATED DESIGN OF PARAMETRIC THREE-DIMENSIONAL PARTS BASED ON THE APPLICATION DEVELOPMENT FOR WORKING IN KOMPAS-3D

Elena E. Bitkina✉

Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russia

eesh03@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7243-2174>

Abstract. *The paper presents a method for automating a portion of a drafter's work during the parametric 3D model design phase, by using a developed application for KOMPAS-3D. Designing repetitive parts consumes a significant amount of time; therefore, the author has developed a program that enables applying parameterization mechanisms for the automatic creation of a 3D model of a prototype blank. The automation process involves using the created KOMPAS-3D application, which allows parameters that form the 3D model to be manipulated through a variable input window. The developed program aims to eliminate the user's interaction with Boolean operations and sketches, and to create an application library for standard parts. The developed application, which automates the 3D model creation process, is implemented using the Python programming language and the KOMPAS-Macro application. The paper demonstrates the proposed method for automating the design of parametric 3D models of prototype blanks, through automated creation of the parametric 3D model, using the example of designing a "glass" part. To evaluate the effectiveness of this method, the author conducts a comparative analysis of the time spent modelling this part using the traditional method with Boolean operations, and using the developed program. The results show that the drafter's time spent creating the 3D model of the proposed part is reduced several times over using the automated method. Modelling the process of automated design of a parametric 3D model of a prototype blank, based on the proposed algorithm, is implemented using the graph theory. This method can be useful for a programmer-engineer with experience in Python programming and skills in developing design documentation using the mechanical engineering configuration of KOMPAS-3D for creating their own embedded application library, as well as for a design engineer who solves problems to ensure the technological sovereignty of the country.*

Keywords: design automation, parametric modelling, KOMPAS-Macro, Python programming language

For citation: Bitkina E.E. Automated Design of Parametric Three-Dimensional Parts Based on the Application Development for Working in Kompas-3D // Automation and modeling in design and management, 2025, no. 1 (27). pp. 4-11. doi: 10.30987/2658-6436-2025-1-4-11.

Введение

Применение автоматизированного проектирования изделий приводит к значительному повышению эффективности проектировщика, конструктора и других специалистов, участвующих в разработке проектов. Интенсивное развитие отечественных САПР для обеспечения технологического суверенитета нашей страны привело к совершенствованию их функциональных возможностей и стимулирование интереса к инженерной деятельности. Повышение эффективности труда в современных реалиях требует от инженера глубоких знаний САПР для автоматизированной разработки конструкторской документации и проведения инженерных расчетов. Владение механизмами автоматизации действий конструктора при проектировании с применением технологии реверс-инжиниринга должно стать привилегией при проектировании изделий. Параметрическое моделирование является актуальной составляющей моделирования при использовании программ для разработки конструкторской документации. Однако и при использовании параметрического моделирования конструктор затрачивает огромное количество времени на выполнение повторяющихся действий при проектировании однотипных по форме деталей. Опыт применения интегрированной связки конструкторских программ и макросов показал, что применение параметрического 3D моделирования с использованием программы КОМПАС-3D позволяет проектировщику в несколько раз повысить производительность труда и, что самое важное улучшить качество, и достоверность принимаемых решений [1, 2]. Механизмы параметризации позволяют выполнять множество итераций по нахождению оптимального конструктивного решения за минимальное время, а единая среда – производить расчет для всех этих вариантов.

Как известно, параметризацию, возможно, осуществлять как с использованием 2D, так и 3D графики [3, 4]. При оценке преимуществ параметрического 3D моделирования следует выделить то, что с его помощью выполняется достаточно большой объем проектных работ. Однако использование параметрического 3D моделирования при проектировании изделий с одинаковой геометрией приводит к изменению размеров детали и повторению одних и тех же действий [5, 6]. В связи с этим предложено разработать программное обеспечение, которое позволяет пользователю использовать прототип параметрической 3D модели и изменять ее геометрию вводом значения переменных в окна запроса и не тратить время на создание новой модели, повторяя весь цикл создания тел с использованием графического пакета КОМПА-3D.

