

УДК 378.147 ББК 74.480.2 DOI: 10.31862/1819-463X-2021-3-137-153

### МЕТОДИКИ И СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ГЕОМЕТРО-ГРАФИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ

#### Р. Р. Анамова, Г. К. Хотина

Аннотация. В статье рассмотрены актуальные проблемы перехода на дистанционную форму обучения, необходимость которого возникла в 2020–2021 гг. в связи с пандемией, в высших учебных заведениях по геометро-графическим дисциплинам (начертательной геометрии, инженерной графике). Цель исследования — поиск новых методик и наиболее подходящих технических средств для проведения дистанционных занятий по геометро-графическим дисциплинам. Описаны и проанализированы методики преподавания геометро-графических дисциплин, апробированные в Московском авиационном институте в ходе дистанционного обучения и основанные на применении цифровых реалистичных и цифровых виртуальных изображений изделия, демонстрации реального изделия посредством технических средств дистанционного обучения, применении интерактивных 3D-документов. Приведены результаты изучения мнения студентов об удобстве и эффективности предлагаемых методик и средств преподавания.

**Ключевые слова:** инженерная графика, начертательная геометрия, трехмерные электронные модели, 3D-PDF-документы, методика обучения, средства обучения.

## TEACHING METHODS AND TOOLS FOR DISTANCE LEARNING IN GEOMETRIC AND GRAPHIC DISCIPLINES

#### R. R. Anamova, G. K. Khotina

**Abstract.** The article considers the current problems of distance learning in universities in geometric and graphic disciplines (descriptive geometry, engineering graphics), the transition to which was necessary in 2020–2021 because of the pandemic. The aim of the study is to find new methods and the most appropriate technical tools for distance teaching in geometric and graphic disciplines. The article describes and analyzes the methods of teaching geometric

© Анамова Р. Р., Хотина Г. К., 2021



Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License The content is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

and graphic disciplines tested at the Moscow Aviation Institute during distance learning and based on the use of digital realistic and digital virtual images of the product, demonstration of a real product through technical tools for distance learning, and the use of interactive 3D documents. The results of studying students' opinions about the convenience and effectiveness of the proposed teaching methods and tools are presented.

**Keywords:** *engineering graphics, descriptive geometry, three-dimensional electronic models, 3D PDF documents, teaching methods, teaching tools.* 

#### Введение

Вынужденный переход на дистанционное обучение в условиях пандемии для студентов всех специальностей и направлений подготовки стал настоящим испытанием для преподавателей высших учебных заведений. Практика показала, что многие методики преподавания, использованные при очном обучении, не подходят для дистанционного, что потребовало пересмотра методов и средств обучения в кратчайшие сроки. С такими трудностями столкнулись и геометро-графических преподаватели дисциплин – начертательной геометрии, инженерной графики, для продуктивного изучения которых важна работа студента с наглядными материалами геометрическими моделями, деталями, сборочными единицами, выполнение графических работ «с натуры» - эскизов. В частности, графической работе «Конструкторская документация сборочных единиц» при изучении дисциплины «Инженерная графика» на инженерных специальностях (направлениях) в Московском авиационном институте (МАИ) уделяется особое внимание. В рамках данной графической работы студенты закрепляют знания, полученные ими при изучении предыдущих тем: изображение деталей, простановка размеров, изображение и обозначение резьбы и резьбовых соединений, - а также знакомятся с такими понятиями, как шероховатость поверхности, технические требования, сборочная единица, деталь, и такими конструкторскими документами,

сборочный чертеж, спецификация, схема деления. Поскольку время, отведенное на изучение графической работы, связанной с выполнением конструкторской документации сборочных единиц, ограничено учебным планом, то имеет большое значение методика преподнесения материала. Изучение правил выполнения текстовых конструкторских документов, таких как спецификация и схема деления, у студентов, как правило, трудностей не вызывает. Правила выполнения графических конструкторских документов - сборочный чертеж, чертеж детали – традиционно изучаются на примере несложной сборочной единицы (клапан, вентиль). При очной форме обучения в режиме контактной работы сборочную единицу студенты получают на занятиях в аудитории и выполняют чертежи и эскизы, имея перед глазами реальное изделие. В ходе выполнения графической работы ими изучается конструкция деталей и сборочных единиц, особенности простановки размеров на чертежах в зависимости от технологии изготовления деталей, правила простановки шероховатости поверхности, способы соединения деталей. Преимущество работы с реальным изделием заключается в том, что студент может не только визуально оценить пропорции изделия и его форму, но итактильно ощутить разную шероховатость поверхностей, по качеству поверхности угадать технологию, по которой изготовлена деталь (литье, механическая обработка), самостоятельно разобрать и собрать изделие, определив контактные поверхности, провести измерения размеров с помощью штангенциркуля, выбрать количество изображений на чертеже и главный вид. При дистанционной форме обучения студенты не имеют возможности работать с реальными изделиями, поэтому необходимы новые методики и средства, позволяющие преподнести им материал, связанный с конструкцией и технологией изготовления деталей, так, чтобы в результате дистанционного обучения у студентов были сформированы те же компетенции, что и при очной форме обучения.

