

Комплекс электронных графических заданий по начертательной геометрии, адаптированных для автоматизированных систем оценивания

Петухова Анна Викторовна^{*1,2,3}, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры «Графика»

Ермошкин Эдуард Валерьевич^{1,2,4}, старший преподаватель кафедры «Инженерная и компьютерная графика»

¹Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск (Россия)

²Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Новосибирск (Россия)

*E-mail: a.petukhova@sibstrin.ru

³ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7775-5220>

⁴ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5520-070X>

Поступила в редакцию 22.11.2024

Пересмотрена 10.12.2024

Принята к публикации 27.01.2025

Аннотация: Поднимается проблема контроля качества графической подготовки студентов технического университета с помощью автоматизированной системы оценивания. Несмотря на широкий доступ к цифровым образовательным ресурсам, прием и проверка чертежей и расчетно-графических работ в технических университетах до сих пор выполняются вручную преподавателями. Авторы предлагают заменить привычные формы графических заданий по начертательной геометрии электронными метрическими и позиционными задачами нового типа. Результат решения таких задач выражен числом или коротким ответом и может быть сличен с эталоном с помощью любой стандартной системы тестирования, например LMS Moodle. В работе представлено 20 примеров электронных практических заданий по начертательной геометрии, решение которых может быть выполнено в любом графическом редакторе, а ответ проверяется с помощью автоматизированной системы оценивания. Разработанный авторами комплекс электронных оценочных средств содержит более 600 вариантов графических задач и предназначен для проверки теоретических знаний и практических навыков, связанных с содержанием курса «Начертательная геометрия и компьютерная графика». Проверка правильности выполнения заданий производится автоматически посредством инструментов электронной обучающей среды LMS Moodle без участия преподавателя. Для оценивания используются заранее спроектированные наборы контрольных параметров, такие как площадь, длина, расстояние, объем, количество, состояние, вид. Система успешно применяется для текущего контроля знаний, умений и навыков первокурсников в Сибирском государственном университете путей сообщения. Данные мониторинга результатов обучения свидетельствуют об эффективности применения автоматизированных средств диагностики уровня сформированности графических навыков студентов.

Ключевые слова: комплекс электронных графических заданий; начертательная геометрия и компьютерная графика; автоматизированная система оценивания; электронные оценочные средства; цифровые образовательные ресурсы; автоматическая проверка.

Для цитирования: Петухова А.В., Ермошкин Э.В. Комплекс электронных графических заданий по начертательной геометрии, адаптированных для автоматизированных систем оценивания // Доказательная педагогика, психология. 2025. № 1. С. 17–30. DOI: 10.18323/3034-2996-2025-1-60-2.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема оценки качества обучения всегда была и остается одной из наиболее обсуждаемых в педагогической среде. Диагностические мероприятия позволяют педагогу получить информацию о том, насколько успешно обучающийся осваивает учебный материал, проверить факт освоения студентом определенных компетенций, выявить динамику и тенденции изменения показателей эффективности обучения. Обеспечение внешней обратной связи и активизация внутреннего контроля – это важнейшие функции педагогической диагностики [1–3]. На современном этапе одним из приоритетных направлений в педагогических исследованиях является разработка автоматизированных систем оценки знаний, умений и навыков, разработка электронных оценочных средств, использование цифровых образовательных ресурсов, внедрение тестовых форм контроля [4–6].

Выбор процедуры оценивания во многом зависит от цели проведения оценочных мероприятий, а также от того, каким образом в дальнейшем планируется использовать

результаты оценивания [7]. В системе инженерно-графических дисциплин для оценивания результатов учебной деятельности используются расчетно-графические работы, графические задачи, электронные модели. Задания по начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графике и результаты их выполнения являются чертежами. В современных реалиях чертежи выполняются преимущественно с использованием САД-систем. Проверка графической работы преподавателем включает: загрузку файла чертежа на рабочую станцию преподавателя; открытие файла в определенной САД-системе; анализ соответствия решения условию; критическое осмысление хода действий, выбранного студентом при решении задачи; выявление ошибок и недочетов; назначение оценки; публикацию оценки и отзыва на работу. Учитывая вышесказанное, проверка графических заданий является весьма трудоемкой операцией, поэтому существует объективная необходимость внедрения в учебный процесс автоматизированных систем контроля уровня сформированности графических навыков [8–10].

Есть несколько вариантов решения обозначенной проблемы: разработка приложений для автоматического анализа отдельных машиночитаемых параметров инженерного чертежа [9], использование систем автоматизированного сравнения чертежей с некими эталонами правильного решения [8; 10; 11], применение возможностей искусственного интеллекта [12], разработка графических приложений со встроенными средствами проверки чертежей [8; 13; 14], использование электронных систем тестирования [15–17].

Обработка растрового изображения, полученного на основе визуального образа чертежа, является одной из распространенных идей для автоматической оценки. Например, система Virtual Teaching Assistant (ViTA) способна оценить работы студентов, экспортированные из различных инженерных графических редакторов, и распознать наиболее распространенные типы ошибок, такие как неверный контур или масштаб, неправильная толщина или тип линий, нарушения в расположении изображений, нарушения в составе изображений [9]. Оценка студенческой работы выполняется на основе сравнения с образцом-эталонном, заранее загруженным пользователем. Virtual Teaching Assistant (ViTA) показала хорошие результаты при проверке учебных технических чертежей, содержащих двумерные изображения проекционных видов, сечений и разрезов (инженерная графика). Однако ограничения программы затрудняют проверку работ, относящихся к разделу «Начертательная геометрия», поскольку решения большинства метрических и позиционных задач содержат множество вспомогательных элементов, расположение линий построения вариативно, геометрическая композиция решения зависит от выбранной студентами последовательности действий и может иметь множество визуальных различий при однозначно верном решении задачи.

Другая идея автоматизации оценивания графической работы связана с использованием систем визуального сравнения с эталоном решения [10]. Специальная программа осуществляет поиск отсутствующих или ошибочных элементов в решении на основе сравнения визуальных клонов проверяемого чертежа и образца-эталона. Несомненным достоинством способа является возможность пакетного сравнения. В качестве недостатка можно отметить нехватку интеллекта человека-оценщика. Применение данного способа обосновано, если правильное решение графической задачи содержит один постоянный набор графических примитивов, определенная комбинация которых создает неизменный графический образ чертежа. Если же правильное решение графической задачи может быть получено несколькими вариативными путями, с различными наборами геометрических примитивов и их комбинаций, то использование данного способа представляется нам несколько затруднительным.