Цель работы – создание программного обеспечения для автоматизации опытно-конструкторских работ с применением САПР, при проектировании однотипных деталей. Задача исследования заключается в снижении трудоемкости разработки 3D модели для повторяющихся деталей типа «фланец» или «стакан».

Материалы, модели, эксперименты и методы

Целесообразно автоматизировать часть работы конструктора на примере проектирования детали «стакан» для повышения эффективности работы и выполнения задач по технологическому суверенитету [7]. Автоматизация процесса проектирования однотипных деталей с одинаковой геометрией осуществляется за счет применения разработанного программного математического обеспечения реализованного с использованием Python. Для создания данного типа деталей рассмотрен один из алгоритмов ее проектирования с использованием КОМПАС-3D. Автоматизация работы конструктора осуществляется за счет использования макроса. На первоначальном этапе создается 3D модель детали заготовки-прототипа с использованием макроса. Определенный набор действий, который необходим для создания заготовки-прототипа стакана, записана через КОМПАС-Макрос, а далее программа дорабатывается под требуемый алгоритм для создания детали «стакан» на основе заготовки-прототипа с помощью языка Python.

Компас макро – это программа, позволяющая выполнять алгоритм действий в программе КОМПАС-3D автоматизируя часть работы конструктора при проектировании деталей.

Алгоритм создания макроса в КОМПАС-3D представлен блок-схемой на рис. 1.

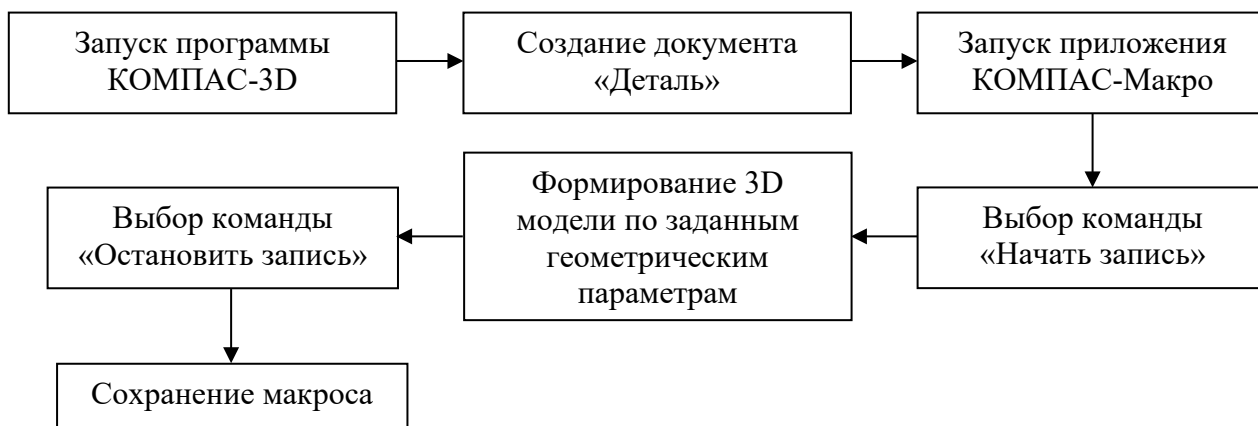


Рис. 1. Алгоритм записи макроса в КОМПАС-3D
Fig. 1. Algorithm for recording a macro in KOMPAS-3D

С помощью данного макроса создается заготовка-прототип детали. С использованием записанного макроса создается программы с применением языка программирования Python, которая позволяет создать приложение для формирования параметрической 3D модели «стакан» и базы данных геометрических параметров изделия. При запуске разработанного приложения в КОМПАС-3D пользователь получает доступ к переменным, формирующим параметрическую 3D модель и через окно ввода параметров, вводит значения переменных, формирующих изделие. На рис. 2 представлено окно ввода геометрических параметров изделия для создания 3D модели.