**Целью исследования** является выбор оптимальных средств обучения геометро-графическим дисциплинам, а также разработка и апробация методик, позволяющих эффективно применять выбранные средства обучения.

Под оптимальными средствами обучения понимаются средства, отвечающие следующим критериям:

- 1) требуют минимального изменения методики преподавания (важно в условиях ограниченного времени);
- 2) позволяют обеспечить необходимое качество преподавания (у студентов в результате обучения должны быть сформированы компетенции, заявленные в учебном плане).

#### Литературный обзор

Проведен анализ литературных источников, содержащих сведения об использовании технических, электронных, информационных средств обучения в преподавании начертательной геометрии, инженерной графики с учетом их применимости для дистанционного обучения.

В [1] и [2] отмечается, что основная цель изучения начертательной геометрии – это не только получение знаний по геометрии и черчению, но и развитие пространственного воображения обучающихся – будущих инженеров. В [1] для

обучения студентов геометро-графическим дисциплинам предложено использовать анимации, которые сопровождают объяснение тем. Программное обеспечение, использованное при разработке анимации, - Macromedia Flash, инструмент, который позволяет создавать очень маленькие векторные графические файлы, облегчая тем самым их электронную передачу любому пользователю, подключенному к сети. Приведены достоинства и недостатки предложенной методики. Изучено мнение студентов на основе группы из 60 человек возраста от 18 до 23. По результатам опроса выявлено, что 90% студентов против того, чтобы объяснение преподавателя было полностью заменено на анимационные обучающие материалы. Также 66% студентов ответили, что не станут отказываться от ведения конспекта на занятии в пользу анимационных обучающих материалов. При этом 57% студентов ответили, что анимация больше привлекает их внимание, чем объяснение преподавателя. В статье отмечено, что это является достоинством анимации. Среди основных недостатков анимации студенты отметили, что при просмотре анимации у них нет возможности разрешить сомнения, то есть задать вопрос, как это происходит на занятии при общении с преподавателем. Таким образом, очевидно, что наиболее продуктивным является сочетание традиционного способа обучения с применением анимаций. Авторы отмечают, что при непродуманном дизайне анимаций они могут оказать контрпродуктивное влияние на учебный процесс, и дают рекомендации по правильному проектированию: анимации должны быть разбиты на короткие отрывки в соответствии с изучаемыми разделами, быть интерактивными, привлекать внимание студентов и удерживать его.

В [3] для обучения студентов с плохо развитым пространственным воображением предлагается использовать

2D-рисунки, содержащие сигналы глубины, такие как перспектива и перекрытие. В качестве сигнала глубины используется параллакс. Параллакс (в переводе с греческого «смена, чередование») - изменение видимого положения объекта относительно удаленного фона в зависимости от положения наблюдателя. Результаты исследования показали, что использование параллаксных сигналов улучшает интерпретацию фигур за счет глубинного зрения и что их целесообразно использовать для дизайна интерактивных образовательных ресурсов и стереоскопической графики.

В [4] обсуждается роль пространственного обучения в развитии пространственного воображения и математической успеваемости студентов инженерных специальностей. Исследования проведены на студентах-первокурсниках инженерных специальностей в виде тестирования – тест на ментальное вращение. Это тест на проверку пространственного мышления, предложенный двумя исследователями - Ванденбергом и Кюзом и опубликованный ими в 1978 г. Данный тест был предложен первокурсникам на входном тестировании и в качестве итогового теста в конце первого семестра. В исследовании приняли участие 675 студентов, из них 542 юноши, 133 девушки. Для студентов, не прошедших тестирование, были назначены еженедельные дополнительные занятия по развитию пространственного воображения в течение семестра (экспериментальная группа). Студенты, успешно прошедшие тестирование, вошли в контрольную группу. Для определения эффективности педагогической методики использован нелинейный регрессионный анализ. По окончании семестра для экспериментальной группы был обнаружен положительный эффект дополнительных занятий. С помощью того же теста на ментальное вращение выявлены эффекты переноса, улучшающие показатели студентов в экспериментальной группе.

