

МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПРЕПОДАВАНИЯ

УДК 004

DOI: 10.12737/2308-4898-2024-12-2-40-50

И.В. Нестеров

Канд. техн. наук, доцент (МИИТ),
Российский университет транспорта,
Россия, 127055, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9

Е.А. Шейко

Ассистент,
Российский университет транспорта,
Россия, 127055, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9

А.А. Червякова

Студентка,
Российский университет транспорта,
Россия, 127055, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9

Использование методов начертательной геометрии в дисциплине «Информатика» для студентов технических специальностей

Аннотация. Рассматриваются вопросы о междисциплинарном взаимодействии курсов «Информатика» и «Начертательная геометрия» в технических вузах. Приведены особенности построения курса «Информатика» для студентов строительных специальностей и обсуждаются пути расширения практической части этого курса цифровыми методами решения задач начертательной геометрии. На языке программирования *VBA Excel* авторами были разработаны виртуальные инструменты для получения точек пересечения элементарных геометрических фигур. На базе использования этих инструментов предлагается методика решения некоторых задач начертательной геометрии с применением информационных технологий, но уже в рамках курса «Информатика», ориентированного на студентов строительных специальностей. Рассматривается решение задач начертательной геометрии в среде табличного редактора *Excel* в «полуручном» режиме, без программирования с последующей трёхмерной визуализацией в программах электронного черчения. Разработана технология передачи графической информации из табличного редактора *Excel* в системы электронного черчения для наглядной визуализации решения задач начертательной геометрии, выполненных с использованием цифрового моделирования на листе *Excel*. Описывается методика разработки прикладного программного обеспечения на *VBA Excel* для решения задач начертательной геометрии с минимальным набором входной информации и полным циклом автоматизации построения цифровой модели геометрических объектов. Приведены примеры работы прикладных программ моделирования пересечения поверхностей на *VBA Excel*. Рассмотрены особенности программной реализации алгоритмов начертательной геометрии на языке *C++* с использованием графической

библиотеки *OpenGL* для студентов *IT*-специальностей с направлением подготовки, ориентированного на разработку прикладного программного обеспечения для инженерных расчётов. Приведены примеры курсовых работ студентов с программами, реализующими методы начертательной геометрии.

Ключевые слова: начертательная геометрия, цифровое моделирование, информатика, табличный редактор, секущая плоскость, язык программирования, графическая библиотека.

I.V. Nesterov

Ph.D. of Engineering, Associate Professor, Head Department,
Russian University of Transport,
9 str., 9, Obraztsova, Moscow, 127055, Russia

E.A. Sheiko

Assistant,
Russian University of Transport,
9 str., 9, Obraztsova, Moscow, 127055, Russia

A.A. Chervyakova

Student,
Russian University of Transport,
9 str., 9, Obraztsova, Moscow, 127055, Russia

Using Descriptive Geometry Methods in the Discipline “Computer Science” for Students of Technical Specialties

Abstract. The issues of interdisciplinary interaction of the courses "Computer Science" and "Descriptive geometry" in technical universities are considered. The features of the construction of the Computer Science course for students of construction specialties are presented and ways to expand the practical part of this course by digital methods of solving problems of descriptive geometry are discussed. In the VBA Excel programming language, the authors have developed virtual tools for obtaining intersection points of elementary geometric shapes. Based on the use of these tools, a methodology is proposed for solving some problems of descriptive geometry using information technology, but already within the framework of the Computer Science course aimed at students of construction specialties. The solution of problems of descriptive geometry in the environment of the Excel spreadsheet editor in “semi-manual” mode, without programming, followed by three-dimensional visualization in electronic drawing programs, is considered. A technology has been developed for transferring graphical information from the Excel spreadsheet editor to electronic drawing systems for visual visualization of the solution of descriptive geometry problems performed using digital modeling on an Excel sheet. The article describes a methodology for developing application software based on VBA Excel for solving problems of descriptive geometry with a minimum set of input information and a full cycle of automation of building a digital model of geometric objects. Examples of the work of applied surface intersection modeling programs in VBA Excel are given. The features of the software implementation of descriptive geometry algorithms in *C++* using the OpenGL graphics library for students of IT specialties with a training focus on the development of applied software for engineer-

ing calculations are considered. Examples of students' term papers with programs implementing descriptive geometry methods are given.

Введение

В настоящее время цифровизация учебного процесса на базе высшей школы развивается высокими темпами и стала неотъемлемой частью образовательных стандартов нового поколения [30; 32]. В курсе «Инженерная графика» широко используются графические пакеты для электронного черчения [5; 28], что позволяет повысить наглядность и качество подготовки проектно-конструкторской документации. Чертёж — это язык инженера, в котором есть свой алфавит, правила формирования слов и предложений. В основе изучения этого языка лежит «Начертательная геометрия» [21; 22]. Именно она даёт базовые понятия, необходимые для правильного понимания процесса формирования геометрического образа проектируемого инженерного сооружения. К сожалению, под влиянием всеобщей цифровизации [18; 33] довольно часто высказывается утверждение о замене в техническом образовании «Начертательной геометрии» «Компьютерной графикой». Эта ошибочная точка зрения неоднократно опровергалась, но противоречия между карандашом и цифрой периодически обсуждаются на учебно-методических советах высших учебных заведений [9]. Целью этой публикации является частичное устранение этих противоречий, которое позволит, не изменяя курс классической «Начертательной геометрии» дополнить его “электронными карандашом и циркулем”, реализуя базовые алгоритмы начертательной геометрии не только на бумаге, но и на экране компьютера. При этом численное моделирование на базе этих алгоритмов выполняется в рамках курса «Информатика» [4], который читается на 1-м курсе параллельно с начертательной геометрией.

Особенности построения курса «Информатика» для инженеров строительных специальностей

Как правило, курсы «Информатики» [4; 8] в технических вузах строятся в соответствии с особенностями специализации будущих выпускников. Но учёт этих особенностей на 1-м курсе носит довольно условный характер. Дело в том, что «Информатика» — это инструмент для расчётов, а математические модели для них формируют прикладные инженерные дисциплины, изучение которых начинается, как правило, с 3-го курса. Поэтому практикум по информатике в основном содержит учебные задания

Keywords: descriptive geometry, digital modeling, computer science, tabular editor, secant plane, programming language, graphic library.

на базе вычислительных алгоритмов курса высшей математики, близких к предметной области специализации вуза [2]. В Российском университете транспорта (МИИТ) для студентов строительных специальностей курс «Информатика» строится согласно схеме, приведенной на рис. 1.