Интересной идеей автоматизации оценивания графических работ является использование нетекстовых баз данных, содержащих массивы эталонных изображений и изображений с ошибками. Процедура проверки реализуется с помощью поэлементного сравнения bitmap проверяемой работы с эталонными изображениями и с ошибочными изображениями [11]. Критериями оценки служат композиционные закономерности, такие как пропорции, центр, симметрия, контраст. Степень точности зависит от того, насколько велико разнообразие образцов. Следовательно, необходимым условием корректной работы си-

стемы является наличие большого числа структурированных и маркированных графических изображений. Ограничением подхода является невозможность применения четкого критериального параметра «верно/неверно», что затрудняет использование данного метода для автоматического оценивания работ, выполненных студентами в рамках изучения инженерных дисциплин.

Еще один подход к автоматизации проверки графических работ связан с разработкой специальных программ-расширений для стандартных CAD-систем. Довольно успешным примером является приложение, предназначенное для работы в программном продукте AutoCAD [14]. Приложение написано на языке AutoLISP, позволяет по команде пользователя инициировать автоматическое построение набора графических примитивов, являющихся исходными данными графического задания, открывает студенту доступ к использованию встроенных чертежных инструментов AutoCAD, проверяет правильность чертежа, выводит на экран оценку и отзыв. Существенными ограничениями данной технологии являются: узкая специализация – программа работает только с программой AutoCAD; узкий круг тем начертательной геометрии, для которых реализованы задания; отсутствие доступа к программе у широкого круга пользователей.

Другой путь автоматизации процедур проверки графических заданий связан с развитием систем электронного тестирования [6; 16–18]. Тесты являются одним из наиболее продуктивных средств оптимизации педагогического труда. Основная сложность, связанная с использованием тестовых форм контроля по «Начертательной геометрии и компьютерной графике», обусловлена тем, что результатом решения задачи всегда является набор линий и точек, а общедоступные электронные образовательные системы не предназначены для обработки данных, представленных в виде графических элементов. Поэтому для применения автоматизированных систем оценивания графических работ требуется трансформация самих заданий, разработка новых формулировок задач, при которых результат решения задачи является чертежом, содержащим некий контрольный параметр. Новый подход к формированию графических заданий позволит сократить затраты времени преподавателя, исключив рутинные операции, связанные с загрузкой файлов чертежей, их открытием, сверкой с эталоном решения.

Цель исследования – разработка комплекса электронных графических заданий, адаптированных для применения совместно с общедоступными системами автоматизированного оценивания.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалы исследования

Материалом для данного исследования послужили фонды оценочных средств, применяемые для контроля уровня сформированности графических навыков студентов первого курса, обучающихся по направлению 23.05.04 «Управление процессами перевозок» [19].

Этапы исследования

Методика исследования включала:

– анализ оценочных средств по начертательной геометрии, их систематизацию;

- разработку технологии контроля практических навыков студентов;
- выбор показателей результативности обучения;
- подбор заданий, их адаптацию для электронной системы тестирования, выбор формы предъявления заданий;
- разработку достаточного количества вариантов каждого задания;
- создание базы данных, размещение заданий в электронной образовательной среде, настройку электронной системы тестирования;
- проведение тренировочных занятий со студентами по использованию новой для них системы оценивания графических навыков, проведение контролирующих мероприятий, анализ промежуточных результатов;
- выявление и корректировку неудачных заданий;
- общий анализ результатов применения разработанной технологии.

Показатели результативности

При разработке комплекса электронных графических заданий мы учли, что показателями результативности обучения по начертательной геометрии являются: способность студента находить проекции точек и линий, принадлежащих плоскости или поверхности; умение строить линии пересечения или точки соприкосновения двух или трех объектов, расположенных в пространстве; способность определять видимость элементов на ортогональном чертеже; умение выполнять дополнительные построения, необходимые для определения расстояний между объектами или их размеров.

Проектирование оценочных шкал выполнено с опорой на стандартную систему, основанную на четырех уровнях освоения учебного материала: неудовлетворительно – удовлетворительно – хорошо – отлично. Оценка «неудовлетворительно» применялась, если студент на всех испытаниях не смог подтвердить способность решать типовые задания. Оценка «удовлетворительно» выставлялась студенту, продемонстрировавшему способность решать типовые графические задания. Если студент демонстрировал способность решать задачи комбинированного типа (включающие множество элементов типовых задач), то ему присваивалась оценка «хорошо». Если студент способен синтезировать новые приемы решения задач, основываясь на своем предыдущем опыте, то уровень освоения интерпретировался как «отличный».

Высокий уровень вариативности заданий обеспечен за счет разработанной ранее системы автоматической генерации вариантов заданий с помощью наборов параметрических шаблонов [20].

Апробация комплекса электронных графических заданий

Предложенная технология автоматизированной оценки практических навыков студентов апробирована в 2023 г. в СГУПС (Сибирском государственном университете путей сообщения). В апробации участвовали студенты первого курса (124 человека). В течение семестра студенты выполнили 20 графических задач, упакованных в тестовые формы. Все задания были размещены в системе электронного обучения. Для разработки и решения задач использовалась САД-система «КОМПАС». Оценка назначалась автоматически. Каждая задача оценивалась индивидуально (по отдельности, вне зависимости от других).

Задания выполнялись студентами в аудитории в присутствии преподавателя. Ограничение по времени – одна пара (90 минут). Количество попыток не регламентировалось. Максимальная оценка за выполнение задания составляла 100 баллов. Результирующая оценка зависела не только от того, был ли получен правильный результат, но и от того, сколько попыток потребовалось студенту, чтобы получить верное решение. Максимальная оценка 100 баллов выставлялась студенту, выполнившему графическое задание без ошибок с первого раза. Если студент выполнил задание верно, но не сразу, а после одного или нескольких исправлений, то количество баллов, начисленное за задание, уменьшалось пропорционально количеству попыток. Задание считалось зачтенным, если студенту удалось набрать 70 баллов и выше (т. е. получен верный ответ хотя бы с третьей попытки).

Оценка результата выполнялась машинным способом, без вмешательства преподавателя.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Состав разработанных материалов

Разработан комплекс электронных графических заданий, включающий 20 задач, охватывающих все разделы курса «Начертательная геометрия и компьютерная графика». Для каждой задачи предусмотрены 30 вариантов. Все задания сформулированы таким образом, чтобы ответ был выражен числом или простой фразой (выбираемой из предложенного списка). Настроена автоматическая проверка заданий по одному или нескольким контрольным параметрам. В таблице 1 дана спецификация заданий, описано общее содержание задания, представлен образец графической части условия, указан контрольный параметр и его тип. Содержание заданий полностью соответствует структуре выполняемой в семестре расчетно-графической работы. Следует отметить, что конкретное содержание задачи в каждом из 30 вариантов различается. В таблице 1 приведена лишь общая информация о заданиях. Примеры конкретных электронных задач представлены на рис. 1–3.