В [5] предложена методика обучения графике студентов инженерных специальностей в среде электронного обучения Black Board. Теоретический материал представлен в виде видеороликов, демонстрирующих работу в CAD-системе КОМПАС-3D, презентаций и анимаций. Авторы отметили высокую эффективность данной методики.

Методики обучения инженерной графике с использованием средств виртуальной реальности, дополненной реальности и 3D-PDF-документов, а также их сравнительный анализ описаны в [6]. Авторы статьи утверждают, что отличия между результатами применения данных средств обучения незначительны, однако технология дополненной реальности показывает лучшие результаты, чем виртуальная реальность или PDF3D по сравнению с результатами, полученными от студентов контрольной группы.

Методика развития пространственного воображения студентов инженерных специальностей, основанная на использовании виртуальных трехмерных моделей (AR-Dehaes), рассмотрена в статьях [7], [8]. В ходе проведенного педагогического исследования методика показала хорошие результаты и отмечена авторами как перспективная.

В статье [9] описаны результаты эксперимента со студентами первого курса инженерных специальностей. Проанализирована способность студентов ориентироваться в пространстве в виртуальной и естественной среде. По результатам эксперимента авторы статьи сделали вывод, что характер среды - виртуальная или реальная - не оказывает существенного влияния на ориентацию студентов в пространстве. С точки зрения обучения графическим дисциплинам этот факт наводит на мысль, что использование виртуальных моделей при обучении инженерной графике может быть таким же эффективным, как и применение реальных деталей.

На основе проведенного литературного обзора можно сделать следующие выводы.

- 1. Главная проблема студентов при изучении геометро-графических дисциплин недостаточный уровень развития пространственного воображения. Методики и средства, используемые для дистанционного обучения, должны отвечать потребностям студентов с недостаточно развитым пространственным воображением и стимулировать его развитие.
- 2. Частота использования современтехнических средств обучения ных (компьютеры, интернет-ресурсы, видеообучение, аудиовизуальные методы, имитационное моделирование) в таких, казалось бы, традиционных и консервативных дисциплинах, как начертательная геометрия, инженерная графика, с каждым годом увеличивается. При этом методики обучения, построенные на применении этих средств, показывают неплохие результаты, сравнимые с результатами обучения по классическим методикам (информационно-иллюстративное, репродуктивное обучение).
- 3. В условиях дистанционного обучения использование методов информационной методической системы (интерактивные обучающие системы, мультимедиа, виртуальные модели) становится особенно актуальным и перспективным.

#### Метолы

Для проведения педагогического исследования использованы эмпирические методы: анализ, сравнение информации из литературных источников, письменный опрос (анкетирование), метод экспертных оценок.

#### Результаты и обсуждение

На основе проведенного анализа и сравнения описанных в литературе методов и средств обучения геометро-

графическим дисциплинам авторами предложены следующие методики:

- 1) методика, основанная на применении цифровых реалистичных изображений изделия;
- 2) методика, основанная на применении цифровых виртуальных изображений изделий;
- методика, основанная на демонстрации реального изделия посредством технических средств дистанционного обучения;
- 4) методика, основанная на интерактивных 3D-документах.

Проведена их апробация в учебном процессе кафедры «Инженерная графика» для студентов первого курса различных специальностей Московского авиационного института.

Методики применялись при проведении дистанционных занятий по дисциплинам «Инженерная графика» и «Начертательная геометрия».