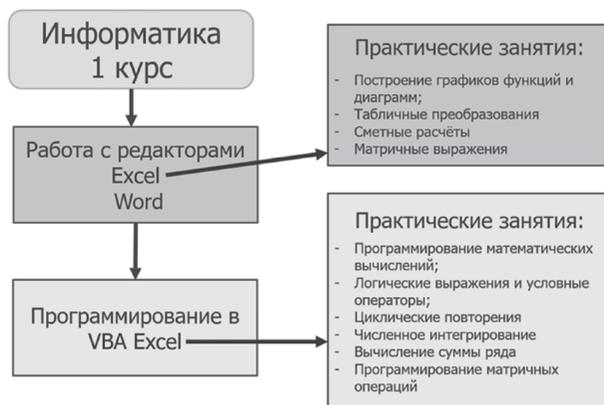


Рис. 1. Схема построения курса «Информатика» в РУТ(МИИТ) для студентов строительной специальности

Набор математических задач [20], приведенных на рис. 1, вполне можно расширить и дополнить численной реализацией методов начертательной геометрии. Это позволит студентам на практических занятиях по информатике ещё раз выполнить задания по начертательной геометрии, но уже в цифровой интерпретации, закрепляя тем самым навыки, полученные с помощью карандаша и циркуля. При решении некоторых задач начертательной геометрии последовательность действий, выполняемых на бумаге, очень хорошо алгоритмизируется [14], позволяя составлять программы, результатом выполнения которых является трёхмерная визуализация хода решения задачи, полученного в проекциях. Это повышает наглядность построений и делает курс начертательной геометрии более «живым» и привлекательным для студентов, дополняя его реальными инженерными задачами. В то же время алгоритмы решения задач начертательной геометрии более сложные и разнообразные по сравнению со стандартными задачами вычислительной математики [20] (см. рис. 1), что позволит студентам в большем объёме освоить программирование. Таким образом, выполнение заданий по цифровому моделированию задач начертательной геометрии усиливает подготовку студентов не только по начертательной геоме-

трии, но и по информационным технологиям. Схема этого междисциплинарного взаимодействия представлена на рис. 2.

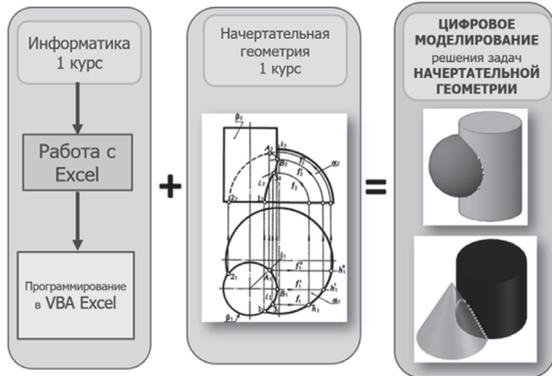


Рис. 2. Схема этого междисциплинарного взаимодействия курсов «Информатика» и «Начертательная геометрия»

Решение задач начертательной геометрии в табличном редакторе Excel

На первом этапе изучения информатики широко используется табличный редактор Excel [1]. С его помощью можно эффективно решать некоторые задачи начертательной геометрии в «полуручном» режиме без программирования. Для этого по аналогии с карандашом, циркулем и линейкой необходимо создать виртуальные инструменты, которые позволяют получать координаты точек пересечения элементарных геометрических фигур (рис. 3).

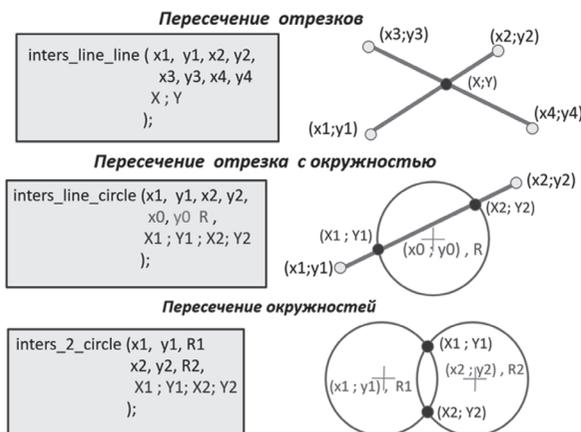


Рис. 3. Функции VBA Excel для получения точек пересечения геометрических фигур

В качестве этих инструментов выступают пользовательские функции, написанные на VBA Excel [19; 25], с помощью которых можно получить координаты точек пересечения двух отрезков, отрезка с окружностью и двух окружностей (см. рис. 3). Эти функции входят в шаблон книги Excel, предоставляемый студенту для решения задачи. Проиллюстрируем ис-

пользование этих функций на примере решения нескольких стандартных задач.

Задача 1. Пересечения прямой линии с цилиндром

Схема решения этой задачи представлена на рис. 4.

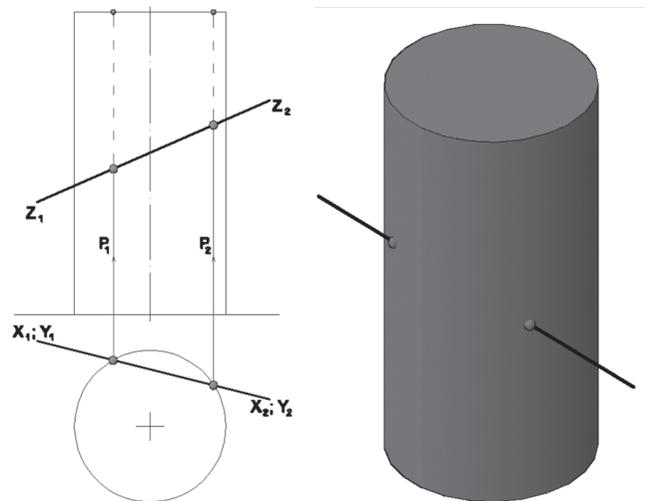


Рис. 4. Пересечение пространственной прямой с цилиндром

Лист Excel решения этой задачи представлен на рис. 5. Сначала необходимо заполнить исходные таблицы в которых задаются параметры цилиндра и проекций прямой линии.

Цилиндр				Прямая						
xc	yc	Rc	H	Плоскость	x1	y1	x2	y2	z1	z2
0	-14.7	10	40	X1	-15	-3.45	15.8	-11.16	14.88	28.24
Диаметр точки пересечения (Rc*k)=				X2	-15	14.88	15.8	28.24		
0.05										
Точки пересечения										
x1	y1	z1	x2	y2	z2					
8.42562	-9.31401	25.0412	-4.89446	-5.97967	19.263441					
8.42562	40		-4.89446	40						
Отрезок P1			Отрезок P2							
Отрисовка										
<pre> (defun PT (x1 y1 z1 x (command " _SPHERE" (list x1 y1 0.5) (command " _SPHERE" (list x2 y2 0.5) (command (list 0 -14.7 10 40 -15 -3.45 15.8 -11.16 28.24) "")) (command " _LINE" (list -15 -3.45 14.88) (list 15.8 -11.16 28.24) "")) (list 8.42562 -9.31401 25.0412 -4.89446 -5.979665 19.2634 </pre>										

Рис. 5. Решение задачи пересечения окружности с цилиндром в Excel

Как и на бумаге, задача решается в 2 этапа. На первом этапе необходимо получить точки пересечения на горизонтальной проекции (см. рис. 4). Выполняется это следующим образом. В таблице **Точки пересечения** в ячейке для координаты x1 точки пересечения вызывается функция пересечения прямой с окружностью **inters_line_circle(...)** (рис. 6). Первый аргумент этой функции — ссылка на диапазон таблицы параметров цилиндра (рис. 6), второй аргумент — ссылка на диапазон координат точек горизонтальной проекции прямой линии (плоскость XY), третий аргумент тип возвращаемой координаты (x1, y1, x2, y2). Аналогично можно получить остальные координаты точек пересечения, при этом в функ-

ции `inters_line_circle(...)` меняется только третий аргумент с типом возвращаемой координаты.