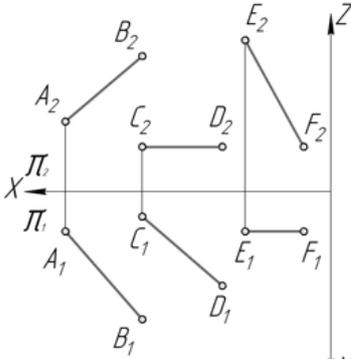
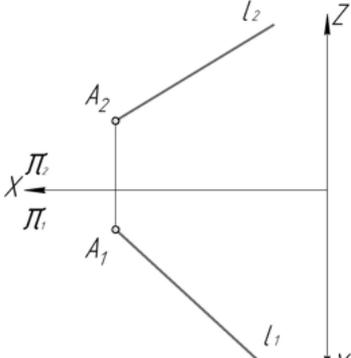
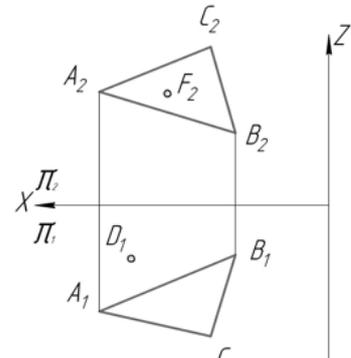
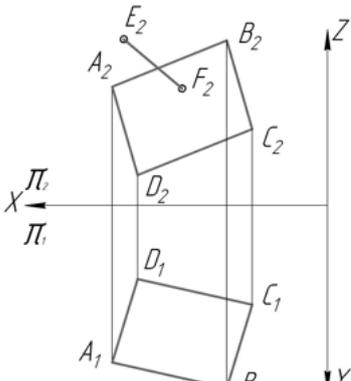
Для организации автоматического контроля использованы стандартные тестовые формы, доступные в большинстве систем электронного обучения: «задание с числовым ответом», «выбор пропущенных слов» и «вложенные ответы».

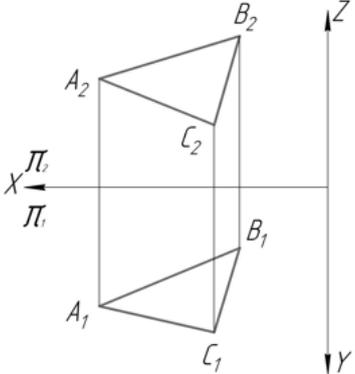
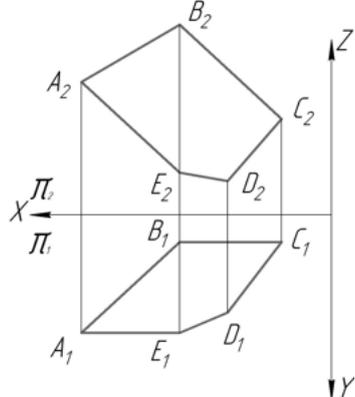
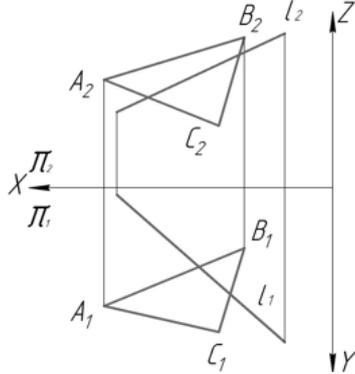
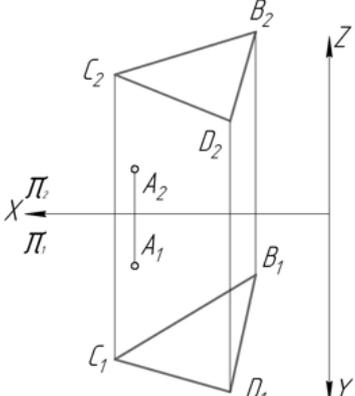
«Задание с числовым ответом» содержит поле для ввода ответа, ответом должно являться число. Условие задания может быть представлено в виде текста или добавлено в вопрос в виде вложенного файла. Пример графического задания такого типа приведен на рис. 1.

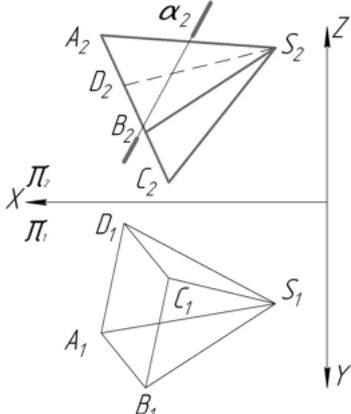
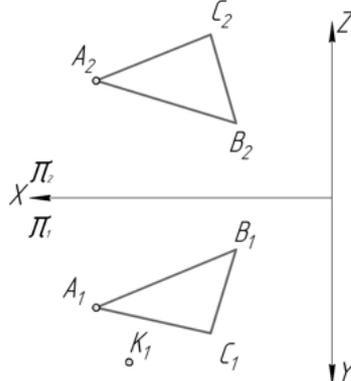
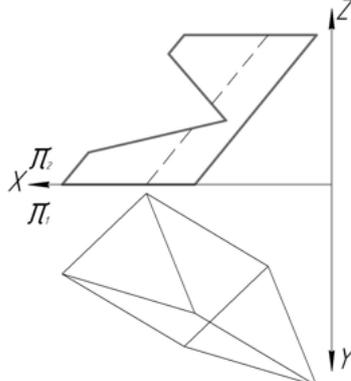
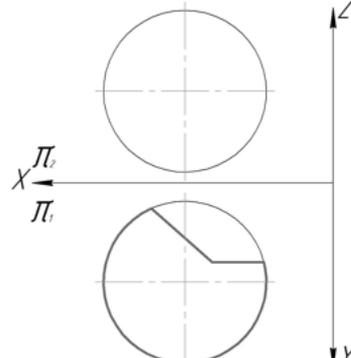
«Выбор пропущенных слов» – это задание закрытого типа, студент выбирает ответ из выпадающего списка, содержащего перечень вариантов ответа. Такой тип заданий удобно использовать в графических задачах на определение видимости или взаимного положения объектов. Пример применения выпадающих списков для выдачи графического задания представлен на рис. 2.