## I. Методика, основанная на применении цифровых реалистичных изображений изделия.

Данная методика основана на применении фотографий реальных деталей (рис. 1). Такие фотографии применялись для выполнения студентами эскизов деталей в ходе изучения инженерной графики. Студенты выполняли фотографирование деталей самостоятельно (перед



**Puc. 1.** Фотография сборочной единицы «Вентиль»

переходом на дистанционное обучение). При отсутствии такой возможности фотографии выдавались студенту преподавателем. Необходимо учитывать, что для выполнения чертежа детали студент должен был иметь полное представление о форме и размерах предмета, поэтому к фотографиям предъявлялись следующие требования:

- количество фотографий детали и положение детали на этих фотографиях должны соответствовать количеству видов для этой детали на чертеже;
- при фотографировании рядом с деталью должна быть помещена линейка, чтобы студент мог понять размеры детали;
- если изделие состоит из нескольких деталей, то комплект фотографий должен быть сделан для каждой детали в отдельности (независимо от того, стандартное это изделие или нет) и для всего изделия в сборе.

Примеры фотографий, использованных в учебном процессе, приведены на рис. 1, 2, 3.

Следует отметить, что фотографирование деталей – трудоемкая работа, занимающая время и требующая вдумчивого подхода. Достоинством данного способа работы с деталью следует отнести возможность отображать на фотографиях поверхности реальных деталей со всеми их дефектами, визуальными шероховатостями, что позволяет предположить технологию их изготовления (литье, штамповка, механическая обработка) (см. рис. 2 и 3).

Например, на фотографиях литых деталей можно наблюдать линии разъема литейной формы. Это позволяет студентам оценить порядок шероховатости поверхностей детали и изучить технологические особенности создания литейных деталей с механической обработкой некоторых поверхностей.







Рис. 2. Фотографии литой детали «Корпус» (вид спереди, сверху и слева). Измерение размеров выполнено с помощью штангенциркуля



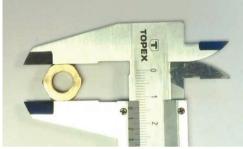


Рис. 3. Фотографии точеной детали «Гайка накидная» (вид спереди, вид сверху). Измерение размеров выполнено с помощью штангенциркуля

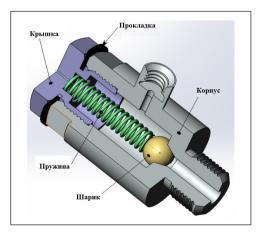
Однако эта методика имеет ряд недостатков. На фотографии плохо просматриваются внутренние элементы детали - глухие отверстия, фаски, проточки, сбег (см. рис. 2), а следовательно, студент может изобразить их в разрезе на чертеже лишь примерно, со слов преподавателя. Размеры внутренних элементов (глубина отверстий, диаметр резьбового отверстия, диаметр и глубина проточки) с фотографии невозможно измерить, поэтому на чертеже их значения указывают примерно. Увеличение количества фотографий далеко не всегда приводит к лучшему выполнению чертежа изделия, но всегда увеличивает время работы с фотографиями.

# II. Методика, основанная на применении цифровых виртуальных изображений изделий.

Данная методика основана на применении 2D-изображений электронных моделей деталей и сборочной единицы (рис. 4, 5).

Представление графического задания в виде наглядной (аксонометрической) проекции сборочной единицы с вырезом одной четверти изделия (как на рис. 4) позволяет дать студентам представление о составе сборочной единицы, ее внешнем и внутреннем строении, контактных поверхностях. По 2D-изображению электронной модели сборочной единицы, на котором даны наименования деталей, входящих в ее состав, студенты могут оформить схему деления изделия, спецификацию. Аналогичные изображения, данные для деталей, позволяют студентам определить форму внешних и внутренних поверхностей детали и ее пропорции, начертить эскизы деталей, проставив размерные линии без указания размерных чисел или задавшись размерами самостоятельно (с соблюдением пропорций). На основе эскизов деталей студент может выполнить сборочный чертеж.

Предложенный вариант представления графического задания не лишен недостатков. Так, изображение резьбы в системах автоматизированного проектирования, как правило, показывается условно, а моделирование резьбы и резьбовых соединений деталей вручную является довольно трудоемкой задачей. Также, в зависимости от задания, могут



*Puc. 4.* 2D-изображение электронной модели сборочной единицы «Клапан»

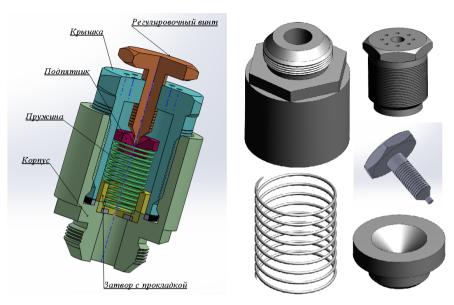


Рис. 5. 2D-изображение электронной модели сборочной единицы «Клапан» и деталей

быть сложности с определением формы поверхности детали.