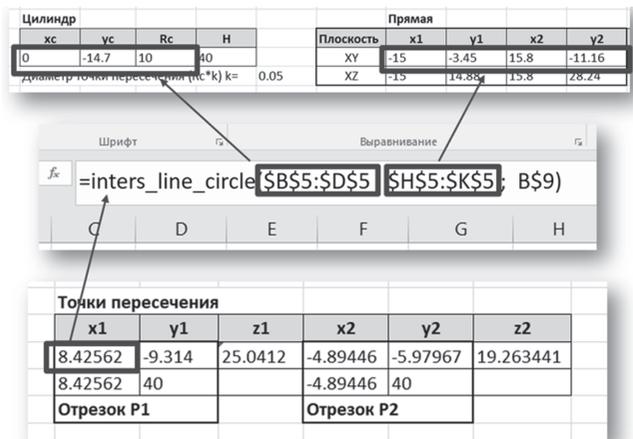


Рис. 6. Получение координат точек пересечения окружности с цилиндром в горизонтальной плоскости

На следующем этапе решения задачи вычисляются координаты Z точек пересечения. Для этого на фронтальной проекции (плоскость XZ) необходимо получить точки пересечения проекционных линий P₁ и P₂ с фронтальной проекцией линии (рис. 4). Первыми координатами проекционных прямых служат полученные точки пересечения в горизонтальной плоскости, а для вторых меняется координата Y, соответствующая верхней плоскости цилиндра (рис. 4). Для получения координаты Z вызывается функция `inters_line_line(...)` (рис. 7).

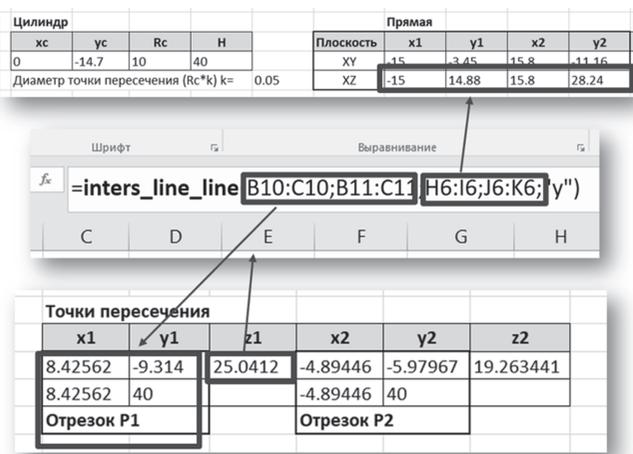


Рис. 7. Получение координат Z точек пересечения окружности с цилиндром на фронтальной плоскости

Первые два аргумента этой функции — ссылки на диапазон таблицы с координатами точек проекционных линий P₁ и P₂, следующие два аргумента — ссылки на диапазон координат точек фронтальной проекции прямой линии (плоскость XZ), третий аргумент тип возвращаемой координаты.

После получения координат точек пересечения можно выполнить графический вывод из Excel в системы AutoCAD или NanoCAD [23; 24; 28] через буфер обмена. Для этого в раздаточном шаблоне книги Excel организована таблица Отрисовка (рис. 8).

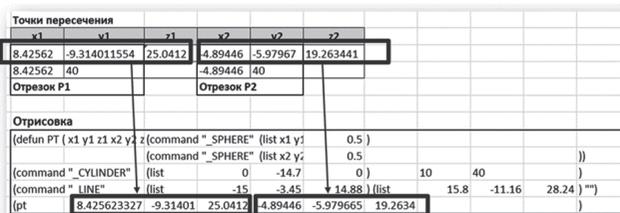


Рис. 8. Графический вывод результатов решения задачи в системы AutoCAD или NanoCAD

В этой таблице содержатся команды языка AutoLISP [7; 12], встроенного в системы AutoCAD или NanoCAD. Студенту фактически надо поставить только ссылки на координаты точек пересечения, параметров цилиндра и прямой линии. Фрагмент таблицы Отрисовка поместить в буфер обмена (рис. 9), а содержимое буфера обмена вставить в командную строку AutoCAD или NanoCAD (см. рис. 9), после чего будет выполнена отрисовка пространственной модели пересечения линии с цилиндром (рис. 10) в графическом редакторе.

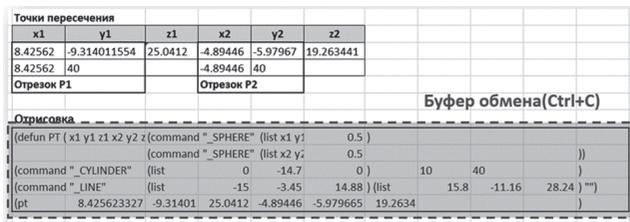


Рис. 9. Сохранение таблицы для отрисовки в буфере обмена

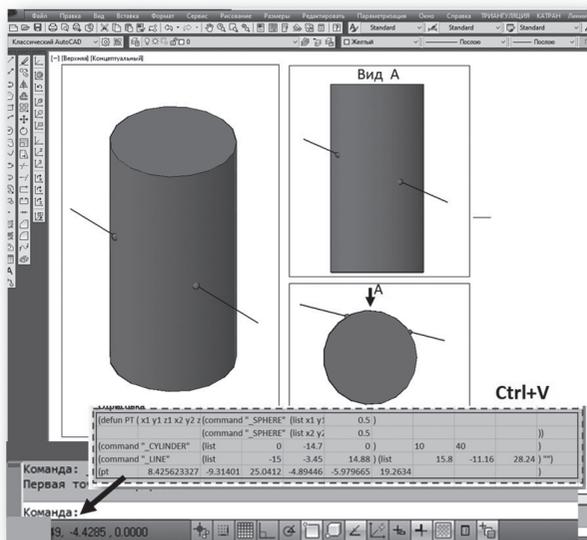


Рис. 10. Результат вставки содержимого буфера обмена в командную строку графического редактора

Задача 2. Сечение цилиндра плоскостью

Схема решения этой задачи представлена [геометрия] на рис. 11.

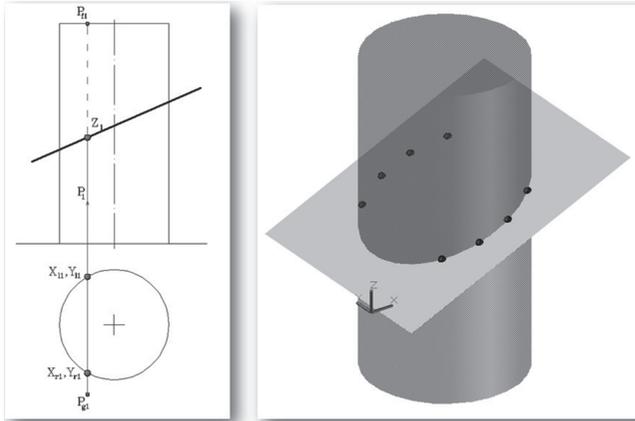


Рис. 11. Сечение цилиндра плоскостью

На рис. 12 приведён лист Excel для решения этой задачи. Исходными данными в этой задаче служат таблица параметров цилиндра и фронтальной проекции секущей плоскости (рис. 12).