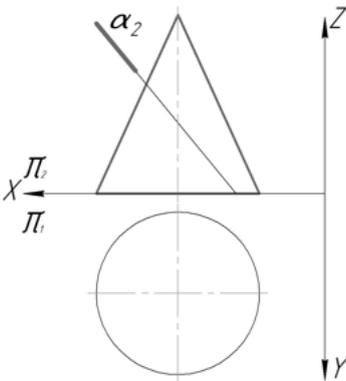
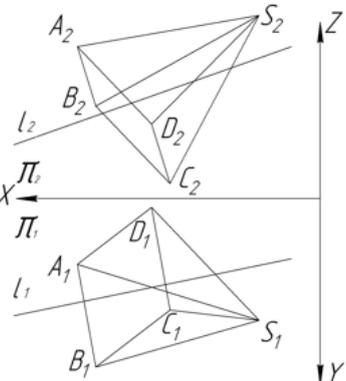
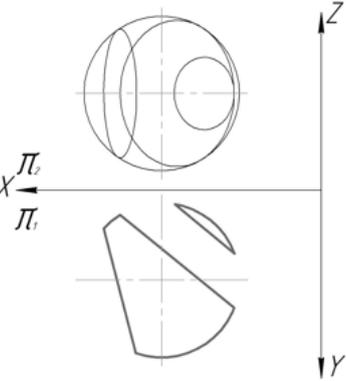
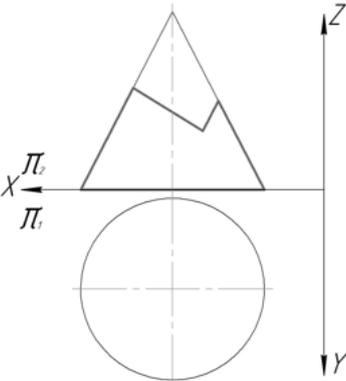
Третья форма электронного графического задания – «вложенные ответы». Допустимые типы полей – «числовой ответ» и «выбор из списка». Поле типа «числовой ответ» требует ввода ответа с клавиатуры, поле типа «выбор из списка» позволяет студенту сделать

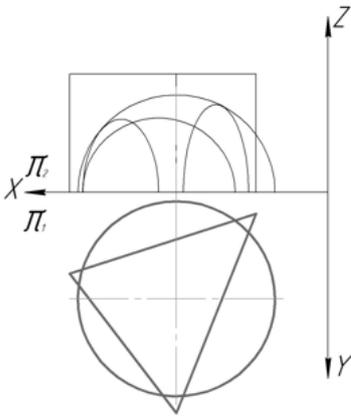
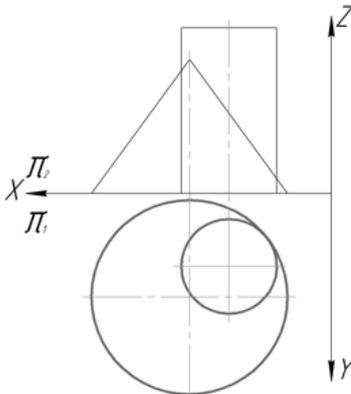
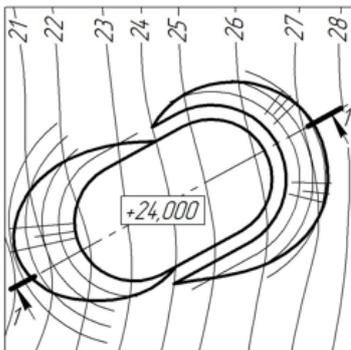
Таблица 1. Комплекс электронных графических заданий
Table 1. A set of electronic graphic tasks

Задание, №	Условие задачи, текстовая часть	Условие задачи, графическая часть, пример одного из вариантов	Контрольный параметр (тип параметра)
1	<p>Найдите натуральные величины отрезков AB, CD и EF.</p> <p>Укажите положение каждого из отрезков в пространстве</p>		<p>Натуральная величина отрезка (числовой)</p> <p>Положение в пространстве (выбор: линия уровня, прямая общего положения)</p>
2	<p>Отложите на прямой общего положения отрезок AB заданной величины (конкретное значение указано в варианте задания)</p>		<p>Координаты точки B (числовой)</p>
3	<p>Постройте проекции точек D и F, принадлежащих заданной на чертеже плоскости.</p> <p>Каковы координаты полученных точек?</p>		<p>Координаты точки D (числовой).</p> <p>Координаты точки F (числовой)</p>
4	<p>Постройте проекции отрезка EF, принадлежащего заданной плоскости.</p> <p>Какова натуральная величина отрезка EF?</p>		<p>Длина отрезка EF (числовой)</p>

Задание, №	Условие задачи, текстовая часть	Условие задачи, графическая часть, пример одного из вариантов	Контрольный параметр (тип параметра)
5	<p>Заданы проекции плоскости ABC.</p> <p>Требуется построить перпендикулярный ей отрезок AK (конкретная длина отрезка указана в варианте задания)</p>		<p>Координаты точки K (числовой)</p>
6	<p>Определите натуральную величину плоского многоугольника $ABCDE$</p>		<p>Площадь фигуры (числовой)</p>
7	<p>Найдите точку пересечения прямой l с плоскостью ABC</p>		<p>Координаты точки пересечения (числовой)</p>
8	<p>Найдите расстояние от точки A до плоскости BCD</p>		<p>Расстояние (числовой)</p>

Задание, №	Условие задачи, текстовая часть	Условие задачи, графическая часть, пример одного из вариантов	Контрольный параметр (тип параметра)
9	<p>Постройте сечение пирамиды $SABCD$ плоскостью α.</p> <p>Какова натуральная величина сечения?</p>		<p>Площадь сечения (числовой)</p>
10	<p>Постройте проекции пирамиды $SABC$. Основанием пирамиды является треугольник ABC. Высотой пирамиды является ребро AS. $AS=BC$.</p> <p>Определите видимость всех ребер пирамиды.</p> <p>Постройте недостающую проекцию точки K, принадлежащей видимой грани пирамиды</p>		<p>Координаты вершины S (числовой).</p> <p>Видимость SA, SB, SC, AB, BC, AC (выбор: видимый, невидимый).</p> <p>Координаты точки K (числовой)</p>
11	<p>Постройте проекции сквозного плоского выреза на поверхности многогранника.</p> <p>Определите натуральную величину плоского выреза (площадь одного из плоских срезов (любого) или суммарная площадь всего выреза)</p>		<p>Площадь сечения (числовой)</p>
12	<p>Постройте проекции сквозного плоского выреза на поверхности сферы.</p> <p>Определите натуральную величину сечения (площадь одного из плоских срезов (любого) или суммарная площадь выреза)</p>		<p>Площадь сечения (числовой)</p>

Задание, №	Условие задачи, текстовая часть	Условие задачи, графическая часть, пример одного из вариантов	Контрольный параметр (тип параметра)
13	<p>Постройте линию пересечения плоскости α и конуса.</p> <p>Определите вид кривой.</p> <p>Постройте натуральную величину сечения</p>		<p>Вид кривой (выбор: парабола, гипербола, эллипс, окружность, прямая).</p> <p>Длина линии пересечения (числовой)</p>
14	<p>На чертеже заданы проекции многогранника. Он показан без учета видимости элементов.</p> <p>Определите видимость ребер многогранника.</p> <p>Найдите точки встречи прямой l и многогранника $SABCD$</p>		<p>Видимость ребер (выбор: видимый, невидимый).</p> <p>Координаты точек встречи прямой с поверхностью $SABCD$ (числовой)</p>
15	<p>Даны две проекции сферы, усеченной плоскостями.</p> <p>Определить видимость элементов усеченной сферы на плоскости Π_2</p>		<p>Видимость линий (выбор: видимый, невидимый)</p>
16	<p>Конус усечен двумя плоскостями.</p> <p>Постройте недостающие линии на горизонтальной проекции.</p> <p>Какова форма плоских срезов?</p> <p>Определите натуральную величину сечения (площадь одного из плоских срезов (любого) или суммарная площадь)</p>		<p>Вид кривой (выбор: парабола, гипербола, эллипс, окружность, прямая).</p> <p>Площадь сечения (числовой)</p>

