

УДК 514.18 + 004.925.8 + 378.016  
DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-4-46-58

### Е.В. Верхотурова

Канд. хим. наук, доцент,  
Иркутский национальный исследовательский технический университет,  
Россия, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

## Решение учебных и прикладных инженерно-строительных задач методами компьютерной графики

**Аннотация.** Важной составляющей современного инженерного образования является компьютерно-графическая подготовка, включающая теорию традиционного геометрического моделирования и методы цифрового проектирования в среде программного продукта. В связи с этим модернизация учебных задач и совершенствование методов обучения являются актуальными. Целью данного исследования является разработка алгоритма решения учебной расчетно-графической работы из цикла конструктивных задач инженерно-строительного проектирования (строительной графики) методом компьютерного геометрического моделирования в среде отечественной программы *nanoCAD*. Алгоритмизация решения задачи осуществлялась на примере учебной задачи из цикла графических работ по учебному курсу «Инженерная и компьютерная графика», которая выполняется обучающимися в первом семестре и является основой для решения задач инженерно-строительного проектирования. Приводятся преимущества применения системы автоматизированного проектирования, которые отсутствуют при традиционном способе решения инженерной задачи. Показано, что применение методов компьютерного геометрического моделирования средствами современных программных продуктов позволяет ускорить процесс решения задачи, упростить подсчет необходимых данных и визуализировать результаты, что в совокупности способствует повышению дидактического эффекта и овладению обучающимися компетенциями, необходимыми в будущей профессиональной деятельности. Компьютерное геометрическое моделирование способствует пониманию принципов работы современных информационных технологий, а также прививает навыки использования их для решения более сложных учебных задач и задач будущей профессиональной деятельности. Таким образом, применение предложенного алгоритма компьютерного геометрического моделирования при решении учебных и прикладных задач в рамках учебного курса «Инженерная и компьютерная графика» при подготовке студентов инженерно-строительного профиля, а также при выполнении научно-исследовательской и проектной деятельности является целесообразным.

**Ключевые слова:** компьютерное геометрическое моделирование, *nanoCAD*, учебная задача, строительная площадка, земляные работы.

### Е. V. Verkhoturova

Ph.D., Associate Professor,  
Irkutsk National Research Technical University,  
83, Lermontova st., Irkutsk, 664074, Russia

## Solving Educational and Applied Engineering and Construction Problems by Computer Graphics Methods

**Abstract.** The purpose of this study is to develop an algorithm for solving educational computational and graphic work from a cycle of constructive tasks of engineering and construction design (construction graphics) by computer geometric modeling in the environment of the domestic *nanoCAD* program. Algorithmization of the solution of the problem was carried out on the example of a training task from the cycle of graphic works in the course "Engineering and computer graphics", which is performed by students in the first semester and is the basis for solving problems of engineering and construction design. It is shown that the use of computer geometric modeling methods by means of modern software products makes it possible to speed up the process of solving a problem, simplify the calculation of the necessary data and visualize the results, which together contribute to an increase in the didactic effect and mastering the learning competencies necessary in future professional activities. Computer geometric modeling contributes to the understanding of the principles of modern information technologies, and also instills the skills to use them to solve more complex educational problems and tasks of future professional activity. Thus, the application of the proposed algorithm of computer geometric modeling in solving educational and applied problems within the framework of the training course "Engineering and Computer Graphics" in the preparation of students of engineering and construction profile, as well as in the performance of research and design activities is appropriate.

**Keywords:** computer geometric modeling, *nanoCAD*, learning task, construction site, excavation.

Как известно, изображения свойственны абсолютно всем направлениям деятельности человека [27]. Еще с древних времен они играют важную роль в передаче информации [26]. Изображения являются средством образного выражения (отражения) всех аспектов человеческого бытия: творческого замысла [7], инженерной мысли [18; 24], эмоционального состояния [14] и т.д.

Сегодня с развитием информационных технологий изменились средства передачи информации, но роль изображений и количество ее видов только возрастает, поскольку современное общество, особенно молодое поколение, характеризующееся признаками нового типа мышления [17], лучше воспринимает графическую, визуальную информацию, нежели традиционную текстовую [29]. Кроме того, установлено, что графическая информация априори воспринимается быстрее, чем другие виды информации [5; 8].

Сфера инженерии и проектно-конструкторской деятельности вообще не может существовать без различного типа изображений, она оперирует изображениями проектируемых процессов и объектов: эскизами, чертежами, схемами. Логика их построе-

ния и оформления заключена в стандартах Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и Системы проектной документации для строительства (СПДС).

Сегодняшнее производство, характеризующееся высокой наукоемкостью, стремительно внедряет цифровые технологии на всех стадиях жизненного цикла изделия (ЖЦИ). Поэтому современная профессиональная инженерная деятельность направлена на разработку высокотехнологичной продукции на основе стандартизации методов представления данных на каждой стадии ЖЦИ, полного электронного документооборота и компьютерной (цифровой) модели изделия [25]. При этом компьютерная (цифровая) модель в процессах разработки, производства и эксплуатации изделий становится информационно-интеграционным ядром на любой стадии ЖЦИ, обеспечивая решение различных инженерных задач (ГОСТ Р 57412-2017) [25]. В связи с этим в комплекс основополагающих стандартов ЕСКД в период с 2006 по 2022 г. были внесены изменения, которые коснулись в первую очередь проектно-конструкторской стадии ЖЦИ и технологий разработки конструкторской документации (КД). Были введены новые понятия, термины и определения из области цифровых технологий и комплексной автоматизации стадий ЖЦИ. В частности, определено, что компьютерные (цифровые) модели становятся одной из форм представления результатов проектно-конструкторской деятельности (ГОСТ 2.102-2013), установлены электронные форматы представления КД – двумерные (2D) модели (электронные чертежи) и трехмерные (3D) электронные геометрические и топологические модели объектов всех уровней конструкторского проектирования (ГОСТ 2.051-2013, ГОСТ Р 2.504-2021), введено понятие электронной конструкторской документации (ЭКД) (ГОСТ Р 2.504-202) и т.д.

Все вышесказанное указывает на необходимость подготовки высококвалифицированных, инновационных инженерных кадров, владеющих не только универсальными и общепрофессиональными компетенциями, определенными соответствующими ФГОС ВО, но и компетенциями в области использования современных компьютерных технологий уже сегодня. При этом цифровое обучение должно стать обязательным условием для подготовки специалистов, отвечающих требованиям индустрии 4.0. [13; 16].

На фоне стремительно возрастающей информационной насыщенности учебного процесса с одновременным сокращением аудиторной нагрузки и увеличением времени на самостоятельную работу актуальными становятся задачи совершенствования педагогических технологий и методик обучения. Кроме того, «важным условием продвижения циф-

ровизации предметного обучения является готовность преподавательских кадров к повышению преподавательского мастерства наряду со свободным владением современными цифровыми технологиями» [30].

Базовая графическая подготовка обучающихся технических вузов осуществляется при освоении теории начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графики. Основой для построения всех типов КД и ЭКД является именно начертательная геометрия, являющаяся самым сложным разделом графических дисциплин, изучаемым на первом курсе обучающимися технических вузов [28].

Решение проблемы повышения эффективности образовательного процесса по графическим дисциплинам в свете вышеуказанных противоречий и фактов различные исследователи находят в том числе в повышении наглядности дидактических материалов [11; 22] и грамотном сочетании традиционных и инновационных методов обучения [3; 6; 9; 20; 21; 31].

Компьютерное геометрическое моделирование (КГМ), реализуемое в соответствующих программных продуктах (системах автоматизированного проектирования – САПР, САД-системах), широко применяется в учебных [32] и прикладных инженерных задачах [15; 19]. В образовательной деятельности позволяет многократно упростить процесс построения геометрических моделей объектов и оформление КД, снизить общую трудоемкость освоения учебного материала, повысить наглядность учебной информации и мотивацию к самостоятельной познавательной деятельности, обеспечить возможность организации образовательной деятельности в интерактивной и дистанционной формах. В прикладных инженерных задачах и в инженерном деле в целом КГМ позволяет ускорять и автоматизировать процессы проектирования, практически полностью исключив повторение рутинных операций, повышать надежность инженерных расчетов, решать сложные и нестандартные инженерные задачи, повышать эффективность, качество и обоснованность проектных решений, осуществлять их анализ и проверку, создавать цифровые двойники объектов и процессов, полностью сконцентрировавшись на творческом процессе проектирования [10]. Следует также отметить, что современные САПР позволяют решать как учебные, так и конструкторские задачи комплексно.

Таким образом, исследование приемов гармоничного сочетания компьютерных технологий и методов обучения в образовательном процессе для графических дисциплин является актуальным.

**Цель исследования** – разработать алгоритм решения расчетно-графической работы из цикла конструктивных задач инженерно-строительного про-

ектирования методами компьютерного геометрического моделирования.