III. Методика, основанная на демонстрации реального изделия посредством технических средств дистанционного обучения.

Студенты лучше понимают форму изделия, когда рассматривают реальную деталь. В условиях дистанционной работы, конечно, у них нет возможности сделать это. В этом случае возможен вариант демонстрации преподавателем реального изделия посредством технических средств, например документ-камеры (рис. 6). Документ-камера позволяет продемонстрировать изделие с разных сторон, как если бы студент рассматривал реальную деталь. Также в зависимости от характеристик документкамеры возможно многократное увеличение детали для более точного определения формы в труднодоступных местах и для мелкогабаритных деталей. Для определения размеров детали преподаватель может продемонстрировать измерение размеров с помощью специального инструмента – штангенциркуля. преимуществам такого подхода относится то, что студенты видят, в какой последовательности следует проводить измерения размеров той или иной детали, как правильно при этом использовать штангенциркуль.

Во время демонстрации изделия через документ-камеру преподаватель рассказывает назначение изделия, принципе действия, из каких деталей оно состоит, какой материал и технология изготовления применяются для изготовления каждой детали. Ввиду ограниченного



**Рис. 6.** Документ-камера DOKO DS08MU и сборочная единица «Вентиль»

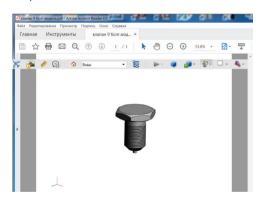
времени занятия рекомендуется заранее выполнять видеозапись демонстрации изделия и рассылать ее студентам для самостоятельного просмотра. При этом само занятие можно посвятить ответам на вопросы. Недостатком методики можно считать временные затраты преподавателя на подготовку видеозаписи демонстраций изделий.

## IV. Методика, основанная на интерактивных 3D-документах.

С развитием и усовершенствованием компьютерных программ появилась возможность отображать трехмерные виртуальные модели не только в системах автоматизированного проектирования и их приложениях для просмотра, но и в других программах, например Adobe Acrobat Reader. Документы PDF с 3Dсодержимым можно создать через сохранение файла модели в системе автоматизированного проектирования (последней версии КОМПАС 3D или SOLIDWORKS) в формате 3D PDF. Удобство такого варианта просмотра трехмерных электронных моделей заключается в том, что можно рассмотреть модель со всех сторон, в разрезе, измерить размеры. Преимуществом использования таких файлов в качестве заданий для выполнения графических работ является тот факт, что студент не может скачать саму трехмерную электронную модель, просматриваемую в Adobe Acrobat Reader, а значит, не сможет создать по ней ассоциативный чертеж с автоматической расстановкой проекций и размеров. Крайне важно, чтобы студент научился чертить проекции детали самостоятельно, без применения ассоциативных чертежей, а также самостоятельно проставлять размеры на чертеже. Документы с 3D-содержимым могут быть открыты с использованием следующего программного обеспечения: Foxit Reader или Acrobat Reader DC (последний можно бесплатно скачать на официальном сайте: https://get.adobe. com/ru/reader/).

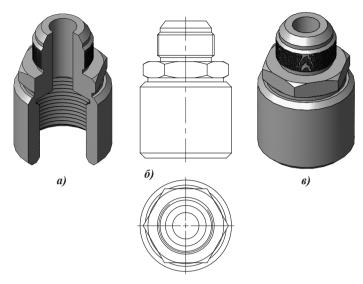
На кафедре «Инженерная графика» МАИ для дистанционного обучения были разработаны варианты графических работ для выполнения конструкторской документации сборочных единиц, сохранены в виде документа PDF с 3D-содержимым и выданы студентам для апробации.

Задание содержит комплект, включающий 3D-содержимое в виде моделей сборочной единицы и деталей, входящих в нее. Студент должен на основании представленных моделей начертить эскизы деталей, сборочный чертеж изделий, оформить спецификацию и схему деления изделия на составные части. Изучить форму изделия/детали, а также узнать размеры можно, используя команды «вращать деталь», «разрезать», «измерить» и др. Внешний вид документа PDF с 3D-содержимым представлен на рис. 7.