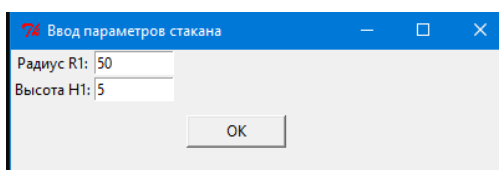


Рис. 2. Окно ввода переменных, формирующих 3D модель стакана
Fig. 2. Window for entering variables that form a 3D model of a glass

Процесс автоматизированного проектирования заготовки-прототипа с использованием разработанного приложения выполняется в следующей последовательности:

- копирование папки с приложением, которое позволяет в программе КОМПАС-3D моделировать данные детали;
- запуск программы КОМПАС-3D;
- вызов приложения КОМПАС-Макро;
- ввод значений переменных, которые формируют заготовку-прототип;
- создание дополнительных элементов, формирующих окончательную 3D модель изделия.

Если проектируемая детали по наличию элементов не отличается от заготовки-прототипа, то последний этап не используется, а конструктор переходит к проведению инженерного анализа или созданию чертежа детали, на основе ассоциативных видов. Применение данного макроса дает предпосылки создания библиотеки с заготовками-прототипами деталей «стакан».

Для моделирования процесса проектирования детали «стакан» на основе заготовки-прототипа с использованием КОМПАС-Макро и установления взаимосвязей используется теория графов [8, 9].

Граф представляет собой совокупность вершин (Q_1, Q_2, \dots) и дуг (ребер) (e_1, e_2, \dots), которые соединяют вершины. Вершины графа определяют конечные дискретные множества, а дуги отражают взаимосвязи между этими множествами. К основным характеристикам графа и его элементам можно отнести следующие понятия. Две вершины (Q_1, Q_2), образующие ребро, называют его концами. Ребро соединяет вершины Q_1 и Q_2 . Две вершины называются смежными, если они соединены одной дугой. Если вершина соединена с ребром его концом, то они называются инцидентными. На рис. 3, а вершины Q_1 и Q_2 смежны. Ребра e_1 и e_6 смежны, а e_5 и e_3 не смежны. Вершина Q_5 и ребро e_5 инцидентны. Число ребер, инцидентных вершине Q , определяется степенью вершины и обозначается $\deg Q$. Так, на рис. 3, а $\deg Q_1 = 2$, $\deg Q_4 = 3$ [10]. На рис. 3, б представлен пример простого неориентированного графа.

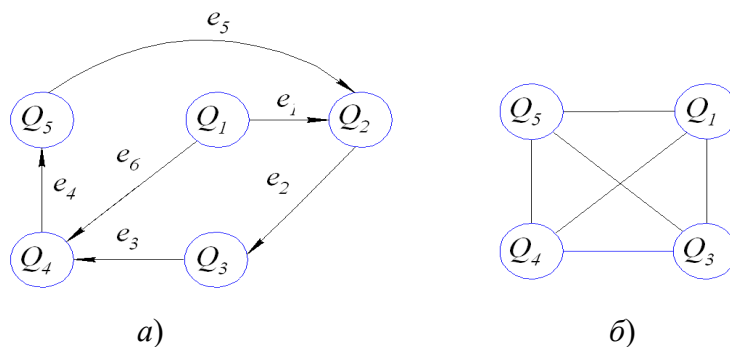


Рис. 3. Примеры изображений графов:

a – ориентированный граф; *б* – полный граф

Fig. 3. Examples of graph images:

a – directed graph; *b* – complete graph

На основе установления взаимосвязей между конечными дискретными множествами с помощью теории графов возможно моделирование процесса проектирования детали «стакан» с использованием макроса. На рис. 4 представлен граф, отражающий данный процесс, где $P_1, P_2 \dots P_6$ этапы проектирования детали.

Разработанный граф имеет простой путь, который модулирует процесс проектирования детали с использованием КОМПАС-Макро, позволяющий автоматизировать часть действий конструктора и описывается следующим выражением:

$$\mu(P_1, P_2, \dots, P_k, P_{k+1}), \quad (1)$$

где P_1, P_2, \dots последовательные вершины, разработанного графа.