Цилиндр						Секущая плоскость					
xc	yc	Rc	H	Плоскость	x1	y1	x2	y2			
0	-14.7	10	40	XZ	-15	14.88	15.8	28.24			
Диаметр точки пересечения (Rc*k) k=						0.05					
Точки пересечения						Сечения Шаг= 4					
x1	y1	x2	y2	z	№	x1	y1	x2	y2		
-6	-6.7	-6	-22.7	18.7839	1	-6	40	-6	-34.7		
-2	-4.902041029	-2	-24.498	20.519	2	-2	40	-2	-34.7		
2	-4.902041029	2	-24.498	22.254	3	2	40	2	-34.7		
6	-6.7	6	-22.7	23.9891	4	6	40	6	-34.7		
Отрисовка											
(defun PT (x1 y1 z1 x2 y2 z) (command "SPHERE" (list x1 y1 z) 0.5) (command "SPHERE" (list x2 y2 z) 0.5) (command "CYLINDER" (list 0 -14.7 0) 10 40 0) (command "3DFACE" (list -15 0 14.88) (list 15.8 0 28.24) (list -15 -29.4 14.88) ""))											
(pt	-6	-6.7	18.7839	-6	-22.7	18.7839					
(pt	-2	-4.90204	20.519	-2	-24.49796	20.519					
(pt	2	-4.90204	22.254	2	-24.49796	22.254					
(pt	6	-6.7	23.9891	6	-22.7	23.9891					

Рис. 12. Решение задачи сечения цилиндра плоскостью в Excel

Координаты точек пересечения цилиндра с плоскостью можно получить с использованием секущей плоскости, проекции которой показаны на рис. 12 линией P_1 , заданной координатами точек P_{11} и P_{12} . Координаты точек секущих линий сведены в таблицу **Сечения** (рис. 12.). Параллельно этой таблице создаётся таблица **Точки пересечения** (рис. 12). Координаты x, y точек пересечения получают вызовом функции `inters_line_circle(...)` (рис. 13.)

Координату z точек пересечения можно получить вызовом функции пересечения отрезков `inters_line_line(...)` для линии фронтальной проекции плоскости и линии сечения P_1 (рис. 14).

После формирования таблицы точки пересечения, сформируется таблица **Отрисовка** (рис. 12), поместив

эту таблицу в буфер обмена аналогично предыдущему примеру, можно выполнить графический вывод в AutoCAD или NanoCAD (рис. 15).

Цилиндр				Секущая плоскость					
xc	yc	Rc	H	Плоскость	x1	y1	x2	y2	
0	-14.7	10	40	XZ	-15	14.88	15.8	28.24	
Диаметр точки пересечения (Rc*k) k=				0.05					
<code>inters_line_circle (\$B\$5:\$D\$5; \$I10:\$L10; "x")</code>									
Точки пересечения					Сечения Шаг= 4				
x1	y1	x2	y2	z	№	x1	y1	x2	y2
-6	-6.7	-6	-22.7	18.7839	1	-6	40	-6	-34.7
-2	-4.902041029	-2	-24.498	20.519	2	-2	40	-2	-34.7
2	-4.902041029	2	-24.498	22.254	3	2	40	2	-34.7
6	-6.7	6	-22.7	23.9891	4	6	40	6	-34.7

Рис. 13. Получение координат X и Y точек пересечения цилиндра с плоскостью

Цилиндр				Секущая плоскость					
xc	yc	Rc	H	Плоскость	x1	y1	x2	y2	
0	-14.7	10	40	XZ	-15	14.88	15.8	28.24	
Диаметр точки пересечения (Rc*k) k=				0.05					
<code>inters_line_line (\$H\$5:\$K\$5; \$I10:\$L10; "y")</code>									
Точки пересечения					Сечения Шаг= 4				
x1	y1	x2	y2	z	№	x1	y1	x2	y2
-6	-6.7	-6	-22.7	18.7839	1	-6	40	-6	-34.7
-2	-4.902041029	-2	-24.498	20.519	2	-2	40	-2	-34.7
2	-4.902041029	2	-24.498	22.254	3	2	40	2	-34.7
6	-6.7	6	-22.7	23.9891	4	6	40	6	-34.7

Рис. 14. Получение координаты Z точек пересечения цилиндра с плоскостью

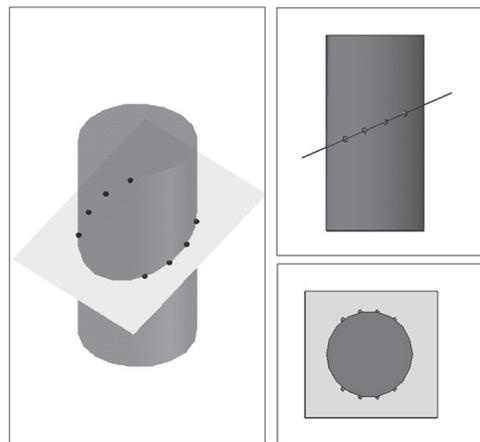


Рис. 15. Графический вывод сечения цилиндра плоскостью

Задача 3. Пересечение цилиндра со сферой

Задача решается методом секущих плоскостей [22], схема решения представлена на рис. 16.

На рис. 17 приведён лист Excel для решения этой задачи. Исходными данными в этой задаче служат таблица параметров цилиндра, сферы и таблицы фронтальных проекций секущих плоскостей (см. рис. 17).

Решение задач начертательной геометрии с использованием алгоритмических языков программирования

Последовательность действий, выполняемых при решении задач начертательной геометрии, можно запрограммировать, используя различные алгоритмические языки [10; 14]. Численное моделирование методов решения некоторых задач начертательной геометрии — это хорошая школа для программистов. В программном коде, реализующем эти алгоритмы, в полном объёме задействованы фактически все языковые конструкции, необходимые для решения математических, циклических и логических задач (см. рис. 1) [4; 8; 14]. В курсе «Информатика» программы, ориентированные на решение задач начертательной геометрии, могут рассматриваться как итоговые по курсу «Информатика», а также в качестве курсовых работ по этой дисциплине.

Использование языка программирования VBA Excel для решения задач начертательной геометрии

Решение задач, описанных выше, можно полностью автоматизировать с использованием языка VBA Excel [19; 25]. Это удобное и доступное средство разработки прикладных программ в среде табличного редактора Excel. Рассмотрим подробнее класс задач пересечения поверхностей, решаемых с помощью метода секущих плоскостей [22]. Алгоритмы решения этих задач имеют похожую структуру и могут быть реализованы с помощью функций, приведенных на рис. 3. На рис. 22 приведён алгоритм получения точек пересечения сферы с цилиндром.