Задание, №	Условие задачи, текстовая часть	Условие задачи, графическая часть, пример одного из вариантов	Контрольный параметр (тип параметра)
17	<p>На чертеже даны проекции двух пересекающихся тел.</p> <p>Требуется определить видимость всех элементов чертежа</p>		<p>Видимость линий (выбор: видимый, невидимый)</p>
18	<p>Постройте линию пересечения двух поверхностей второго порядка</p>		<p>Длина линии пересечения (числовой)</p>
19	<p>Даны проектные параметры площадки (высотная отметка, размеры, уклоны откосов) и горизонтали топографической поверхности.</p> <p>Требуется построить границы земляных работ.</p> <p>Какова площадь сооружения на плане?</p>		<p>Площадь сооружения на плане (числовой)</p>
20	<p>Дан чертеж инженерного сооружения.</p> <p>Требуется построить профиль по линии 1-1.</p> <p>Какова площадь насыпи и выемки на профиле?</p>		<p>Площадь сечения насыпи на профиле (числовой).</p> <p>Площадь сечения выемки на профиле (числовой)</p>

Вопрос 1
Не завершено
Балл: 1,00

Постройте проекции параллелограмма ABCD

A (75,10,90)

B (50,30,60)

C (30,90,45)

D (55,70,75)

Найдите натуральную величину любой стороны параллелограмма.

Ответ введите в миллиметрах.

Ответ:

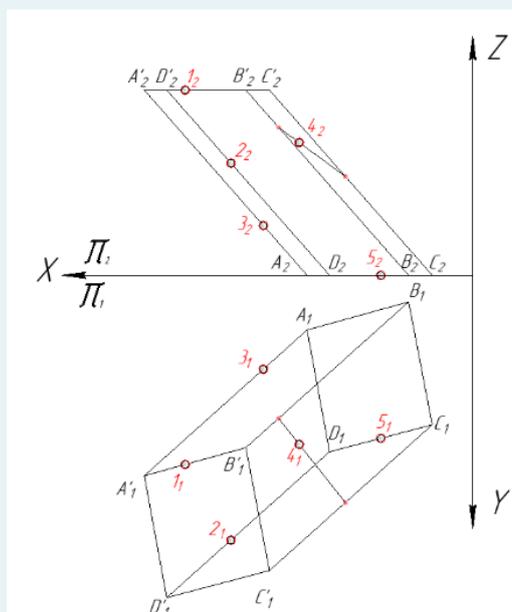
ПРОВЕРИТЬ

Рис. 1. Графическая задача с числовым ответом
Fig. 1. Graphic task with a numerical answer

Вопрос 1
Не завершено
Балл: 1,00

На чертеже даны проекции многогранника.

Требуется определить видимость всех элементов чертежа.



Видимость точек 1, 2, 3, 4, 5 совпадает с видимостью ребер и граней на которых они лежат.

Укажите видимость точек

Точка 1: на Π_1 - , на Π_2 - .

Точка 2: на Π_1 - , на Π_2 - .

Точка 3: на Π_1 - , на Π_2 - .

Точка 4: на Π_1 - , на Π_2 - .

Точка 5: на Π_1 - , на Π_2 - .

Рис. 2. Графическая задача с выбором слов из списка ответов
Fig. 2. Graphic task with choosing words from a list of answers

Вопрос 1
Не завершено
Балл: 18,00

На чертеже даны проекции трех отрезков.

скачать файл с чертежом

Как данные отрезки расположены в пространстве?
Каковы натуральные величины отрезков MK, CD, AB?

Ответ: (ответ введите в миллиметрах, точность - до сотых)

MK - , MK =

CD - , CD =

AB - , AB =

Пр линия_уровня
отрезок_общего_положения

Рис. 3. Графическая задача с вложенными ответами
Fig. 3. Graphic task with nested answers

Таблица 2. Выборочные данные по трем студентам
Table 2. Sample data for three students

Студент	Попытка, номер	Задача, баллы																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
«Сильный»	1	100	100	80	100	100	100	100	20	100	80	40	80	100	100	100	100	100	100	100	100
	2			100					100			100									
«Средний»	1	100	40	0	40	100	0	100	100	60	100	40	100	100	0	100	20	100	100	100	90
	2		60	50	100		100			100		100			100		60				
	3		100	100													100				
«Слабый»	1	100	0	50	0	80	20	0	100	0	0	100	0	0	0	40	90	0	100	0	0
	2		40	100	0		20	60		0	20		0	60	0	20		50		20	0
	3		80		60		60	100		20	100		20	80	100	50		100		80	0
	4				80		60			60			60			90					60
	5						80			100			80								

выбор между предложенными вариантами ответов. В каждое задание может быть добавлено неограниченное количество полей. Пример графического задания, созданного с использованием формы «вложенные ответы», приведен на рис. 3.

Результаты апробации

В таблице 2 представлены выборочные данные выполнения заданий Студентом 1 («довольно сильный») ученик, имеет высокий балл успеваемости по всем предметам, средняя успеваемость 86 %, Студентом 2 («средний») ученик, средняя успеваемость по всем предметам 62 %, и Студентом 3 («довольно слабый») ученик, средняя успеваемость по всем предметам менее 41 %. Данные приведены реальные. Фамилии конкретных студентов не указаны по этическим соображениям.

Номера заданий в таблицах 1 и 2 совпадают. В строках таблицы 2 приведены баллы за каждую попытку. Если ячейка пустая – попытка данным студентом не выполнялась. В пределах одной попытки студент решал один из вариантов задачи и мог корректировать свой ответ сколько угодно раз (адаптивный режим). В последующих попытках студенту автоматически выдавался новый вариант того же задания. Значение «0» говорит о том, что студент не смог получить правильный ответ в течение отведенного времени (одна пара, 90 минут), т. е. что задача не была решена. 100 баллов – студент верно решил задачу с первого раза, 90 баллов – студент один раз скорректировал свой ответ, 80 баллов – студент дважды перерабатывал решение и т. д. Значения 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 баллов говорят о том, что студент получил правильный ответ при решении графической задачи, но не смог сделать это с первого раза.