В настоящее время в связи с повсеместным импортозамещением произошел переход на отечественные САПР, такие как *nanoCAD*, Компас и другие программные продукты. Поэтому в качестве инструментального средства реализации цели исследования была выбрана отечественная САПР – *nanoCAD* [4].

Алгоритмизацию осуществляли на примере учебной задачи по планировке местности для размещения строительного объекта. Поскольку эта задача включена в перечень обязательных учебных расчетно-графических работ по дисциплине «Инженерная и компьютерная графика», согласно программе подготовки обучающихся строительного профиля ИРНИТУ, в том числе направлений 08.03.01 «Строительство» и 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений».

Традиционно теоретической базой для решения вышеуказанной задачи является метод проекций с числовыми отметками, который используется при решении учебных и прикладных инженерно-строительных задач по определению границ и объемов земляных работ при проектировании различных объектов строительства: строительных площадок, гидротехнических сооружений, железных и автомобильных дорог и т.д.

Чертежи в проекциях с числовыми отметками дают обучающимся представление о форме сооружения и его размерах, об уклонах поверхностей насыпей и выемок, о границах земляных работ и направлении стока паводковых ливневых вод.

При решении данной задачи определяют границу земляных работ, которой является линия пересечения поверхностей, образующих откосы насыпей и выемок с топографической поверхностью и между собой, т.е. решается задача начертательной геометрии о пересечении поверхностей.

Рассмотрим исходные условия и принцип решения задачи по проектированию строительной площадки для размещения строительного объекта – строительной площадки.

**Задача:** выполнить вертикальную планировку строительной площадки, построить профиль поверхности по заданной плоскости, определить объем земляных масс.

Графическая часть задания содержит: фрагмент топографической поверхности (участок на рельефе земной поверхности), отводимый под строительство, контур земляного сооружения в виде строительной площадки (рис. 1, а).

На топографической поверхности, заданной горизонталями 33–42, запроектирована горизонтальная строительная площадка (рис. 1, а) на высоте 37 м. Задан уклон насыпи ( $i_n = 1:1,5$ ) и выемки ( $i_v = 1:1$ ), а также масштаб чертежа (1:200). Известно, что размер земельного участка  $40 \times 40$  м.

Графический алгоритм решения задачи традиционным способом, т.е. в виде 2D-чертежа, выполняемого «вручную» на бумажном формате или в среде САПР, включает ряд этапов: определение линии нулевых работ; определение расположения выемки и насыпи; определение интервала заложения плоскости насыпи и выемки; построение плоскостей

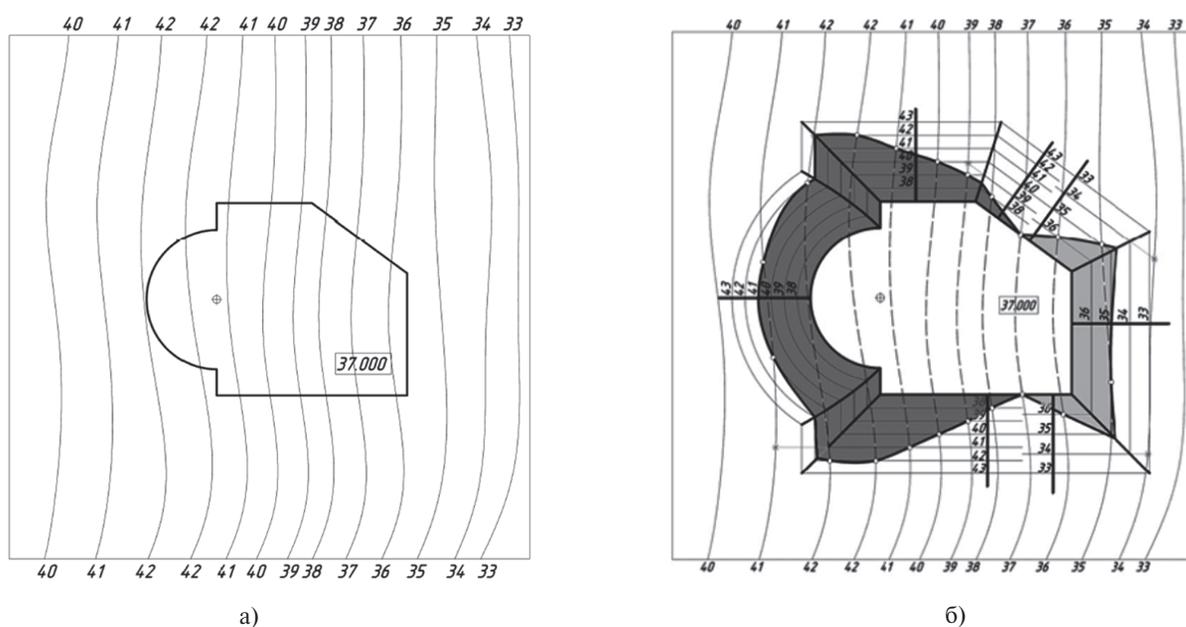


Рис. 1. Графическая часть задания на расчетно-графическую работу (а) и выполненное задание в виде 2D-чертежа (б)

насыпи и выемки; градуирование масштабов уклонов и построение горизонталей плоскостей выемки и насыпи; построение линии пересечения плоскостей откосов выемок и насыпей между собой и с топографической поверхностью; проведение бергштрихов в плоскостях откосов и выполнение отмытки чертежа (рис. 1, б).

В результате выполнения работы обучающиеся получают представление об определении границ земляных работ, форме сооружения и его размерах, геометрии и расположении откосов, направлении стока паводковых ливневых вод. Полученное решение полностью удовлетворяет условиям заданного учебного задания по определению границ земляного сооружения (границы выемки и насыпи), т.е. вертикальной планировке строительной площадки.

Следует отметить, что данное построение — громоздкое и трудоемкое во многих случаях, особенно при проектировании строительных площадок сложной или нестандартной формы. На выполнение данной графической работы уходит много времени и, как правило, не все обучающиеся понимают смысл графической работы или понимают не в полном объеме. Поэтому для усиления дидактического эффекта и снижения общей трудоемкости построений целесообразно применение инструментов визуализации и автоматизации решения таких задач, например, компьютерного геометрического моделирования, в том числе трехмерного.

Рассмотрим алгоритм решения указанной выше задачи методом компьютерного геометрического моделирования, которое было выполнено на платформе отечественной САПР *nanoCAD* при помощи различных команд (табл. 1).

Решение задачи было разделено на 4 этапа:

- 1) подготовительный;
- 2) 2D-геометрическое моделирование;
- 3) 3D-геометрическое моделирование;
- 4) анализ и интерпретация результатов.

Первый этап заключался в подготовке графических условий задачи:

- копирование исходных графических условий задачи в зону пространства модели программы *nanoCAD* (рис. 2);
- уточнение масштаба скопированного изображения;
- создание и настройка слоев (табл. 2).

По условию задачи размер топографической поверхности (земляного участка) составляет 40 на 40 м в масштабе 1:200 — это квадрат с размерами сторон 200 мм ( $40000/200 = 200$ ). В соответствии с этим был увеличен размер скопированного изображения.