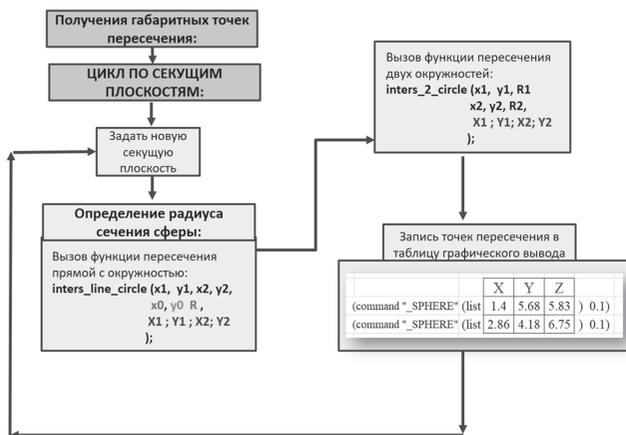


Рис. 22. Алгоритм получения точек пересечения сферы с цилиндром

На рис. 23. показан лист Excel, в котором задаётся исходная информация по геометрии цилиндра,

сферы и количеству сечений. Программа на VBA Excel, реализующая этот алгоритм, написана студенткой 1-го курса специальности «Мосты и тоннели» А.А. Червяковой. После нажатия на кнопку **Расчёт**, программа вычисляет точки пересечения, заполняет таблицу графического вывода и сразу помещает её в буфер обмена. Аналогично задачам, приведенным выше, содержимое буфера обмена вставляется в командную строку графического редактора, после чего выполняется отрисовка.

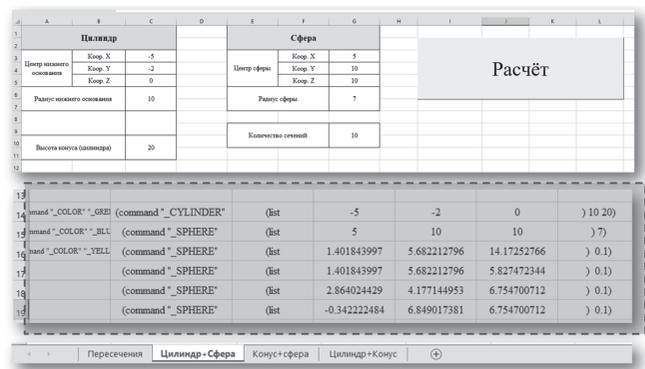


Рис. 23. Лист Excel для запуска программы получения точек пересечения сферы с цилиндром

На рис. 24–26 приведены результаты работы этой программы для различных поверхностей.

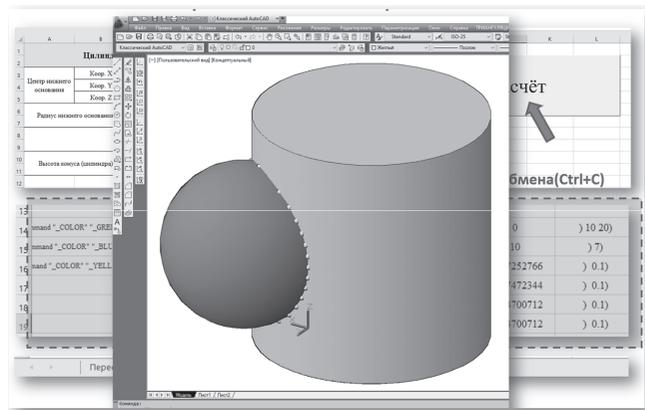


Рис. 24. Графический вывод пересечения цилиндра со сферой, сформированный программой на VBA Excel

Эти программы удобно также использовать в качестве текущего контроля и пространственной визуализации выполнения заданий по начертательной геометрии.

Использование языка C++ и графической библиотеки OpenGL для решения задач начертательной геометрии

Написание программ на языке C++ [3; 13; 29] требует более высокого уровня подготовки по про-

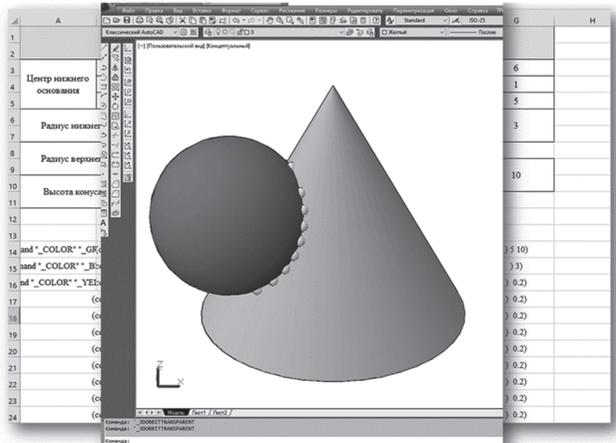


Рис. 25. Графический вывод пересечения конуса со сферой, сформированный программой на VBA Excel

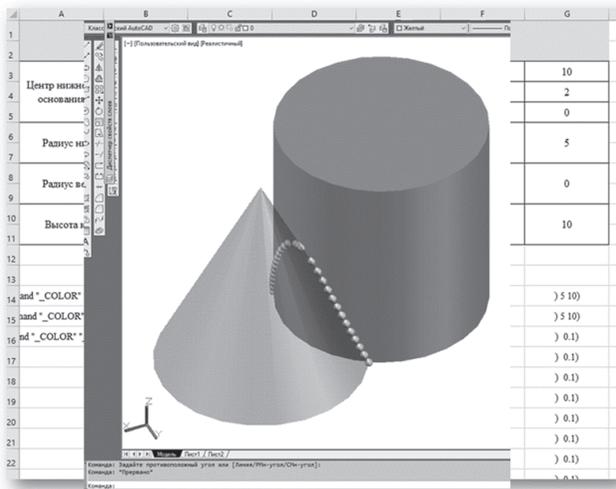


Рис. 26. Графический вывод пересечения цилиндра со сферой, сформированный программой на VBA Excel

граммированию и не входит в курс «Информатика» для студентов строительных специальностей. В Российском университете транспорта в рамках направления «Информационные технологии» по профилю «Системы автоматизированного проектирования» бакалавриата ведётся подготовка строителей с углублённой компьютерной подготовкой. На 3-м курсе этой специальности в дисциплине «Компьютерная графика» изучается графическая библиотека *OpenGL* [6; 11; 27], широко используемая для создания трёхмерных реалистичных изображений. В учебный план этой дисциплины входит курсовая работа. В ходе курсового проектирования студенты пишут программы получения линии пересечения поверхностей методами начертательной геометрии с графической визуализации в *OpenGL*. На рис. 27 показан результат работы программы на C++ для получения точек пересечения цилиндра и сферы методом секущих плоскостей с визуализацией в *OpenGL*.