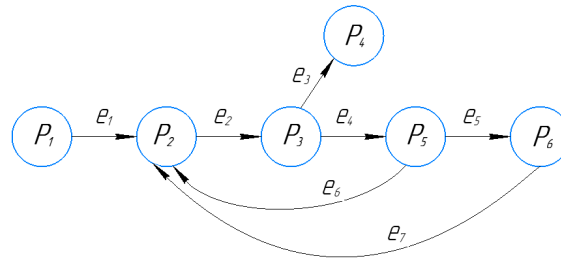


Рис. 4. Граф, отражающий процесс проектирования детали с использованием разработанного приложения

Fig. 4. Graph reflecting the process of designing a part using the developed application

На основе разработанного графа создана блок-схема, которая описывает процесс проектирования изделия на основе разработанного приложения (рис. 5)

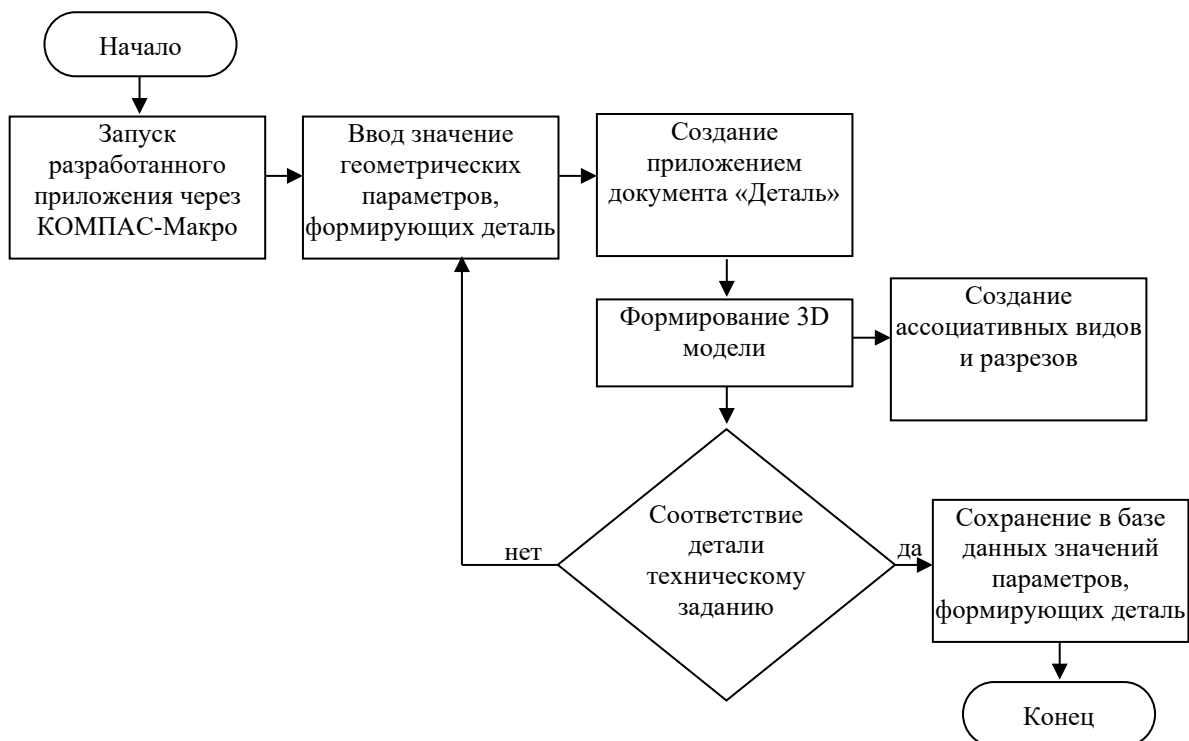


Рис. 5. Блок-схема, поясняющая алгоритм работы с разработанным приложением
Fig. 5. Block diagram explaining the algorithm for working with the developed application

Далее представлена часть разработанной программы, которая используется для работы приложения.

```

from tkinter import *
from tkinter import Tk, StringVar
try:
    f = open('cldr_v01.txt', 'r+')
except:
    f = open('cldr_v01.txt', 'w+')
    f.write("30\n")
    f.write("10\n")
    f.seek(0, 0)
finally:
    lines = f.readlines()