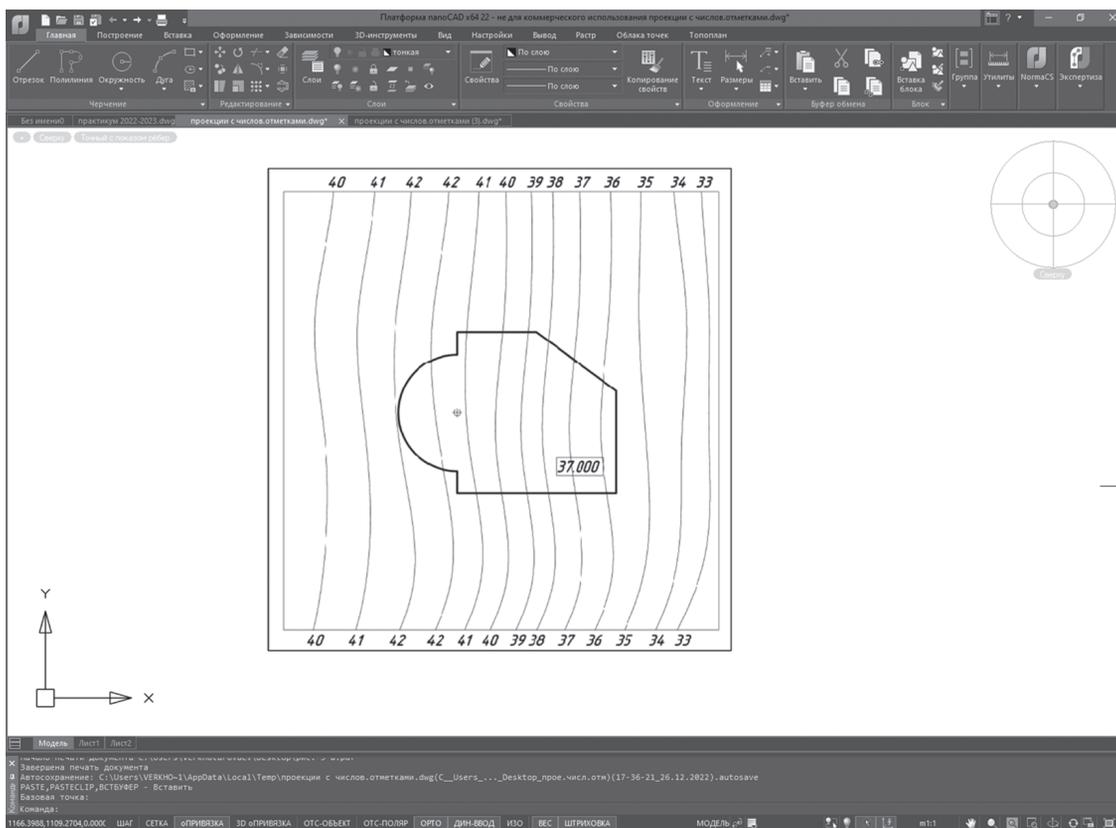


Рис. 2. Скопированное задание (исходные графические условия задачи)

Таблица 1

**Режимы настройки программы**

№ пункта	Содержание	Используемые команды и клавиши	Режим отображения рабочего пространства программы
1	Подготовка заданных графических условий задачи	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Кнопки клавиатуры <i>ctrl + V</i>; <i>ctrl + V</i></li> <li>• Группа команд <i>Слой</i> — команда <i>Создать новый слой</i></li> </ul>	Вид сверху
2	2D-геометрическое моделирование	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Группа команд <i>Рисование</i> — команда <i>Слайн по определяющим точкам</i></li> <li>• Группа команд <i>Рисование</i> — команда <i>Полилиния</i></li> <li>• Группа команд <i>Редактирование</i> — команда <i>Разрыв в точке</i></li> <li>• Группа команд <i>Редактирование</i> — команда <i>Подобие</i></li> </ul>	Вид сверху
3	3D-геометрическое моделирование	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Вкладка <i>3D-моделирование</i> — команда <i>3D-перемещение</i></li> <li>• Группа команд <i>Редактирование</i> — команда <i>Обрезка</i></li> <li>• Группа команд <i>Редактирование</i> — команда <i>Соединение</i></li> <li>• Группа команд <i>Прямое моделирование</i> — команда <i>Вытягивание по сечениям</i> — режим <i>Тело</i></li> <li>• <i>Правая клавиша мыши</i> — <i>Изолировать</i> — <i>Скрыть объекты</i></li> <li>• Группа команд <i>Редактирование геометрических тел</i> — команда <i>Вычитание</i></li> </ul>	Юго-Восточная изометрия. Сверху Северо-восточная изометрия. Сверху Юго-западная изометрия. Снизу Вид сверху
4	Анализ и интерпретация полученных результатов	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Группа команд <i>Редактирование геометрических тел</i> — команды <i>Вычитание</i>, <i>Пересечение</i>, <i>Объединение</i>, <i>Сечение</i></li> <li>• Команда <i>МАСС-ХАР</i> — <i>Геометрия и масса</i></li> </ul>	Юго-Восточная изометрия. Сверху

Таблица 2

**Создаваемые слои**

Слой	Тип линии	Название типа линии в программе	Толщина линии
1	Сплошная толстая	Сплошная	0,8
2	Сплошная тонкая	Сплошная	0,3
3	Штриховая	ГОСТ 2.303-68	0,35

Второй этап, этап 2D-геометрического моделирования, включал:

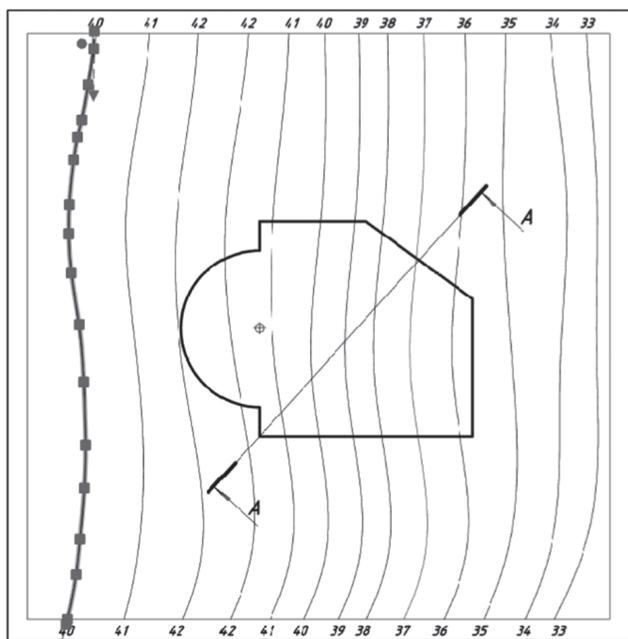


Рис. 3. Вычерчивание горизонталей топографической поверхности и контура строительной площадки поверх скопированного и отмасштабированного задания

- вычерчивание горизонталей топографической поверхности с соблюдением точной геометрии каждой горизонтали и контура строительной площадки (рис. 3);
- построение графика заложений плоскостей откосов (рис. 4, а);
- построение горизонталей плоскости выемки и насыпи с учетом графика заложений (рис. 4, б). Этап 3D-геометрического моделирования включал:
- перемещение горизонталей топографической поверхности на высоты в соответствии с числовыми отметками и масштабом чертежа (табл. 3, рис. 5);
- перемещение кромок границ топографической поверхности на высоты горизонталей и их обрезка до линий горизонталей (рис. 6, а–в);
- создание замкнутых контуров-сечений, состоящих из обрезанных кромок границ топографической поверхности до линий ее горизонталей и самих горизонталей (рис. 7, а, б);
- построение 3D-модели топографической поверхности (рис. 8, а, б);
- перемещение по вертикали вверх (подъем) горизонталей плоскости выемки (рис. 9, а, б), вниз — горизонталей плоскости насыпи;
- построение 3D-модели выемки и насыпи (рис. 10, а, б);
- совмещение 3D-модели топографической поверхности с 3D-моделями выемки и насыпи;
- вычитание 3D-модели выемки из 3D-модели топографической поверхности и 3D-модели насыпи (рис. 11, а–з).

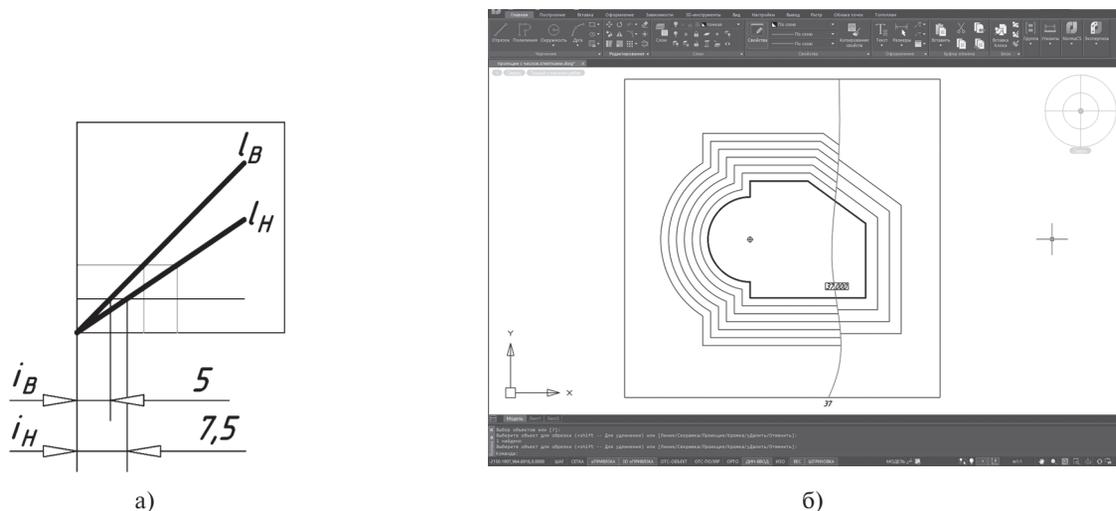


Рис. 4. Построение горизонталей плоскости выемки и насыпи: а — график заложений плоскостей откосов; б — построение горизонталей плоскостей откосов

Таблица 3

Высоты подъема горизонталей топографической поверхности

Числовая отметка	Высота, мм	Числовая отметка	Высота, мм
33	165	38	190
34	170	39	195
35	175	40	200
36	180	41	205
37	185	42	210