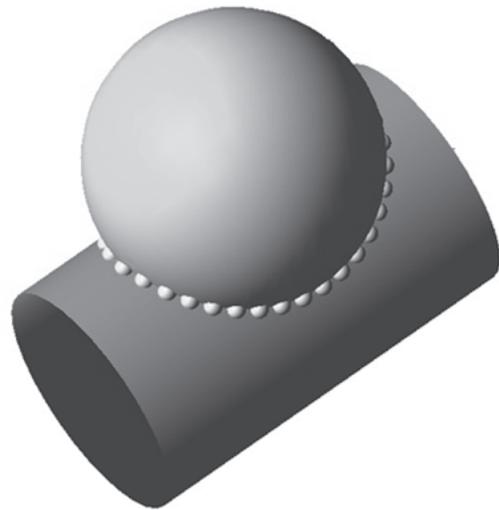


Рис. 27. Пример работы программы пересечения цилиндра со сферой

Фрагмент кода этой программы на языке C++, показан на рис. 28.

```
for(i=1,k=0 ; i<=2 ; i++, dfi=-dfi )
for(j=1 , ang=0.0 ; j<=ALL_PT ; j++ ,k++, ang+=dfi)
{
// фронтальная проекция секущей плоскости
xf=r_sphere*cos(ang);
yf=pt_sphere.z-r_sphere*sin(ang); // текущая высота сечения
// Точка-1 секущей линии
pt1.x=pt_cyl.x+r_sphere*2+r_cyl*2;
pt1.y=yf;
// Точка-2 секущей линии
pt2.x=pt_cyl.x-r_sphere*2-r_cyl*2;
pt2.y=yf;

// Центр сферы на фронтальной проекции
ptc.x=pt_sphere.x;
ptc.y=pt_sphere.z;
// Текущий радиус сечения сферы
if (TRUE==inters_line_circle (pt1 , pt2 , ptc , r_sphere,mass_pt))
r=distance (mass_pt[0],mass_pt[1])/2;
else
{ k--; continue;}

// Точки пересечения на горизонтальной проекции
// окружностей цилиндра и сечения сферы
if (FALSE==inters_2_circle (pt_cyl, pt_sphere ,r_cyl , r , mass_pt))
{ k--; continue;}

//-----
// Пространственные координаты точек пересечения
//-----
// первая точка
pt_inters[k][0].x=mass_pt[0].x;
pt_inters[k][0].y=mass_pt[0].y;
pt_inters[k][0].z=yf;
// вторая точка
pt_inters[k][1].x=mass_pt[1].x;
pt_inters[k][1].y=mass_pt[1].y;
pt_inters[k][1].z=yf;
}
```

Рис. 28. Фрагмент программного кода на языке C++ для получения точек пересечения цилиндра и сферы

Использование программирования позволяет значительно расширить класс решаемых задач и получать линии пересечения для сложных поверхностей с динамической визуализацией при изменении набора входных данных. Примеры курсовых работ по дисциплине «Компьютерная графика» студентов 3-го курса специальности «Системы автоматизированного проектирования» РУТ(МИИТ), реализованных на C++ с библиотекой *OpenGL* приведены на рис. 29.

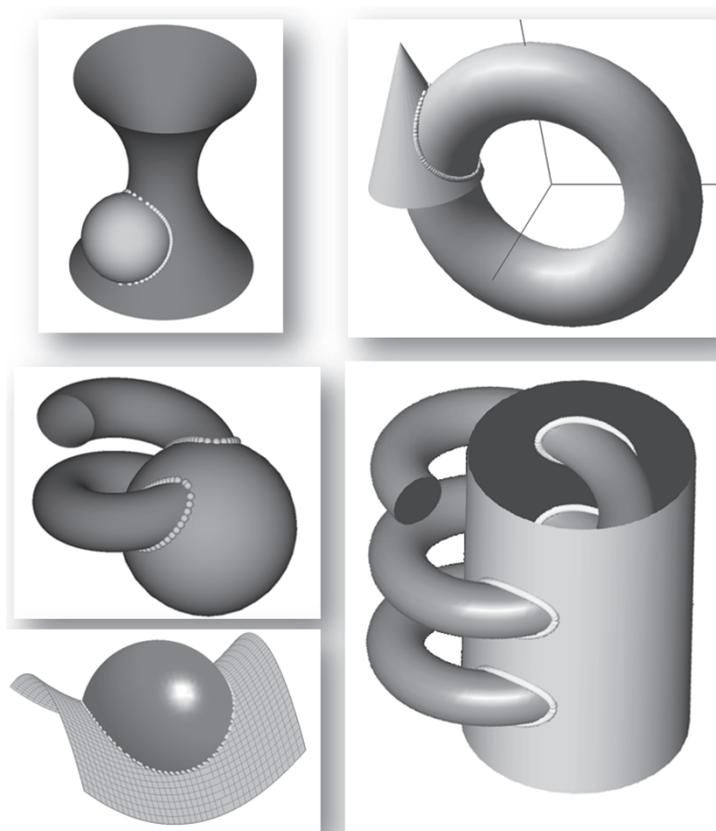


Рис. 29. Примеры курсовых работ по дисциплине «Компьютерная графика» студентов 3-го курса специальности «Системы автоматизированного проектирования» РУТ(МИИТ)

Выводы

1) разработана вычислительная технология для решения задач начертательной геометрии с использованием цифрового моделирования в среде табличного редактора *Excel* в ручном и автоматическом режиме, а также с программной реализацией на языке C++ и графической библиотеки *OpenGL*;

2) методика является наглядной иллюстрацией алгоритмов начертательной геометрии и способствует закреплению навыков геометрического моделирования и программирования, полученных студентами строительных специальностей в курсах «Начертательная геометрия», «Компьютерная графика» и «Программирование».

Литература

1. *Абуталипов Р.Н.* Excel от X до L [Текст] / Р.Н. Абуталипов. — М.: ГроссМедиа, 2017. — 392 с.
2. *Андреев Г.Н.* Вычислительная математика [Текст] / Г.Н. Андреев. — М.: Изд-во МГИУ, 2007. — 166 с.
3. *Ашарина И.В.* Основы программирования на языках C и C++: Курс лекций для высших учебных заведений [Текст] / И.В. Ашарина. — М.: Горячая линия — Телеком, 2018. — 208 с.
4. *Балдин К.В.* Информатика для ВУЗов [Текст]: Учебник / К.В. Балдин, В.Б. Уткин. — М.: Дашков и К, 2016. — 395 с.
5. *Большаков В.П.* Основы 3D-моделирования. Изучаем работу в AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor [Текст] / В.П. Большаков, А.Л. Бочков. — М.: Питер, 2016. — 304 с.
6. *Боресков А.В.* Расширения OpenGL (+ CD-ROM) [Текст] / А.В. Боресков. — М.: БХВ-Петербург, 2016. — 113 с.
7. *Бугрименко Г.А.* Автолисп — язык графического программирования в системе AutoCAD [Текст] / Г.А. Бугрименко — М.: Машиностроение, 1992. — 144 с.
8. *Велихов А.С.* Основы информатики и компьютерной техники: учеб. пособие [Текст] / А.С. Велихов. — М.: СОЛОН-Пресс, 2017. — 539 с.
9. *Вышнепольский В.И.* Методическая система проведения занятий на кафедре «Инженерная графика» РТУ МИРЭА [Текст] / В.И. Вышнепольский, А.А. Бойков, К.Т. Егизарян, Н.С. Кадыкова // Геометрия и