```

```

    f.close()
def clicked():
    window.destroy()
def is_valid_float(newval):
    if newval not in '0123456789.':
        return False
    return True
window = Tk()
window.title("Ввод параметров стакана")
window.geometry('400x250')

# Радиус детали R1
lbl_r1 = Label(window, text="Радиус R1:")
lbl_r1.grid(row=0, column=0)
check = (window.register(is_valid_float), "%S")
var_r1 = StringVar()
var_r1.set(lines[0])
ent_r1 = Entry(window, width=10, validate="key", validatecommand=check,
textvariable=var_r1)
ent_r1.grid(row=0, column=1)
# Высота детали H1
lbl_h1 = Label(window, text="Высота H1:")
lbl_h1.grid(row=1, column=0)
check = (window.register(is_valid_float), "%S")
var_h1 = StringVar()
var_h1.set(lines[1])
ent_h1 = Entry(window, width=10, validate="key", validatecommand=check,
textvariable=var_h1)
ent_h1.grid(row=1, column=1)
btn_OK = Button(window, width=10, text="OK", command=clicked)
btn_OK.grid(row=3, column=3, pady=10, padx=10)
window.mainloop()
f = open('cldr_v01.txt', 'w')
.....

```

На рис. 6 представлена 3D модель, которая создана с использованием разработанного приложения.

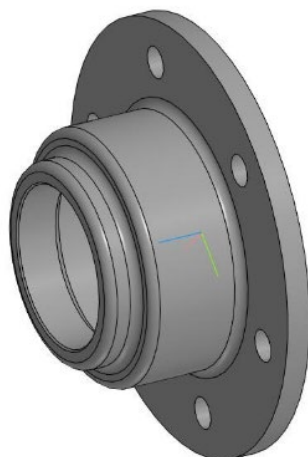


Рис. 6. 3D модель детали, созданная с использованием разработанной программы
Fig. 6. 3D model of the part created using the developed program

Для проверки функционирования данной методики и эффективности практического применения разработанного приложения проведены экспериментальные исследования на примере проектирования деталей фланец в компании ООО «ПромИнтеллект». Инженер компании осуществлял проектирование параметрических 3D моделей деталей фланец с применением данного приложения. Для оценки эффективности работы проведен расчет трудоемкости моделирования параметрической 3D модели с использованием созданной программы и при создании традиционным способом, применяя булевы операции. В результате установлено, что время, затраченное на проектирование данной 3D модели с использованием предложенной программы в 2 раза ниже, по сравнению со временем проектирования традиционным способом.

Также в процессе проектирования создана база данных, в которой сохраняются значения переменных при формировании прототипа-заготовки деталей «стакан», и которая в дальнейшем может служить для создания библиотеки.

Заключение

В результате проделанной работы достигнута автоматизация части процесса проектирования однотипных деталей. Данная автоматизация достигается за счет применения программы, которая позволяет формировать параметрические 3D модели на основе заготовки-прототипа, путем ввода переменных. Разработанная программа интегрируется в систему автоматизированного проектирования КОМПАС-3D, совершенствуя механизм параметрического моделирования, исключая работу по созданию тел через булевы операции вручную. Предложенный алгоритм параметрического моделирования реализован с использованием языка программирования Python, который позволяет проектировщику или конструктору автоматизировать процесс проектирования конструкторской документации. Применение предложенной методики по созданию однотипных деталей позволяет повысить эффективность работы конструктора за счет снижения трудоемкость разработки однотипных деталей.