3D-модель выемки и насыпи можно выполнить двумя способами: в виде каркаса поверхности (рис. 10, а, б) и в виде твердотельной модели (рис. 10, в, г). Первый способ позволяет наглядно продемонстрировать обучающимся элементы учебной

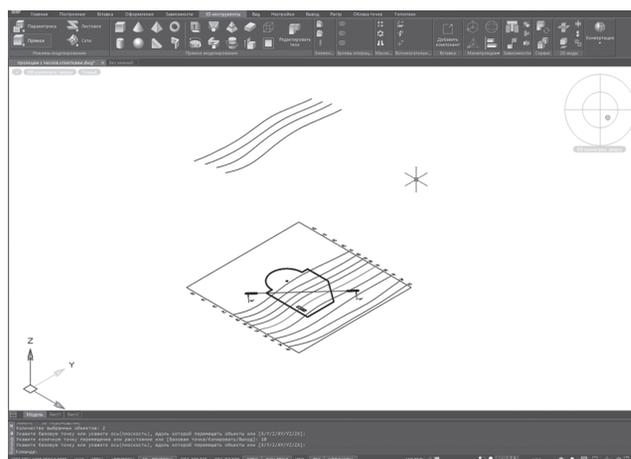


Рис. 5. Подъем горизонталей топографической поверхности

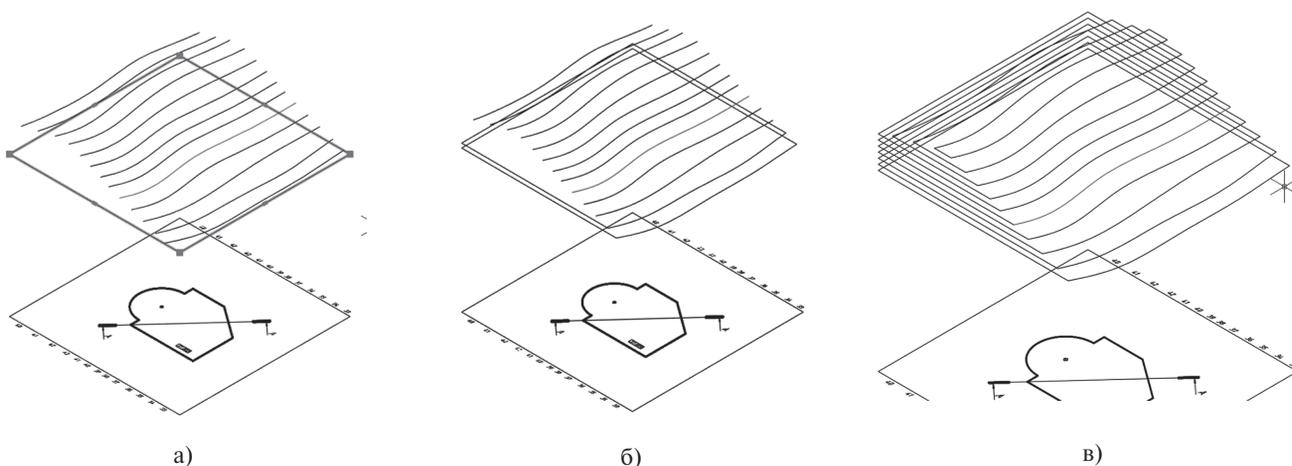
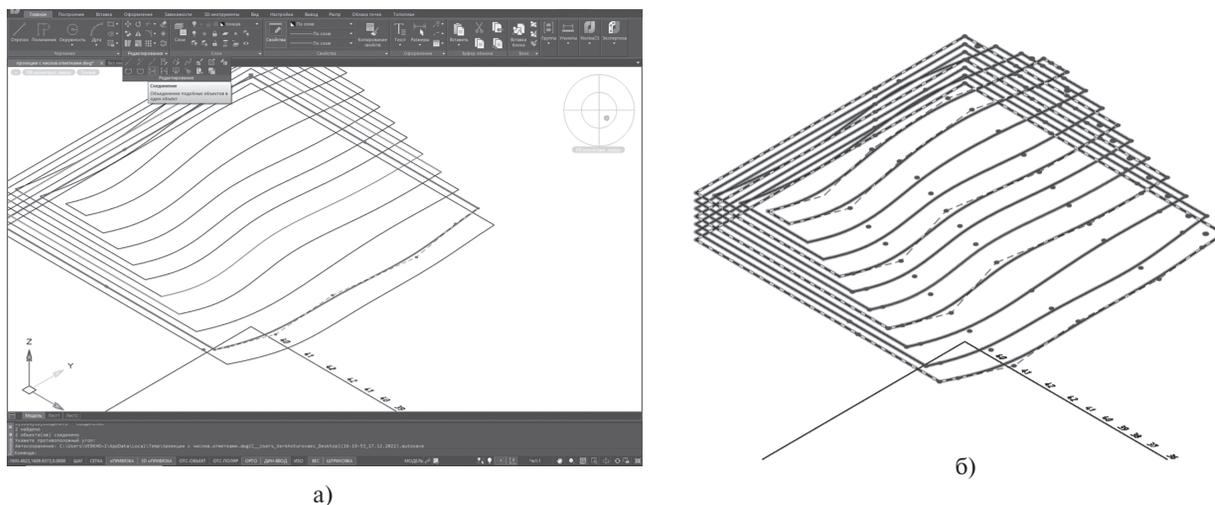
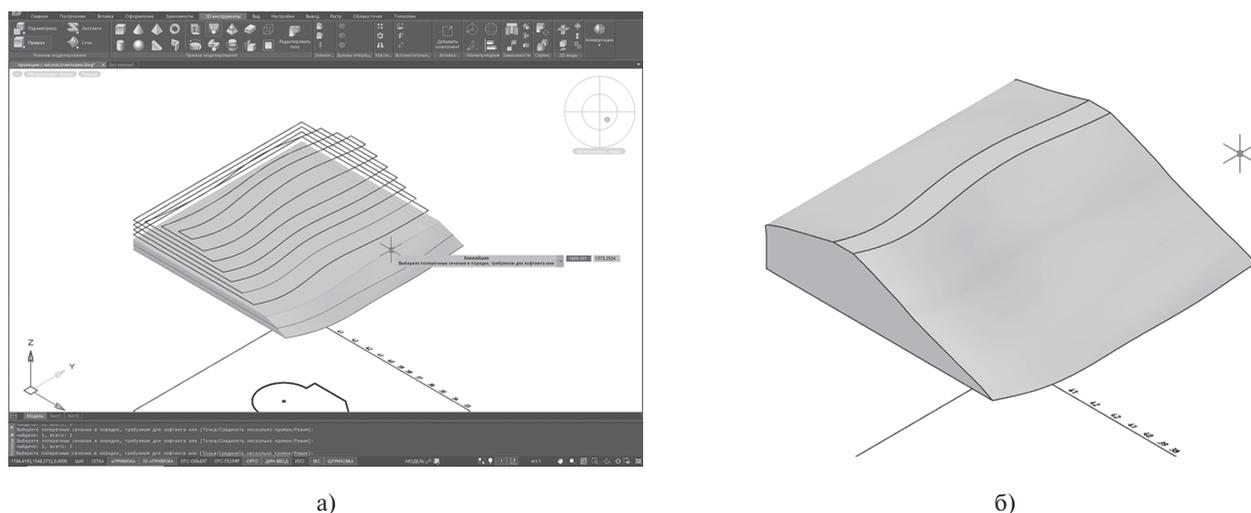


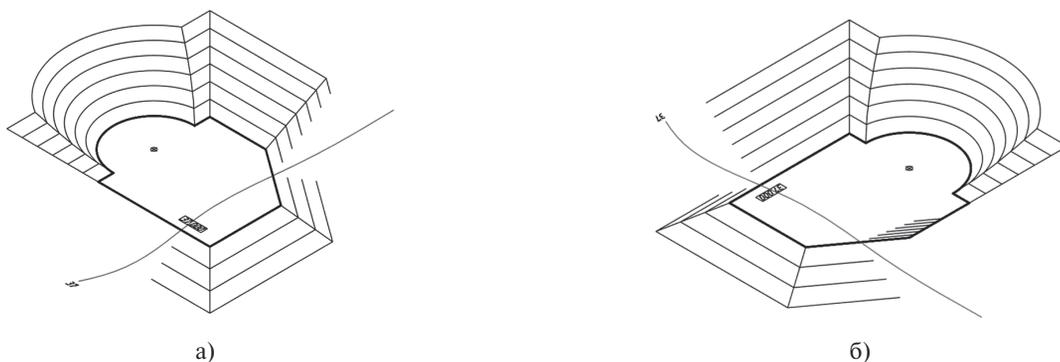
Рис. 6. Перемещение границ топографической поверхности и их обрезка: а — подъем границы топографического участка на уровень 33 горизонтали топографической поверхности; б — обрезка кромок границ топографической поверхности до линии 33 и 34 горизонталей земли; в — отображение всех построенных кромок