- графика. — 2023. — Т. 11. — № 1. — С. 23–34. — DOI: 10.12737/2308-4898-2023-11-1-23-24
10. *Гавриков М.М.* Теоретические основы разработки и реализации языков программирования [Текст]: учеб. пособие / М.М. Гавриков, А.Н. Иванченко, Д.В. Гринченков. — М.: КноРус, 2016. — 184 с.
 11. *Гинсбург Д.* OpenGL ES 3.0. Руководство разработчика [Текст] / Д. Гинсбург. — М.: ДМК Пресс, 2019. — 748 с.
 12. *Гладков С.А.* Программирование на языке Автोलисп в системе САПР Автокад [Текст] / С.А. Гладков. — М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 1991. — 96 с.
 13. *Голицына О.Л.* Языки программирования [Текст]: учеб. пособие / О.Л. Голицына, Т.Л. Партыка, И.И. Попов. — М.: Форум, ИНФРА-М, 2017. — 400 с.
 14. ГОСТ 19.701-90 (ИСО 5807-85). ЕСПД. Схемы алгоритмов, программ, данных, систем. Условные обозначения и правила выполнения. Изд. стандартов, 1991. — 26 с.
 15. *Захаров А.А.* Содержание курса «геометрическое моделирование» для направления подготовки «математика и компьютерные науки» [Текст] / А.А. Захаров, Ю.В. Захарова // Геометрия и графика. — 2021. — Т. 9. — № 4. — С. 35–45. — DOI: 10.12737/2308-4898-2022-9-4-35-45
 16. *Игнатъев С.А.* Визуализация задач начертательной геометрии посредством Wolfram Mathematica [Текст] / С.А. Игнатъев, А.И. Фоломкин, Э.Х. Муратбаекеев // Геометрия и графика. — 2020. — Т. 8. — № 4. — С. 74–84. — DOI: 10.12737/2308-4898-2021-8-4-74-84
 17. *Игнатъев С.А.* Повышение наглядности представления изучаемых в начертательной геометрии объектов [Текст] / С.А. Игнатъев, Э.Х. Муратбаекеев, М.В. Воронина // Геометрия и графика. — 2022. — Т. 10. — № 1. — С. 44–53. — DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-1-44-53
 18. *Игнатъев С.А.* Технологии дополненной реальности в проектной деятельности студентов [Текст] / С.А. Игнатъев, З.О. Третьякова, М.В. Воронина // Геометрия и графика. — 2020. — Т. 8. — № 2. — С. 51–57. — DOI: 10.12737/2308-4898-2020-51-57
 19. *Киммел П.* Excel 2003 и VBA. Справочник программиста [Текст] / П. Киммел. — М.: Вильямс, 2017. — 725 с.
 20. *Копченова Н.В.* Вычислительная математика в примерах и задачах [Текст]: учебное пособие / Н.В. Копченова, И.А. Марон. — СПб.: Лань, 2017. — 368 с.
 21. *Крылов Н.Н.* Начертательная геометрия [Текст] / Н.Н. Крылов, П.И. Лобандиевский, С.А. Мэн, В.Л. Николаев, Г.С. Иконникова — М.: Высшая школа, 1977. — 231 с.
 22. *Крылов Н.Н.* Начертательная геометрия [Текст] / Н.Н. Крылов, Г.С. Иконникова, В.Л. Николаев, В.С. Васильев. — М.: Высшая школа, 1990. — 240 с.
 23. *Кувшинов Н.С.* Проектирование в Платформе nanoCAD с модулями «Механика» и «3D» [Текст]: учеб. пособие / Н.С. Кувшинов. — М.: ДМК Пресс, 2023. — 384 с.
 24. *Кувшинов Н.С.* NanoCAD Механика. Инженерная 2D и 3D компьютерная графика [Текст]: учеб. пособие / Н.С. Кувшинов. — М.: ДМК Пресс, 2020. — 528 с.
 25. *Кудрявцев Н.Г.* Программирование на VBA MS Excel [Текст]: учебное пособие / Н.Г. Кудрявцев, Д.В. Кудин, М.Ю. Беликова. — Горно-Алтайск: Изд-во ГАГУ, 2015. — 116 с.
 26. *Лепаров М.Н.* О геометрии, еще один раз [Текст] / М.Н. Лепаров // Геометрия и графика. — 2022. — Т. 10. — № 1. — С. 3–13. — DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-1-3-13
 27. *Мацуда Коичи.* WebGL. Программирование трехмерной графики [Текст] / Коичи Мацуда, Роджер Ли. — М.: ДМК Пресс, 2015. — 494 с.
 28. *Погорелов В.И.* AutoCad. Трехмерное моделирование и дизайн [Текст] / В.И. Погорелов — СПб.: БХВ, 2017. — 272 с.
 29. *Павловская Т.А.* C/C++. Программирование на языке высокого уровня [Текст] / Т.А. Павловская — СПб.: Питер, 2011.
 30. *Сальков Н.А.* Начертательная геометрия. Основной курс [Текст]: учеб. пособие / Н.А. Сальков. — М.: ИНФРА-М, 2014. — 235 с.
 31. *Сальков Н.А.* Начертательная геометрия — база для компьютерной графики [Текст] / Н.А. Сальков // Геометрия и графика. — 2016. — Т. 4. — № 2. — С. 37–47. — DOI: 10.12737/19832
 32. *Сальков Н.А.* Основные причины плохого усвоения начертательной геометрии [Текст] / Н.А. Сальков // Геометрия и графика. — 2021. — Т. 9. — № 2. — С. 3–11. — DOI: 10.12737/2308-4898-2021-9-2-3-11

References

1. Abutalipov R.N. *Excel ot X do L* [Excel from X to L]. Moscow, GrossMedia Publ., 2017. 392 p. (in Russian)
2. Andreev G.N. *Vychislitel'naya matematika* [Computational mathematics]. Moscow, MGIU Publ., 2007. 166 p. (in Russian)
3. Asharina I.V. *Osnovy programmirovaniya na yazykakh S i S++: A course of lectures for higher educational institutions* [Fundamentals of programming in C and C++ languages]. Moscow, Gor. liniya-Telecom Publ., 2018. 208 p. (in Russian)
4. Baldin K.V. *Informatika dlya VUZov* [Informatics for universities]. Moscow, Dashkov i K Publ., 2016. 395 p. (in Russian)
5. Bolshakov V.P. *Osnovy 3D-modelirovaniya. Izuchayem rabotu v AutoCAD, KOMPAS-3D, SolidWorks, Inventor* [The basics of 3D modeling. We study work in AutoCAD, COM-PASS-3D, SolidWorks, Inventor]. Moscow, Piter Publ., 2016. 304 p. (in Russian)
6. Borekov A.V. *Rasshireniya OpenGL (+ CD-ROM)* [OpenGL Extensions (+ CD-ROM)]. St. Petersburg, BHV Publ., 2016. 113 p. (in Russian)
7. Bugrimenko G.A. *Avtolisp — yazyk graficheskogo programmirovaniya v sisteme AutoCAD* [Avtolisp — graphical programming language in the AutoCAD system]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1992. 144 p. (in Russian)