**Рис.** 7. Документ PDF с 3D-содержимым

К достоинству такого способа представления задания относится возможность рассмотрения студентом модели со всех сторон, что помогает представить ее форму, способствует развитию пространственного представления. К недостатку можно отнести необходимость использования специального программного обеспечения, ввиду которой применение мобильных устройств для открытия файлов PDF с 3D-содержимым недопустимо.



**Puc. 8.** Графическое задание «Штуцер» для зачета за второй семестр инженерной графики: а) задание детали в изометрии 2D; б) задание чертежа; в) задание модели в pdf

Актуальным является вопрос представления зачетных заданий по дисциплине «Инженерная графика». На очном обучении по окончании второго семестра инженерной графики студент выполняет эскиз детали с натуры. Однако при переходе на дистанционное обучение работа с реальной деталью невозможна. Любой способ представления заданий из рассмотренных выше может быть использован и для зачета. На рис. 8 приведен пример различных

способов представления зачетного графического задания на основе точеной детали с резьбой «Штуцер». Студент чертит эскиз детали, выполняя необходимые разрезы, проставляет размеры и шероховатость всех поверхностей детали.

Проведена экспертная оценка предложенных методик. В качестве экспертов выступили преподаватели геометро-графических дисциплин с педагогическим стажем не менее 5 лет, имею-

Таблица 1 **Результаты экспертной оценки методик представления изделий** 

Методика	Форма наружных поверхностей	Форма внутренних поверхностей	Размеры наружных поверхностей	Размеры внутренних поверхностей	Про- порции	Шерохова- тость по- верхностей
Фотографии	+	_	_	_	+	+_
2D-изображения электронных моделей	+	+	+	+	+	-
Демонстрация через документ-камеру	+	-	+	+	+	+
Документы PDF с 3D-содержимым	+	+	+	+	+	_

щие ученую степень и (или) ученое звание. Экспертами оценена информативность средств обучения для геометро-графических дисциплин. Результаты экспертной оценки приведены в табл. 1.

Исходя из результатов, приведенных в табл. 1, можно сделать вывод, что любая из предложенных методик имеет свои недостатки. С целью анализа эффективности предложенных методик, их удобства и доступности для студентов проведен опрос «Изучение мнения студентов о средствах обучения».

В опросе приняли участие 83 студента первого курса инженерных специальностей, изучающие начертательную геометрию и (или) инженерную графику. В начале семестра обучение проводилось в очной форме, с середины семестра — в дистанционной, что потребовало применения новых вышеизложенных методик. Результаты опроса студентов, изучавших инженерную графику, приведены на рис. 9.

Среди достоинств электронных заданий на основе 3D-моделей и 3D-PDF-документов по сравнению с реальными деталями из препараторской студентами отмечены следующие:

1) возможность лучше рассмотреть форму изделия и его внутреннее строение за счет применения разрезов;

- 2) возможность измерения размеров в труднодоступных местах, более высокая точность измерений;
- 3) полный состав изделия, нет утерянных деталей;
- 4) доступность можно открыть файл в любое время и посмотреть требующуюся информацию.

Часть студентов отметили, что работа с реальными деталями для них предпочтительнее, поскольку есть возможность осмотреть и ощупать детали, разобрать и собрать, в результате чего лучше воспринимается информация. Фотографии деталей, по мнению студентов, являются наименее информативным способом представления заданий (рис. 10).

Результаты опроса студентов, изучавших инженерную графику (рис. 10-13). показали, что при очной форме обучения для них предпочтительна работа с реальными деталями (52,4% опрошенных). 23,8% опрошенных готовы работрехмерными электронными моделями и при очной форме обучения, 19% - с 3D-PDF-документами. При дистанционной форме обучения большинство студентов предпочли бы работу 3D-PDF-документами (66,7% опрошенных). Некоторое количество студентов – 28,6% – готовы были бы работать трехмерными электронными моделями деталей. Только 4,7% студентов