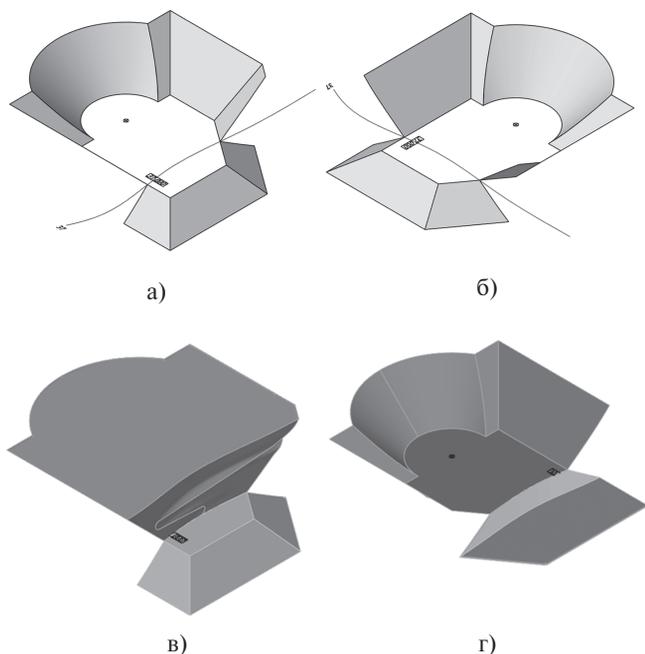
**Рис. 7.** Создание замкнутых контуров-сечений: *а* — создание замкнутого контура на уровне 34 горизонтали топографической поверхности; *б* — отображение всех построенных замкнутых контуров-сечений



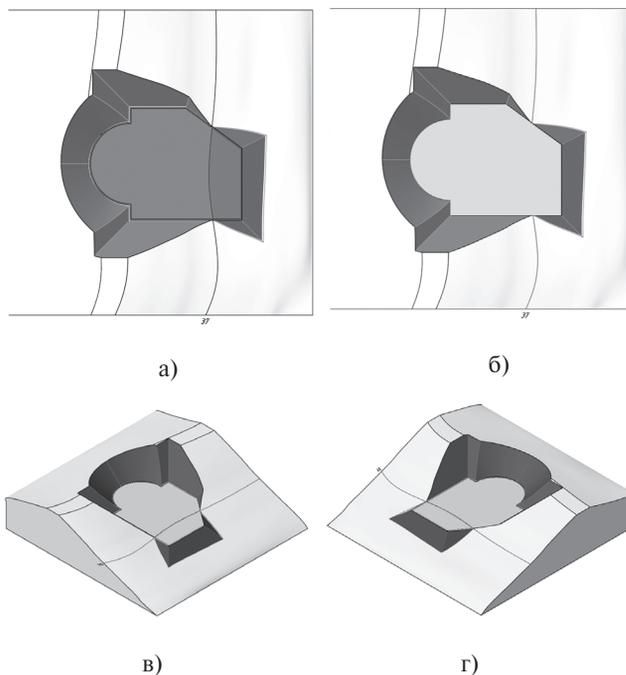
**Рис. 8.** Построение 3D-модели топографической поверхности: *а* — промежуточное построение 3D-модели топографической поверхности; *б* — 3D-модель топографической поверхности



**Рис. 9.** Перемещение по вертикали горизонтальной плоскости выемки и насыпи: *а* — Юго-восточная изометрия. Сверху; *б* — Северо-восточная изометрия. Сверху



**Рис. 10.** 3D-модели откосов: *а* — каркасная 3D-модель выемки и насыпи, вид Юго-Восточная изометрия. Сверху; *б* — каркасная 3D-модель выемки и насыпи, вид Северо-восточная изометрия. Сверху; *в* — твердотельная 3D-модель выемки и насыпи, вид Юго-восточная изометрия. Сверху; *г* — твердотельная 3D-модель выемки и насыпи, вид Юго-западная изометрия. Снизу



**Рис. 11.** 3D-модель границы земляных работ (визуализация результата решения задачи): *а* — вид сверху с иллюстрацией границы выемки и насыпи по линии нулевых работ; *б* — вид сверху; *в* — Юго-Восточная изометрия. Сверху; *г* — Северо-восточная изометрия. Сверху

задачи — конструкции выемки и насыпи, линии пересечения плоскостей откосов. Второй способ — получить твердотельные модели объема грунта выемки и насыпи при помощи булевых операций с 3D-моделями топографической поверхности, выемки и насыпи для решения инженерной задачи по определению объема земляных масс.

В учебной задаче при решении на плоскости определяют объемы грунта выемок и насыпей только графически. Для решения инженерной задачи по определению массы грунтов используют математические и геометрические методы расчета, точность которых имеет большое значение для определения рационального способа производства земляных работ на строительной площадке. Обычно в практике определения объемов земляных масс используют следующие аналитические способы: расчет суммарного объема геометрических тел — призм, конусов, пирамид, которые составляют объем насыпи и (или) выемки; при помощи планировочной сетки по методу прямоугольных или треугольных призм. Среди различных методов расчета объемов земляных масс [1; 2; 12] достаточной точностью обладает метод поперечных профилей [23]. Однако на практике применение перечисленных методов для определения объемов земляных сопряжено с

трудоемкостью в исполнении и не высокой точностью расчетов, поскольку геометрические тела и сечения, которые используют при расчете, имеют усредненные размеры. Альтернативой является расчет объемов земляных масс с помощью КГМ, которое позволяет решать как учебные (определение границ земляных работ), так и инженерные задачи (определение кубатуры земляных масс) при проектировании.

Этап анализа и интерпретации результатов компьютерного геометрического моделирования включает:

- выполнение последовательных булевых операций: тело-объединение, тело-вычитание, пересечение, сечение плоскостью для получения твердотельных моделей грунта выемки и насыпи (рис. 12, *а–е*);
- определение объема твердотельных моделей объема земляных масс выемки и насыпи (рис. 13, *а, б*)

Определить объем твердотельных моделей земляных масс выемки и насыпи в рамках учебной и инженерно-строительной задачи методом КГМ можно двумя способами: 1) полученные модели увеличить до масштаба 1:1 и при помощи стандартной функции определения массовых характеристик объектов программы *nanoCAD* определить объемы трехмерных моделей грунта выемки и насыпи (рис. 13, *а, б*); 2) определить объемы моделей грунта выемки и насыпи, пересчитать с учетом масштаба.