Список источников:

1. Единая система конструкторской документации. Общие правила выполнения чертежей. М.: Стандарты, 1988. – 240 с.
2. Особенности трехмерного моделирования на примере проектирования токарно-фрезерного обрабатывающего центра / Е. Кузнецов, К. Курочкин, и др. // САПР и графика. – 2006. – № 5. – С. 71–76.
3. Параметризация – КОМПАС-3D – Аскон: [Электронный ресурс]. URL: https://help.ascon.ru/KOMPAS/22/ru-RU/dlg_parametric_setup.html. (Дата обращения: 17.07.2024).
4. Губич Л.В., Прохорова А.А. Автоматизация проектирования типовых конструкций на базе средств параметризации САД-систем // Информатика. – 2007. – №4. – С.67–76.
5. Буторов В.В. Автоматизация параметрического моделирования в машиностроительном производстве // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. Технические науки. – 2012. – С. 140-141.
6. Гумунюк П.В., Шурпо А.Н. Использование технологии автоматного программирования при разработке приложения для программирования с помощью инструментальных средств // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. – № 3. – 2023. – С. 4-12.

References:

1. Unified System for Design Documentation. Basic Requirements for Drawing. Moscow: Standards; 1988.
2. Kuznetsov E, Kurochkin K, et al. Features of Three-Dimensional Modelling on the Example of Designing a Turning and Milling Machining Centre. CAD and Graphics. 2006;5:71-76.
3. Parameterization – KOMPAS-3D – Ascon: [Internet] [cited 2024 Jul 17]. Available from: https://help.ascon.ru/KOMPAS/22/ru-RU/dlg_parametric_setup.html
4. Gubich L.V., Prokhorova A.A. Automation of Standard Structure Design Based on Parametrization Tools of CAD Systems. Informatics. 2007;4:67-76.
5. Butorov V.V. Automation of Parametric Modelling in Mechanical Engineering Production. Actual Problems of Aviation and Aerospace Systems. Technical Sciences. 2012:140-141.
6. Gumunyuk P.V., Shurpo A.N. Using Automatic Programming Technology in the Application Development for Programming With Tools. Automation and Modelling in Design and Management. 2023;3:4-12.

7. Биткина, Е.Е. Стадии проектирования изделия в системе T-FLEX // Материалы международной научно-исследовательской конференции, посвященной 70-летию создания факультета ТС в АПК (Мех ФАК). – Омск, 2020. – С. 662-665.

8. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин: учебное пособие. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1998. – 447 с.

9. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. – М., 1978. – 432 с.

10. Роджерс Д. Алгоритмические основы машинной графики / перевод с англ. – М.: Мир, 1989. – 512 с.

11. Шмуленкова Е.Е. Система автоматизированной разработки чертежей металлорежущих инструментов с использованием методов параметрического трехмерного моделирования дис. ... канд. техн. наук: 05.13.12: защищена 16.03.2012; утв. 15.07.2013 / Елена Евгеньевна Шмуленкова. – Омск., 2012. – 141 с.

7. Bitkina E.E. Product Design Stages in the T-Flex System. In: Proceedings of the International Research Conference Dedicated to the 70th Anniversary of Creating the Faculty of Technical Means of the Agro-Industrial Complex (Mechanical Faculty); Omsk: 2020. p. 662-665.

8. Dunaev P.F., Lelikov O.P. Construction of Machine Components and Parts. 5th ed. Moscow: Vysshaya Shkola; 1998.

9. Christofides N. Graph Theory Algorithmic Approach. Moscow; 1978.

10. Rogers D. Procedural Elements for Computer Graphics. Moscow: Mir; 1989.

11. Shmulenkova E.E. Automated Development System for Metal-Cutting Tool Drawings Using Parametric Three-Dimensional Modelling Methods. Candidate of Technical Sciences Thesis. Omsk; 2012.

Информация об авторах:

Биткина Елена Евгеньевна

кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса, механики и электротехники Омского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина. <http://orcid.org/0000-0002-7243-2174>

Information about the authors:

Bitkina Elena Evgenievna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Technical Service, Mechanics and Electrical Equipment of Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin. <http://orcid.org/0000-0002-7243-2174>

Статья поступила в редакцию 04.09.2024; одобрена после рецензирования 04.02.2025; принята к публикации 19.02.2025.

The article was submitted 04.09.2024; approved after reviewing 04.02.2025; accepted for publication 19.02.2025.

Рецензент – Малаханов А.А., кандидат технических наук, доцент, Брянский государственный технический университет.

Reviewer – Malakhanov A.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Bryansk State Technical University.