Как видно из данных, приведенных в таблице 2, «сильный» студент справился с большинством заданий при первой же попытке (получены баллы больше «0»). «Средний» студент испытывал затруднения при решении нескольких задач. «Слабый» студент в первом подходе смог получить правильный ответ на 9 из 20 предложенных заданий. При этом при решении задач № 3, 6 и 15 «слабый» студент не смог преодолеть планку 70 баллов (проходной балл) в первом подходе и был вынуж-

ден тренироваться до тех пор, пока не был получен приемлемый результат.

На рис. 4 приведены усредненные данные по всему потоку студентов (124 человека).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные данные свидетельствуют о том, что комплекс электронных графических заданий успешно выполняет свою функцию, позволяет проверить сформированность знаний, умений и навыков, связанных с содержанием курса «Начертательная геометрия и компьютерная графика». Предложенный способ контроля является удобным инструментом педагогической диагностики, позволяет освободить преподавателя от исполнения множества рутинных операций. Благодаря внедрению в учебный процесс системы автоматизированного оценивания оптимизирована структура курса «Начертательная геометрия и компьютерная графика», ликвидированы потери аудиторного времени, связанные с задержками при рецензировании и проверке чертежей.

В ходе апробации установлено, что электронные задания по начертательной геометрии, упакованные в тестовые формы, могут применяться не только в виде инструмента оценивания, но и в качестве обучающего ресурса (электронного тренажера). Студенты активно используют возможность прохождения тренировочных тестов, самостоятельно оттачивая навыки решения графических задач. Этому способствуют возможность немедленного получения оценки за задание, возможность внести исправления в решение и проверить ответ повторно, а также большое число вариантов, разработанных для каждой задачи.

По сравнению с технологиями, опирающимися на компьютерное зрение, и с технологиями, предполагающими сравнение визуального образа графической работы с эталонным решением [9–11], предложенная технология автоматического оценивания графических заданий имеет ряд преимуществ:

- надежность (оценка не зависит от того, насколько чертеж, выполненный студентом, похож или не похож на эталон; если решение верное, получен правильный

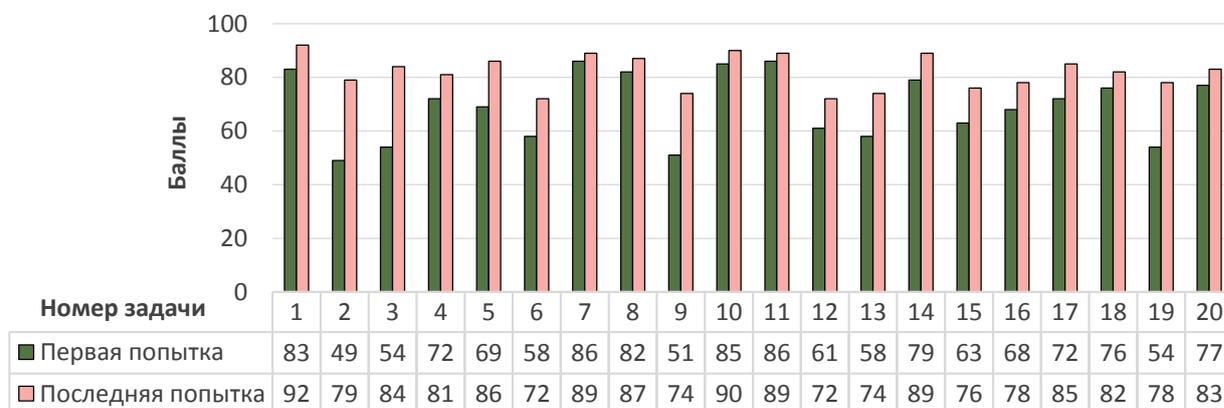


Рис. 4. Усредненные результаты выполнения заданий
Fig. 4. Average results of completing tasks

ответ, то попытка засчитывается независимо от состава графических примитивов на чертеже, их размещения и позиционирования);

– независимость от сторонних разработчиков (в технологии оценивания не предусмотрено использование специальных приложений, баз данных или алгоритмов сравнения, вся идея выстроена на использовании стандартного функционала электронной системы тестирования).

Несмотря на то, что технологии автоматизированной проверки чертежей, включающие использование специально разработанных программ и приложений [13; 14], вероятно, обладают более интересным спектром функций, предложенная авторами система может заинтересовать большее число коллег-практиков, поскольку она основана на привычном всем электронном тестировании и требует от преподавателя лишь наличия креативного мышления и умения создавать электронные тесты. Для внедрения предложенной технологии автоматизации не нужны никакие дополнительные приложения, программы или базы данных. Система может быть адаптирована практически под любую структуру курса и используемое программное обеспечение.

Очевидно, что предложенная идея автоматизации оценивания графических работ имеет ряд ограничений:

– для увеличения степени надежности оценивания каждое задание должно иметь множество вариаций, иначе правильные ответы, выраженные числом или коротким отзывом, очень быстро становятся известны студенту, и задания перестают выполнять свою контролирующую функцию;

– существует ряд задач, для которых нам так и не удалось найти адекватный вариант тестового задания (например, задания, входящие в раздел начертательной геометрии «Метод перспективных проекций», и задания, связанные с выполнением проекционных чертежей деталей и сборочных единиц (инженерная графика)).

С практической точки зрения разработанная система оказалась достаточно эффективной. Преподаватели отмечают простоту использования, надежность, высокую степень вариативности заданий, адекватность оценивания. Студенты считают такой способ предъявления графических заданий достаточно комфортным, а систему назначения оценок справедливой (на оценку не влияют такие факторы, как предшествующие заслуги студента, его репутация, настроение преподавателя в момент проверки и пр.).

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Сформулирована и реализована идея, согласно которой графические задания по начертательной геометрии, упакованные в тестовые формы, могут быть оценены автоматически, если для каждого задания будет назначен некий контрольный параметр, выраженный числом или коротким ответом.

Разработана база графических заданий, состоящая из 20 комплектов задач. Каждый комплект включает 30 вариантов задания. Всего подготовлено 600 вариаций электронных графических задач с автоматической проверкой, что обеспечивает определенный уровень индивидуализации контролируемых мероприятий.

Система является оригинальной разработкой и может быть применена в любых учебных заведениях

с совпадающими или схожими программами обучения по дисциплине «Начертательная геометрия».