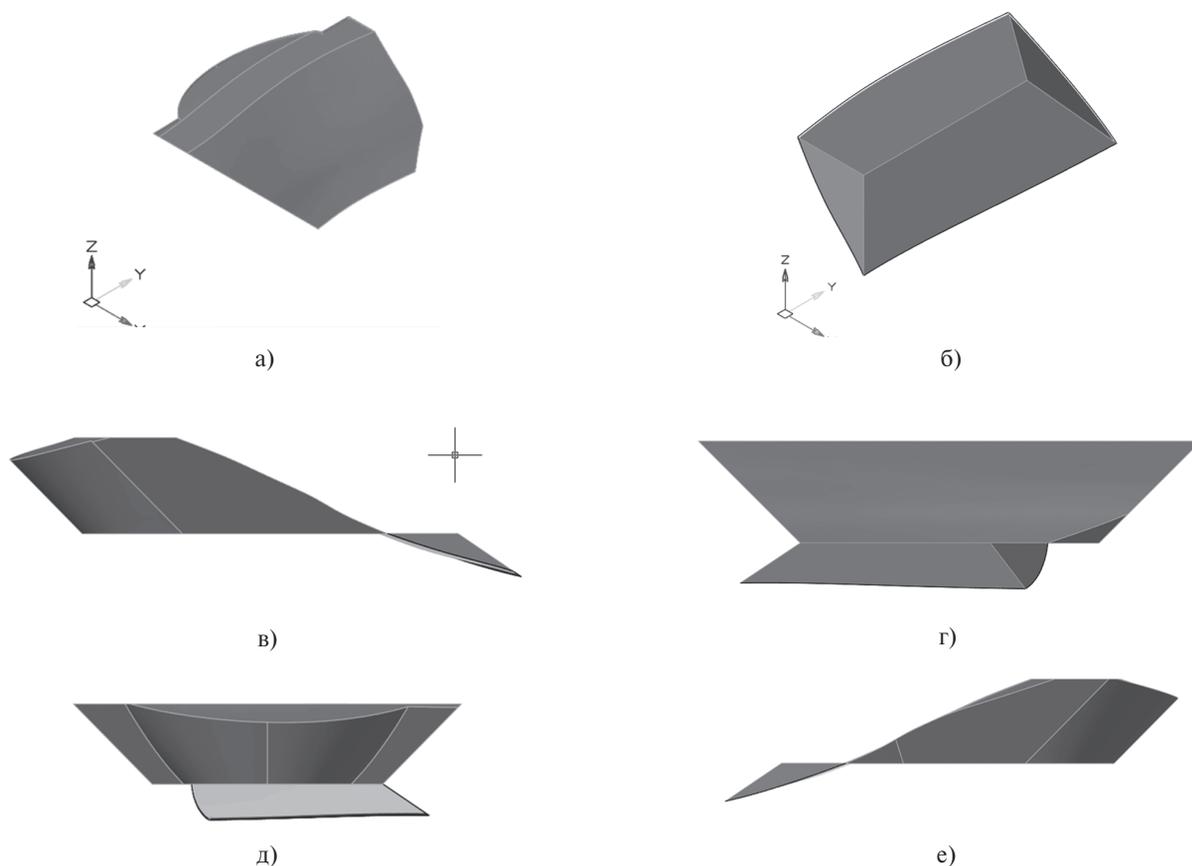
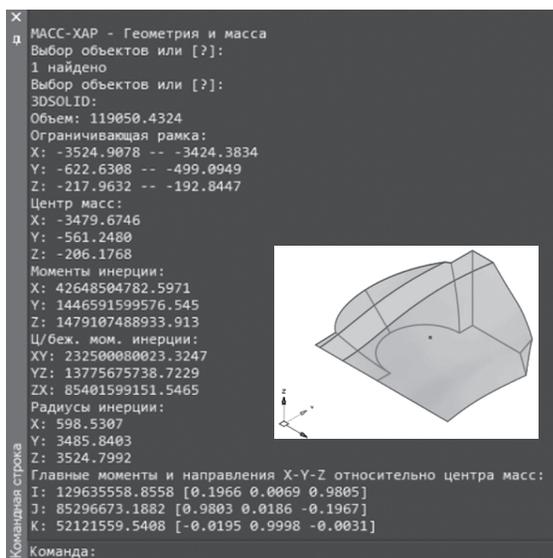
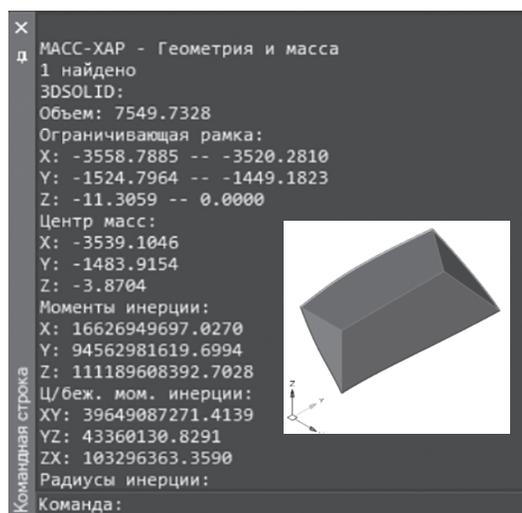


Рис. 12. 3D-модель выемки (а) и насыпи (б), совмещенные 3D-модели выемки и насыпи по линии нулевых работ, вид спереди (в), вид слева (г), вид справа (д), вид сзади (е)



а)



б)

Рис. 13. Результаты определения массовых характеристик твердотельных 3D-моделей грунта выемки (а) и насыпи (б)

Таким образом, для определения объемов земляных масс методом КГМ достаточно построить твердотельную 3D-модель грунта выемки и насыпи путем последовательных преобразований 3D-моделей топографической поверхности, конструкций выемки и насыпи.

Для определения более точных значений объемов земляных работ при устройстве насыпи (выемки) необходимо учитывать коэффициент относительно уплотнения грунта (значение плотности грунта) или насыпного материала.

В заключение следует отметить, что предложенный алгоритм решения расчетно-графической работы методом КГМ позволяет оперативно, точно и наглядно определить необходимые данные учебной задачи, исключая сложные геометрические построения и инженерной задачи по определению объема земляных масс, способствует формированию и закреплению у обучающихся компетенций, соответствующих требованиям ФГОС ВО, профессиональных стандартов инженерно-строительного профиля и подготовки современных инженеров для удовлетворения требований цифровой экономики.

### Выводы

Предложенный выше алгоритм решения задачи строительной графики методом компьютерного геометрического моделирования позволяет:

- 1) повысить наглядность и интерактивность учебного материала, расчетно-графических работ;
- 2) пополнить методическую «копилку» новым методом решения инженерно-строительной задачи;
- 3) адаптировать его под проектирование строительных площадок других геометрических форм;
- 4) использовать его в дополнение к традиционному способу решения задачи для повышения усвоения материала и наглядности, а также повышения интереса к обучению;
- 5) организовать самостоятельную работу обучающихся в системе электронного обучения, в рамках научно-исследовательской и проектной деятельности, дополнительного образования;
- 6) решить учебную и инженерно-строительную задачу, проанализировать полученные результаты;
- 7) средствами САПР получить рабочий инженерно-строительный чертеж;
- 8) доступными методами конструировать любые инженерно-строительные сооружения подобного типа, что позволяет в дальнейшем выбрать экономически рациональную технологию их изготовления;
- 9) овладеть знаниями, умениями и навыками, необходимыми при решении учебных расчетно-графических (проектных) задач и прикладных задач будущей профессиональной деятельности.

### Литература

1. *Афоничев Д.Н.* Дифференцированный расчет объемов земляных работ по элементам земляного полотна на участках малых насыпей [Текст] / Д.Н. Афоничев, В.А. Морковин, А.А. Занин // Известия ВУЗов. Лесной журнал. — 2012. — № 1. — С. 1–4.
2. *Афоничев Д.Н.* Совершенствование расчета профильного объема земляных работ в системе автоматизированного проектирования [Текст] / Д.Н. Афоничев // Научный журнал КубГАУ. — 2012. — № 75. — С. 1–12.
3. *Бояшова Е.П.* Особенности дистанционного обучения геометро-графическим дисциплинам с использованием методов конструктивного геометрического моделирования [Текст] / Е.П. Бояшова // Геометрия и графика. — 2021. — № 3. — С. 46–56. — DOI: 10.12737/2308-4898-2021-9-3-46-56.
4. *Верхотурова Е.В.* Применение компьютерного геометрического моделирования для решения учебных и прикладных инженерно-строительных задач [Текст] / Е.В. Верхотурова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». — 2023. — Т. 23. — № 1. — С. 65–74.
5. *Верхотурова Е.В.* Причинно-следственный анализ проблем геометро-графической подготовки обучающихся технического вуза [Текст] / Е.В. Верхотурова, Г.А. Ивашенко // Геометрия и графика. — 2022. — Т. 10. — № 2. — С. 60–69. — DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-2-60-69.
6. *Верхотурова Е.В.* Реверсивный инжиниринг — эффективный инструмент обучения инженерной графике [Текст] / Е.В. Верхотурова, С.А. Пронин, Г.А. Ивашенко // Геометрия и графика. — 2022. — Т. 10. — № 3. — С. 61–72. — DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-2-35-52.
7. *Виданова Е.А.* Обучение иллюстрации как средство развития творческого мышления художников-педагогов [Текст] / Е.А. Виданова // Вестник Костромского государственного университета. Серия «Педагогика. Психология. Социокинетика». — 2019. — № 1. — С. 169–172.
8. *Душков Б.А.* Основы инженерной психологии [Текст]: учебник для студентов вузов / Б.А. Душков, А.В. Королев, Б.А. Смирнов. — М.: Академический проект, 2020. — 574 с.
9. *Иванова М.А.* Ситуационные задачи как интерактивный метод обучения при изучении графических дисциплин [Текст] / М.А. Иванова, Е.В. Верхотурова // Качество подготовки специалистов в техническом университете: проблемы, перспективы, инновационные подходы: материалы IV Международной науч-