8. Velikhov A.S. *Osnovy informatiki i komp'yuternoy tekhniki* [Fundamentals of computer science and computer technology]. Moscow, SOLON-Press Publ., 2017. 539 p. (in Russian)
9. Vyshnyepolskiy V.I., Boykov A.A., Egiazaryan K.T., Kadykova N.S. Metodicheskaya sistema provedeniya zanyatii na kafedre "Inzhenernaya grafika" RTU MIREA [Methodological system for conducting classes at the department of "Engineering graphics" RTU MIREA]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2023, V. 11, I. 1, pp. 23–34. DOI: 10.12737/2308-4898-2023-11-1-23-34. (in Russian)
10. Gavrikov M.M., Ivanchenko A.N., Grinchenkov D.V. *Teoreticheskiye osnovy razrabotki i realizatsii yazykov programirovaniya* [Theoretical foundations of the development and implementation of programming languages]. Moscow, KnoRus Publ., 2016. 184 p. (in Russian)
11. Ginzburg D. *OpenGL ES 3.0. Rukovodstvo razrabotchika* [OpenGL ES 3.0. Developer's Guide]. Moscow, DMK Press Publ., 2019. 748 p. (in Russian)
12. Gladkov S.A. *Programmirovaniye na yazyke Avtolisp v sisteme SAPR Avtokad* [Programming in the Autolisp language in the Autocad CAD system]. Moscow, DIALOG-MEPHI Publ., 1991. 96 p. (in Russian)
13. Golitsyna O.L., Partyka T.L., Popov I.I. *Yazyki programirovaniya* [Programming languages]. Moscow, NITS INFRA-M Publ., 2017. 400 p. (in Russian)
14. GOST 19.701-90 (ISO 5807-85). ESPD. *Skhemy algoritmov, programm, dannykh, sistem. Uslovnyye oboznacheniya i pravila vypolneniya* [Diagrams of algorithms, programs, data, and systems. Symbols and rules of execution]. Standards, 1991. 26 p.
15. Zakharov A.A., Zakharova Yu.V. Soderzhanie kursa «geometricheskoye modelirovaniye» dlya napravleniya podgotovki «matematika i komp'yuternyye nauki» [The content of the course "geometric modeling" for the field of study "mathematics and computer science"]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2021, V. 9, I. 4, pp. 35–45. DOI: 10.12737/2308-4898-2022-9-4-35-45. (in Russian)
16. Ignatiev A.S., Folomkin A.I., Muratbakiev E.H. Vizualizatsiya zadach nachertatel'noy geometrii posredstvom Wolfram Mathematica [Visualization of the problem of descriptive geometry using Wolfram Mathematica]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2020, V. 8, I. 4, pp. 74–84. DOI: 10.12737/2308-4898-2021-8-4-74-84. (in Russian)
17. Ignatiev A.S., Muratbakiev E.H., Voronina M.V. Povysheniye naglyadnosti predstavleniya izuchayemykh v nachertatel'noy geometrii ob'yektov [Increasing the visibility of the representation of objects studied in descriptive geometry]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2022, V. 10, I. 1, pp. 44–53. DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-1-44-53. (in Russian)
18. Ignatiev S.A., Tretyakova Z.O., Voronina M.V. Tekhnologii dopolnennoy real'nosti v proyektnoy deyatel'nosti studentov [Augmented reality technologies in students' project activities]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2020, V. 8, I. 2, pp. 51–57. DOI: 10.12737/2308-4898-2020-51-57. (in Russian)
19. Kimmel P. *Excel 2003 i VBA. Spravochnik programmista* [Excel 2003 and VBA. Programmer's Handbook]. Moscow, Vil'yams Publ., 2017. 725 p. (in Russian)
20. Kopchenova N.V., Maron I.A. *Vychislitel'naya matematika v primerakh i zadachakh* [Computational mathematics in examples and problems]. St. Petersburg, Lan' Publ., 2017. 368p. (in Russian)
21. Krylov N.N., Lobandievsky P.I., Meng S.A., Nikolaev V.L., Ikonnikova G.S. *Nachertatel'naya geometriya* [Descriptive geometry]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1977. 231p. (in Russian)
22. Krylov N.N., Ikonnikova G.S., Nikolaev V.L., Vasiliev V.S. *Nachertatel'naya geometriya* [Descriptive geometry]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1990. 240p. (in Russian)
23. Kuvshinov N.S. *Proyektirovaniye v Platforme nanoCAD s moduliyami «Mekhanika» i «3D»* [Designing in the nanoCAD Platform with the modules "Mechanics" and "3D"]. Moscow, DMK Press Publ., 2023. 384 p. (in Russian)
24. Kuvshinov N.S. *NanoCAD Mekhanika. Inzhenernaya 2D i 3D komp'yuternaya grafika* [NanoCAD Mechanics. Engineering 2D and 3D computer graphics]. Moscow, DMK Press Publ., 2020. 528 p. (in Russian)
25. Kudryavtsev N.G., Kudin D.V., Belikova M.Yu. *Programmirovaniye na VBA MS Excel* [Programming in VBA MS Excel]. Gorno-Altaysk, RIO GAGU Publ., 2015. 116 p. (in Russian)
26. Leparov M.N. O geometrii, yeshche odin raz [On geometry, one more time]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2022, V. 10, I. 1, pp. 3–13. DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-1-3-13. (in Russian)
27. Matsuda Koichi. WebGL. *Programmirovaniye trekhmernoy grafiki* [Programming of three-dimensional graphics]. Moscow, DMK Press Publ., 2015. 494 p. (in Russian)
28. Pogorelov V.I. *AutoCAD burns. Trekhmernoye modelirovaniye i dizayn* [AutoCAD burns. Three-dimensional modeling and design]. St. Petersburg, BHV Publ., 2017. 272 p. (in Russian)
29. Pavlovskaya T.A. *C/S++*. *Programmirovaniye na yazyke vysokogo urovnya* [C/C++. Programming in a high-level language]. St. Petersburg, Piter Publ., 2011. (in Russian)
30. Salkov N.A. *Nachertatel'naya geometriya. Osnovnoy kurs* [Descriptive geometry. The main course]. Moscow, INFRA-M Publ., 2014. 235 p. DOI: 10.12737/764. (in Russian)
31. Salkov N.A. *Nachertatel'naya geometriya — baza dlya komp'yuternoy grafiki* [Descriptive geometry — a base for computer graphics]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2016, V. 4, I. 2, pp. 37–47. DOI: 10.12737/19832. (in Russian)
32. Salkov N.A. Osnovnyye prichiny plokhogo usvoyeniya nachertatel'noy geometrii [The main reasons for poor assimilation of descriptive geometry]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2021, V. 9, I. 2, pp. 3–11. DOI: 10.12737/2308-4898-2021-9-2-3-11. (in Russian)