В результате апробации установлено, что графические задания в электронном формате эффективно выполняют две основные функции – контролируемую и обучающую.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Siarova H., Sternadel D., Mašidlauskaitė R. Assessment practices for 21st century learning: review of evidence: analytical report. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017. 90 p.
2. Archer E. The Assessment Purpose Triangle: Balancing the Purposes of Educational Assessment // *Frontiers Education*. 2017. Vol. 2. Article number 41. DOI: [10.3389/feduc.2017.00041](https://doi.org/10.3389/feduc.2017.00041).
3. Аванесов В.С. Основы теории педагогических измерений // *Педагогические измерения*. 2004. № 1. С. 15–21.
4. Чистова Я.С., Козленкова Е.Н., Назарова Л.И. Фонды оценочных средств как инструмент диагностики качества профессионального образования // *Агроинженерия*. 2023. № 25. С. 91–96. DOI: [10.26897/2687-1149-2023-4-91-96](https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-4-91-96).
5. Nurakhmetov D. Reinforcement Learning Applied to Adaptive Classification Testing // *Theoretical and Practical Advances in Computer-based Educational Measurement and Assessment*. Cham: Springer, 2019. P. 325–366. DOI: [10.1007/978-3-030-18480-3_17](https://doi.org/10.1007/978-3-030-18480-3_17).
6. Вялкова О.С., Ельцова В.Ю. Тестирование как метод контроля качества инженерно-графической подготовки студентов вуза // *Общество: социология, психология, педагогика*. 2019. № 4. С. 118–125. DOI: [10.24158/spp.2019.4.21](https://doi.org/10.24158/spp.2019.4.21).
7. Harlen W. On the relationship between assessment for formative and summative purposes // *Assessment and Learning*. 2nd ed. USA: SAGE Publications Ltd, 2012. P. 87–102. DOI: [10.4135/9781446250808.n6](https://doi.org/10.4135/9781446250808.n6).
8. Goh K.N., Mohd Shukri S.R., Manao R. Automatic assessment for engineering drawing // *Advances in visual informatics*. Cham: Springer International Publishing, 2013. Vol. 8237. P. 497–507. DOI: [10.1007/978-3-319-02958-0_45](https://doi.org/10.1007/978-3-319-02958-0_45).
9. Younes R., Bairaktarova D. ViTA: A flexible CAD-tool-independent automatic grading platform for two-dimensional CAD drawings // *International Journal of Mechanical Engineering Education*. 2022. Vol. 50. P. 135–157. DOI: [10.1177/0306419020947688](https://doi.org/10.1177/0306419020947688).
10. Bryan J.A. Automatic grading software for 2D CAD files // *Computer Applications in Engineering Education*. 2020. Vol. 28. № 1. P. 51–61. DOI: [10.1002/cae.22174](https://doi.org/10.1002/cae.22174).
11. Юхта Н.М. Системы автоматизированного рецензирования и оценки графических работ в электронной информационно-образовательной среде вуза // *Научные и технические библиотеки*. 2022. № 5. С. 99–111. DOI: [10.33186/1027-3689-2022-5-99-111](https://doi.org/10.33186/1027-3689-2022-5-99-111).
12. Lisa Wang Jianwu, Lim See Yew, Lin Kok On, Tan Chee Keong, Ricky Tan Yuan Sheng, Sairin Bin Sani, Tan Hwee Juan Agness. Artificial intelligence-enabled evaluating for computer-aided drawings (AMCAD) // *International Journal of Mechanical*

- Engineering Education. 2024. Vol. 52. № 1. P. 3–31. DOI: [10.1177/03064190231175231](https://doi.org/10.1177/03064190231175231).
13. Бойков А.А. Компьютерная проверка решений задач начертательной геометрии для инженерно-графического образования // Геометрия и графика. 2020. Т. 8. № 2. С. 66–81. DOI: [10.12737/2308-4898-2020-66-81](https://doi.org/10.12737/2308-4898-2020-66-81).
 14. Шмуленкова Е.Е. Опыт и анализ внедрения системы проверки графических построений в учебный процесс // Омский научный вестник. 2008. № 4. С. 172–177. EDN: [TLTTDX](https://elibrary.ru/TLTTDX).
 15. Villa V., Motyl B., Paderno D., Baronio G. TDEG based framework and tools for innovation in teaching technical drawing: The example of LaMoo project // Computer Applications in Engineering Education. 2018. Vol. 26. № 5. P. 1293–1305. DOI: [10.1002/cae.22022](https://doi.org/10.1002/cae.22022).
 16. Speranza D., Baronio G., Motyl B., Filippi S., Villa V. Best practices in teaching technical drawing: experiences of collaboration in three Italian Universities // Advances on Mechanics, Design Engineering and Manufacturing. USA: Springer International Publishing, 2017. P. 903–913. DOI: [10.1007/978-3-319-45781-9_90](https://doi.org/10.1007/978-3-319-45781-9_90).
 17. Сергеева И.А., Болбат О.Б. Компьютерное тестирование и формирование навыков работы с чертежом // Образование и проблемы развития общества. 2024. № 1. С. 62–71. EDN: [KEOQMA](https://elibrary.ru/KEOQMA).
 18. Грошева Т.В., Шелякина Г.Г. К вопросу об эффективности мониторинга качества графической подготовки студентов // Геометрия и графика. 2017. Т. 5. № 4. С. 75–82. DOI: [10.12737/article_5a18042dd1a667.42394929](https://doi.org/10.12737/article_5a18042dd1a667.42394929).
 19. Петухова А.В., Болбат О.Б., Андрюшина Т.В. Опыт разработки цифрового фонда оценочных средств по дисциплинам графического цикла // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения: Гуманитарные исследования. 2023. № 4. С. 88–94. EDN: [JIFGVJ](https://elibrary.ru/JIFGVJ).
 20. Петухова А.В. Автоматическая генерация заданий по начертательной геометрии с помощью параметрических шаблонов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2024. Т. 24. № 2. С. 55–65. EDN: [MODEJV](https://elibrary.ru/MODEJV).
 21. Sitarova H., Sternadel D., Mašidlauskaitė R. *Assessment practices for 21st century learning: review of evidence: analytical report*. Luxembourg, Publications Office of the European Union Publ., 2017. 90 p.
 22. Archer E. The Assessment Purpose Triangle: Balancing the Purposes of Educational Assessment. *Frontiers Education*, 2017, vol. 2, article number 41. DOI: [10.3389/educ.2017.00041](https://doi.org/10.3389/educ.2017.00041).
 23. Avanesov V.S. Pedagogical Measurements Fundamentals Theory. *Pedagogicheskie izmereniya*, 2004, no. 1, pp. 15–21.
 24. Chistova Ya.S., Kozlenkova E.N., Nazarova L.I. Assessment kit as a diagnosing tool of professional education quality. *Agroinzheneriya*, 2023, no. 25, pp. 91–96. DOI: [10.26897/2687-1149-2023-4-91-96](https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-4-91-96).
 25. Nurakhmetov D. Reinforcement Learning Applied to Adaptive Classification Testing. *Theoretical and Practical Advances in Computer-based Educational Measurement. Methodology of Educational Measurement and Assessment*. Cham, Springer Publ., 2019, pp. 325–366. DOI: [10.1007/978-3-030-18480-3_17](https://doi.org/10.1007/978-3-030-18480-3_17).
 26. Vyalkova O.S., Eltsova V.Yu. Testing as a quality control technique of engineering graphics training of university students. *Obshchestvo: sotsiologiya, psikhologiya, pedagogika*, 2019, no. 4, pp. 118–125. DOI: [10.24158/spp.2019.4.21](https://doi.org/10.24158/spp.2019.4.21).
 27. Harlen W. On the relationship between assessment for formative and summative purposes. *Assessment and Learning*. 2nd ed. USA, SAGE Publications Ltd Publ., 2012, pp. 87–102. DOI: [10.4135/9781446250808.n6](https://doi.org/10.4135/9781446250808.n6).
 28. Goh K.N., Mohd Shukri S.R., Manao R. Automatic assessment for engineering drawing. *Advances in visual informatics*. Cham, Springer International Publ., 2013, vol. 8237, pp. 497–507. DOI: [10.1007/978-3-319-02958-0_45](https://doi.org/10.1007/978-3-319-02958-0_45).
 29. Younes R., Bairaktarova D. ViTA: A flexible CAD-tool-independent automatic grading platform for two-dimensional CAD drawings. *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 2022, vol. 50, pp. 135–157. DOI: [10.1177/0306419020947688](https://doi.org/10.1177/0306419020947688).
 30. Bryan J.A. Automatic grading software for 2D CAD files. *Computer Applications in Engineering Education*, 2020, vol. 28, no. 1, pp. 51–61. DOI: [10.1002/cae.22174](https://doi.org/10.1002/cae.22174).
 31. Yukhta N.M. Computerized systems of graphic work review and assessment in the academic digital information and education environment. *Nauchnye i tekhnicheskie biblioteki*, 2022, no. 5, pp. 99–111. DOI: [10.33186/1027-3689-2022-5-99-111](https://doi.org/10.33186/1027-3689-2022-5-99-111).
 32. Lisa Wang Jianwu, Lim See Yew, Lin Kok On, Tan Chee Keong, Ricky Tan Yuan Sheng, Sairin Bin Sani, Tan Hwee Juan Agness. Artificial intelligence-enabled evaluating for computer-aided drawings (AMCAD). *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 2024, vol. 52, no. 1, pp. 3–31. DOI: [10.1177/03064190231175231](https://doi.org/10.1177/03064190231175231).
 33. Boykov A.A. Computer verification of descriptive geometry task solutions for engineering and graphic education. *Geometriya i grafika*, 2020, vol. 8, no. 2, pp. 66–81. DOI: [10.12737/2308-4898-2020-66-81](https://doi.org/10.12737/2308-4898-2020-66-81).
 34. Shmulenkova E.E. Experiment and analysis of introduction of graphic construction checking system in educational process. *Omskiy nauchnyy vestnik*, 2008, no. 4, pp. 172–177. EDN: [TLTTDX](https://elibrary.ru/TLTTDX).
 35. Villa V., Motyl B., Paderno D., Baronio G. TDEG based framework and tools for innovation in teaching technical drawing: The example of LaMoo project. *Computer Applications in Engineering Education*, 2018, vol. 26, no. 5, pp. 1293–1305. DOI: [10.1002/cae.22022](https://doi.org/10.1002/cae.22022).
 36. Speranza D., Baronio G., Motyl B., Filippi S., Villa V. Best practices in teaching technical drawing: experiences of collaboration in three Italian Universities. *Advances on Mechanics, Design Engineering and Manufacturing*. USA, Springer International Publ., 2017, pp. 903–913. DOI: [10.1007/978-3-319-45781-9_90](https://doi.org/10.1007/978-3-319-45781-9_90).
 37. Sergeeva I.A., Bolbat O.B. Computer testing and drawing skills. *Obrazovanie i problemy razvitiya obshchestva*, 2024, no. 1, pp. 62–71. EDN: [KEOQMA](https://elibrary.ru/KEOQMA).
 38. Grosheva T.V., Shelyakina G.G. To the question of students' graphic training quality monitoring effectiveness. *Geometriya i grafika*, 2017, vol. 5, no. 4, pp. 75–82. DOI: [10.12737/article_5a18042dd1a667.42394929](https://doi.org/10.12737/article_5a18042dd1a667.42394929).