- но-методической конференции. — Могилев: Могилевский государственный университет продовольствия, 2018. — С. 62–63.
10. *Ивашенко Г.А.* Инженерная графика и САПР. Моделирование ландшафтного пространства в AutoCAD [Текст]: учеб. пособие / Г.А. Ивашенко, Л.Б. Григорьевский, В.М. Камчаткина, Е.В. Верхотурова / В 2 ч. Ч. 1. — Братск: Изд-во БрГУ, 2022. — 198 с.
  11. *Игнатъев С.А.* Повышение наглядности представления изучаемых в начертательной геометрии объектов [Текст] / С.А. Игнатъев, Э.Х. Муратбакеев, М.В. Воронина // Геометрия и графика. — 2022. — Т. 10. — № 1. — С. 44–53. — DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-1-44-53.
  12. *Индейкин А.В.* К вопросу о повышении точности расчетов при строительстве транспортных коммуникаций [Текст] / А.В. Индейкин, О.Н. Куранова, А.К. Черных, Г.Г. Чентурия // Известия Петербургского университета путей сообщения. — 2018. — № 3. — С. 391–398.
  13. *Кондратюк Т.В.* Четвертая промышленная революция: какие компетенции необходимы сотрудникам? [Текст] / Т.В. Кондратюк // Стратегические решения и риск-менеджмент. — 2018. — Т. 108. — № 3. — С. 66–79.
  14. *Крыжановская А.А.* Выражение эмоций детьми дошкольного возраста в рисунках посредством техник педагогической арт-терапии [Текст] / А.А. Крыжановская // IN SITU. — 2016. — № 5. — С. 35–37.
  15. *Кувшинов Н.С.* Использование компьютерных технологий на основе графического пакета NanoCAD при конструировании изделий [Текст] / Н.С. Кувшинов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». — 2015. — Т. 15. — № 2. — С. 52–58.
  16. *Куприяновский В.П.* Трансформация промышленности в цифровой экономике — проектирование и производство [Текст] / В.П. Куприяновский, С.А. Синягов, Д.Е. Намиот, Н.А. Уткин, Д.Е. Николаев, А.П. Добрынин // International Journal of Open Information Technologies. — 2017. — № 1. — С. 50–70.
  17. *Купчинская М.А.* Клиповое мышление как феномен современного общества [Текст] / М.А. Купчинская, Н.В. Юдалевич // Бизнес-образование в экономике знаний. — 2019. — Т. 14. — № 3. — С. 66–71.
  18. *Лепаров М.Н.* О геометрии, еще один раз [Текст] / М.Н. Лепаров // Геометрия и графика. — 2022. — № 1. — С. 3–13. — DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-1-3-13.
  19. *Любчинов Е.В.* О гладкости стыковки линий и поверхностей при циклографическом моделировании поверхностных форм автомобильных дорог [Текст] / Е.В. Любчинов, К.Л. Панчук // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». — 2020. — Т. 20. — № 1. — С. 52–62. — DOI: 10.14529/build200106.
  20. *Мусаева Т.В.* Дополненная реальность в проведении занятий по инженерным техническим дисциплинам проектирования [Текст] / Т.В. Мусаева, А.А. Ураго // Геометрия и графика. — 2021. — Т. 9. — № 2. — С. 46–55. — DOI: 10.12737/2308-4898-2021-9-2-46-55.
  21. *Новик Н.В.* Информационные технологии как средство повышения эффективности профессиональной подготовки инженера (на материалах дисциплины «Инженерная графика») [Текст] / Н.В. Новик // Общество: социология, психология, педагогика. — 2016. — № 8. — С. 1–3.
  22. *Оюунжаргал Ч.* Тенденции обучения в инженерной графике [Текст] / Ч. Оюунжаргал, Э. Оюунзаяа // Геометрия и графика. — 2022. — Т. 10. № 2. — С. 53–59. — DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-2-53-59.
  23. *Пожидаев С.А.* Автоматизация проектирования поперечных профилей земляного полотна линейных сооружений железных дорог [Текст] / С.А. Пожидаев // Транспортные системы и технологии перевозок. — 2011. — № 1. — С. 89–94.
  24. *Прокофьева И.В.* Технический рисунок в курсе инженерной графики [Текст] / И.В. Прокофьева, С.Г. Демидов // Педагогика. Вопросы теории и практики. — 2018. — Т. 10. — № 2. — С. 41–45.
  25. *Сагадеев В.В.* Технологии геометрического моделирования в формировании проектно-конструкторской компетенции [Текст] / В.В. Сагадеев, Л.А. Смирнова, М.Е. Кирягина // Вестник КГЭУ. — 2019. — Т. 44. — № 4. — С. 47–54.
  26. *Сальков Н.А.* Истоки становления начертательной геометрии [Текст] / Н.А. Сальков // Геометрия и графика. — 2021. — Т. 9. — № 3. — С. 3–11. — DOI: 10.12737/2308-4898-2021-9-3-3-11.
  27. *Сальков Н.А.* Об изображениях [Текст] / Н.А. Сальков // Геометрия и графика. — 2022. — Т. 10. — № 2. — С. 3–10. — DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-2-3-10.
  28. *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.
  29. *Старицына О.А.* Клиповое мышление vs образование. Кто виноват и что делать? [Текст] / О.А. Старицына // АНИ: педагогика и психология. — 2018. — Т. 23. — № 2. — С. 270–274.
  30. *Столбова И.Д.* К вопросу о готовности преподавательских кадров к цифровому обучению [Текст] / И.Д. Столбова, К.Г. Носов, Л.С. Тарасова // Геометрия и графика. — 2022. — Т. 10. — № 1. — С. 24–35. — DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-1-24-35.
  31. *Усатая Т.В.* Современные подходы к проектированию изделий в процессе обучения студентов компьютерной графике [Текст] / Т.В. Усатая, Л.В. Дерябина, Е.С. Решетникова // Геометрия и графика. — 2019. — Т. 7. — № 1. — С. 74–82. — DOI: 10.12737/article\_5c91fd2bde0ff7.07282102.
  32. *Хейфец А.Л.* 3D-модели и алгоритмы компьютерной параметризации при решении задач конструктивной геометрии (на некоторых исторических примерах) [Текст] / А.Л. Хейфец // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». — 2016. — Т. 16. — № 2. — С. 24–42. — DOI: 10.14529/ctcr160203.

## References

1. Afonichev D.N., Morkovin V.A., Zanin A.A. Differentiated calculation of the volume of earthworks by elements of the subgrade in areas of small embankments [Differentsirovannyi raschet ob'yemov zemlyanykh rabot po elementam zemlyanogo polotna na uchastkakh mal'nykh nasypyey]. *Izvestiya VUZov. Lesnoy zhurnal* [Proceedings of Universities. Forest journal]. 2012, I. 1, pp. 1–4. (in Russian)
2. Afonichev D.N. Improving the calculation of the profile volume of earthworks in the computer-aided design system [Sovershenstvovaniye rascheta profil'nogo ob'yema zemlyanykh rabot v sisteme avtomatizirovannogo proyektirovaniya]. *Nauchnyy zhurnal KubGAU* [Scientific journal of KubSAU]. 2012, I. 75, pp. 1–12. (in Russian)
3. Boyashova E. Features of distance learning in geometric and graphic disciplines using methods of constructive geometric modeling [Osobennosti distantsionnogo obucheniya geometro-graficheskimi distsiplinami s ispol'zovaniyem metodov konstruktivnogo geometricheskogo modelirovaniya]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics]. 2021, V. 22, I. 3, pp. 46–56. DOI: 10.12737/2308-4898-2021-9-3-46-56. (in Russian)
4. Verkhoturova E.V. Application of computer geometric modeling for solving educational and applied engineering and construction problems [Primeneniye komp'yuternogo geometricheskogo modelirovaniya dlya resheniya uchebnykh i prikladnykh inzhenerno-stroitel'nykh zadach]. *Vestnik YUUrGU. Seriya «Stroitel'stvo i arkhitektura»* [Bulletin of the South Ural State University. Ser. "Construction Engineering and Architecture"]. 2023, V. 23, I. 1, pp. 65–74. (in Russian)
5. Verkhoturova E.V., Ivashchenko G.A. Cause and effect diagram of the problems of geometric and graphic training of students at a technical university [Prichinno-sledstvennyy analiz problem geometro-graficheskoy podgotovki obuchayushchikhsya tekhnicheskogo vuza]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics]. 2022, V. 10, I. 2, pp. 60–69. DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-2-60-69. (in Russian)
6. Verkhoturova E.V., Pronin S.A., Ivashchenko G.A. Reverse engineering is an effective tool for teaching engineering graphics [Reversivnyy inzhiniring — effektivnyy instrument obucheniya inzhenernoy grafike]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics]. 2022, V. 10, I. 3, pp. 61–72. DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-2-35-52. (in Russian)
7. Vidanova E.A. Teaching illustration as a means of developing the creative thinking of artists-teachers [Obucheniye illyustratsii kak sredstvo razvitiya tvorcheskogo myshleniya khudozhnikov-pedagogov]. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: «Pedagogika. Psikhologiya. Sotsiokinetika»* [Bulletin of the Kostroma State University. Series "Pedagogy. Psychology. Sociokinetics"]. 2019, I. 1, pp. 169–172. (in Russian)
8. Dushkov B.A., Korolev A.V., Smirnov B.A. *Osnovy inzhenernoy psikhologii* [Fundamentals of engineering psychology]. Moscow, Acad. project Publ., Ekaterinburg, Delovaya kn. Publ., 2002. 573 p. (in Russian)
9. Ivanova M.A., Verkhoturova E.V. Situatsionnyye zadachi kak interaktivnyy metod obucheniya pri izuchenii graficheskikh distsiplin [Situational tasks as an interactive teaching method in the study of graphic disciplines]. *Kachestvo podgotovki spetsialistov v tekhnicheskoy universitete: problemy, perspektivy, innovatsionnyye podkhody: materialy IV Mezhdunarodnoy nauchno-metodicheskoy konferentsii. Uchrezhdeniye obrazovaniya «Mogilevskiy gosudarstvennyy universitet prodovol'stviya»* [The quality of training specialists at a technical university: problems, prospects, innovative approaches: materials of the IV International Scientific and Methodological Conference]. Mogilev, Mogilev State University of Food, 2018, pp. 62–63. (in Russian)
10. Ivashchenko G.A., Grigorevsky L.B., Kamchatkina V.M., Verkhoturova E.V. Inzhenernaya grafika i SAPR. *Modelirovaniye landshaftnogo prostranstva v AutoCAD* [Engineering graphics and CAD. Landscape space modeling in AutoCAD]: textbook, in 2 parts, Part 1. Bratsk. Publ. BrGU. 2022. 198 p. (in Russian)
11. Ignat'ev S., Muratbakeev E., Voronina M. Increasing the visibility of representation for objects studying in descriptive geometry [Povysheniye naglyadnosti predstavleniya izuchayemykh v nachertatel'noy geometrii ob'yektov]. *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)
12. Indeikin A.V., Kuranova O.N., Chernykh A.K., Centuria G.G. On the issue of improving the accuracy of calculations in the construction of transport communications [K voprosu o povyshenii tochnosti raschetov pri stroitel'stve transportnykh kommunikatsiy]. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya* [Proceedings of the Petersburg University of Communications]. 2018, I. 3, pp. 391–398. (in Russian)
13. Kondratyuk T.V. The fourth industrial revolution: what competencies do employees need? [Chetvertaya promyshlennaya revolyutsiya: kakiye kompetentsii neobkhodimy sotrudnikam?]. *Strategicheskiye resheniya i risk-menedzhment* [Strategic decisions and risk management]. 2018, V. 108, I. 3, pp. 66–79. (in Russian)
14. Kryzhanovskaya A.A. Expression of emotions by children of preschool age in drawings through the techniques of pedagogical art therapy [Vyrasheniye emotsiy det'mi doshkol'nogo vozrasta v risunkakh posredstvom tekhnicheskoy art-terapii]. *IN SITU* [IN SITU]. 2016, I. 5, pp. 35–37. (in Russian)
15. Kuvshinov N.S. Use of Computer Technologies Based on NanoCAD Graphic Package at Product Design [Isol'zovaniye komp'yuternykh tekhnologiy na osnove graficheskogo paketa NanoCAD pri konstruirovaniy izdeliy]. *Vestnik YUUrGU. Seriya «Stroitel'stvo i arkhitektura»* [Bulletin of the South Ural State University. Ser. "Construction Engineering and Architecture"]. 2015, V. 15, I. 2, pp. 52–58. (in Russian)
16. Kupriyanovsky V.P., Sinyagov S.A., Namiot D.E., Utkin N.A., Nikolaev D.E., Dobrynin A.P. Industries transformation in the digital economy — the design and production

- [Transformatsiya promyshlennosti v tsifrovoy ekonomike — proyektirovaniye i proizvodstvo]. *International Journal of Open Information Technologies*. 2017, I. 1, pp. 50–70. (in Russian)
17. Kupchinskaya M.A., Yudalevich N.V. Clip thinking as a phenomenon of modern society [Klipovoye myshleniye kak fenomen sovremennogo obshchestva]. *Biznes-obrazovaniye v ekonomike znaniy* [Business education in the knowledge economy]. 2019, V. 14, I. 3, pp. 66–71. (in Russian)
  18. Leparov M.N. About geometry, one more time [O geometrii, yeshche odin raz]. *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)
  19. Lyubchinov E.V., Panchuk K.L. On the Smoothness of Compound of the Lines and Surfaces in Cyclographic Modeling of Surface Forms of Roads [O gladkosti stykovki liniy i poverkhnostey pri tsiklograficheskom modelirovaniy poverkhnostnykh form avtomobil'nykh dorog]. *Vestnik YUUrGU. Seriya «Stroitel'stvo i arkhitektura»* [Bulletin of the South Ural State University. Ser. “Construction Engineering and Architecture”]. 2020, V. 20, I. 1, pp. 52–62. DOI: 10.14529/build200106. (in Russian)
  20. Musaeva T.V., Urago A.A. Augmented reality in conducting classes in engineering and technical disciplines of design [Dopolnennaya real'nost' v provedenii zanyatiy po inzhenernym tekhnicheskim distsiplinam proyektirovaniya]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics]. 2021, V. 9, I. 2, pp. 46–55. DOI: 10.12737/2308-4898-2021-9-2-46-55. (in Russian)
  21. Novik N.V. Information technology as a means to improve effectiveness of engineers" professional training (based on the materials of "engineering graphics" discipline) [Informatsionnyye tekhnologii kak sredstvo povysheniya effektivnosti professional'noy podgotovki inzhenera (na materialakh distsipliny «Inzhenernaya grafika»)]. *Obshchestvo: sotsiologiya, psikhologiya, pedagogika* [Society: sociology, psychology, pedagogy]. 2016, I. 8, pp. 1–3. (in Russian)
  22. Oyuunjargal Ch., Oyuunzayaa E. Trends of training in engineering graphics [Tendentsii obucheniya v inzhenernoy grafike]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics]. 2022, V. 10, I. 2, pp. 53–59. DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-2-53-59. (in Russian)
  23. Pozhidaev S.A. Automation of the design of transverse profiles of the subgrade of linear structures of railways [Avtomatizatsiya proyektirovaniya poperechnykh profiley zemlyanogo polotna lineynykh sooruzheniy zheleznykh dorog]. *Transportnyye sistemy i tekhnologii perevozok* [Transport systems and transportation technologies]. 2011, I. 1, pp. 89–94. (in Russian)
  24. Prokofieva I.V., Demidov S.G. Technical drawing in the course of engineering graphics [Tekhnicheskii risunok v kurse inzhenernoy grafiki]. *Pedagogika. Voprosy teorii i praktiki* [Pedagogy. Questions of theory and practice]. 2018, V. 10, I. 2, pp. 41–45. (in Russian)
  25. Sagadeev V.V., Smirnova L.A., Kiryagin M.E. Technology geometric modeling in the formation of design competence [Tekhnologii geometricheskogo modelirovaniya v formirovaniy projektno-konstruktorskoj kompetentsii]. *Vestnik KGEU* [Bulletin of KSEU]. 2019, V. 44, I. 4, pp. 47–54. (in Russian)
  26. Salkov N.A. The origins of the formation of descriptive geometry [Istoki stanovleniya nachertatel'noy geometrii]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics]. 2021, V. 9, I. 3, pp. 3–11. DOI: 10.12737/2308-4898-2021-9-3-3-11. (in Russian)
  27. Salkov N.A. About images [Ob izobrazheniyakh]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics]. 2022, V. 10, I. 2, pp. 3–10. DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-2-3-10. (in Russian)
  28. Salkov N.A. The main reasons for the poor assimilation of descriptive geometry [Osnovnyye prichiny plokhnogo usvoyeniya nachertatel'noy geometrii]. *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)
  29. Staritsyna O.A. Mosaic thinking vs education. Who is to blame and what to do? [Klipovoye myshleniye vs obrazovaniye. Kto vinovat i chto delat'?). *ANI: pedagogika i psikhologiya* [ANI: Pedagogy and Psychology]. 2018, V. 23, I. 2, pp. 270–274. (in Russian)
  30. Stolbova I.D., Nosov K.G., Tarasova L.S. To the question of teaching staff readiness to digital training [K voprosu o gotovnosti prepodavatel'skikh kadrov k tsifrovomu obucheniyu]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics]. 2022, V. 10, I. 1, pp. 24–35. DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-1-24-35. (in Russian)
  31. Usataya T.V., Deryabina L.V., Reshetnikova E.S. Modern approaches to products design in the process of students teaching in computer graphics [Sovremennyye podkhody k proyektirovaniyu izdeliy v protsesse obucheniya studentov komp'yuternoy grafike]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics]. 2019, V. 7, I. 1, pp. 74–82. DOI: 10.12737/article\_5c91fd2bde0ff7.07282102. (in Russian)
  32. Kheyfets A.L. 3D Models and Algorithms for Computer-Based Parameterization for the Decision of Tasks of Constructive Geometry (at Some Historical Examples). [3D modeli i algoritmy komp'yuternoy parametrizatsii pri reshenii zadach konstruktivnoy geometrii (na nekotorykh istoricheskikh primerakh)]. *Vestnik YUUrGU. Seriya «Komp'yuternyye tekhnologii, upravleniye, radioelektronika»* [Bulletin of the South Ural State University. Ser. “Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics”]. 2016, V. 16, I. 2, pp. 24–42. DOI: 10.14529/ctcr160203. (in Russian)