REFERENCES

19. Petukhova A.V., Bolbat O.B., Andryushina T.V. Experience in developing a digital fund of assessment tools for a university course of computer graphics. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta puty soobshcheniya: Gumanitarnye issledovaniya*, 2023, no. 4, pp. 88–94. EDN: [JIFGVJ](#).
20. Petukhova A.V. Automatic generation of description geometry tasks using parametric templates. *Vestnik Yuzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Stroitelstvo i arkhitektura*, 2024, vol. 24, no. 2, pp. 55–65. EDN: [MODEJV](#).

A set of electronic graphic tasks on descriptive geometry adapted for automated assessment systems

Anna V. Petukhova^{*1,2,3}, PhD (Pedagogy), Associate Professor, assistant professor of Chair “Graphics”

Eduard V. Ermoshkin^{1,2,4}, senior lecturer of Chair “Engineering and Computer Graphics”

¹*Siberian Transport University, Novosibirsk (Russia)*

²*Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Novosibirsk (Russia)*

*E-mail: a.petukhova@sibstrin.ru

³ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7775-5220>

⁴ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5520-070X>

Received 22.11.2024

Revised 10.12.2024

Accepted 27.01.2025

Abstract: The paper raises the problem of quality control of graphic training of technical university students using an automated assessment system. Despite wide access to digital educational resources, the acceptance and checking of drawings and calculation and graphic works in technical universities is still performed manually by teachers. The authors propose replacing the usual forms of graphic tasks on descriptive geometry with electronic metric and positional tasks of a new type. The result of solving such problems is expressed as a number or a short answer and can be compared with the standard using any standard testing system, for example, LMS Moodle. The work presents 20 examples of electronic practical tasks on descriptive geometry, the solution of which can be performed in any graphic editor, and the answer is checked using an automated assessment system. The set of electronic assessment tools developed by the authors contains more than 600 variants of graphic tasks and is designed to check theoretical knowledge and practical skills related to the content of the Descriptive Geometry and Computer Graphics course. The correctness of the tasks is checked automatically by means of the tools of the LMS Moodle electronic learning environment without the participation of the teacher. Pre-designed sets of control parameters, such as area, length, distance, volume, quantity, condition, and type are used for assessment. The system is successfully used for current monitoring of knowledge, skills and abilities of first-year students at the Siberian Transport University. The data from monitoring the learning outcomes indicate the effectiveness of the use of automated diagnostics of the level of development of students' graphic skills.

Keywords: set of electronic graphic tasks; Descriptive Geometry and Computer Graphics; automated assessment system; electronic assessment tools; digital educational resources; automatic checking.

For citation: Petukhova A.V., Ermoshkin E.V. A set of electronic graphic tasks on descriptive geometry adapted for automated assessment systems. *Evidence-based education studies*, 2025, no. 1, pp. 17–30. DOI: 10.18323/3034-2996-2025-1-60-2.