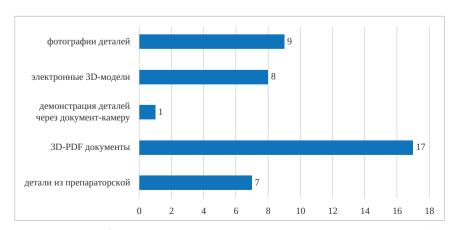
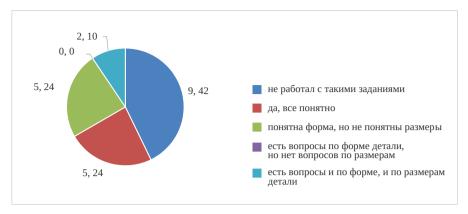
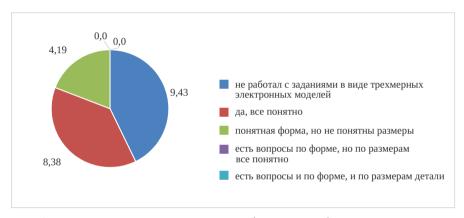


Рис. 9. Средства обучения, использованные при изучении инженерной графики



**Рис. 10.** Ответы на вопрос: «Насколько легко было понять форму и размеры деталей по предложенному заданию в виде фотографии деталей?», %



*Рис. 11.* Ответы на вопрос: «Насколько легко было понять форму и размеры деталей по предложенному заданию в виде трехмерных электронных моделей?», %

выразили готовность работать по фотографиям деталей.

Большинство студентов (85,7% опрошенных) убеждены, что наиболее эффективным было бы сочетать обучение по электронным материалам (фотографии, трехмерные модели) и наглядным (реальные детали).

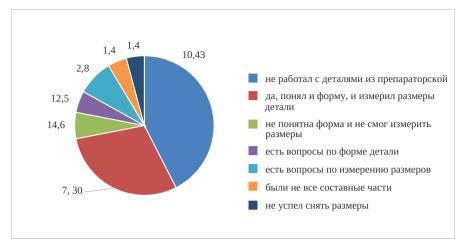
Также проанализированы результаты опроса студентов-первокурсников, изучавших начертательную геометрию.

Среди средств обучения, использованных преподавателем в контрольных группах, следующие:

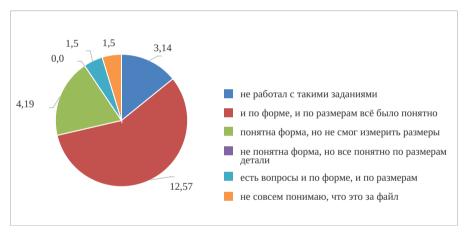
• объяснение материала у доски (при очной форме – начало семестра);

- объяснение материала через документ-камеру;
- объяснение материала преподавателем в графических программах (КОМ-ПАС, Paint и т. п.);
  - 3D-PDF-документы;
  - видеолекции (видеоролики).

При выполнении графического задания по начертательной геометрии на тему «Обобщенные позиционные задачи. Построение линии пересечения поверхностей» 51,6% студентов отметили, что 3D-PDF-документ помог им в представлении формы поверхностей и линии их пересечения. Студентами отмечены следующие достоинства при применении



*Рис. 12.* Ответы на вопрос: «Насколько легко было понять форму и размеры деталей по предложенному заданию в виде реальных деталей из препараторской?», %



*Puc. 13.* Ответы на вопрос: «Насколько легко было понять форму и размеры деталей по предложенному заданию в виде 3D-PDF документов?», %

3D-PDF-документов в изучении начертательной геометрии:

- можно рассмотреть объект со всех сторон, представить расположение в пространстве;
- наглядность для построения аксонометрической проекции и проекций линии пересечения.

Также проанализировано мнение студентов об использовании документ-камеры при чтении лекций по начертательной геометрии. Среди студентов, прослушавших лекции по начертательной геометрии, 62,9% отметили, что объяснение преподавателя, использующего документ-камеру на лекции, так же легко воспринимается, как и объяснение у доски при очном обучении, а 16,1 % из них даже отметили, что такое объяснение им более понятно, чем объяснение у доски. Среди досточиств использования документ-камеры на занятиях студенты отмечают следующие:

• изображение очень хорошо видно в сравнении с объяснением на доске, в

аудитории на задних партах не так хорошо видно;

- можно свободно приближать или отдалять картинку для удобного, подробного изучения;
- зрительно воспринимать гораздо приятнее и понятнее, когда лектор чертит вместе со студентом, получается совместное поэтапное решение задачи;
- позволяет показать нюансы построений, которые на очных лекциях просто невозможно разглядеть.

Объяснение материала дисциплины «Начертательная геометрия» с помощью графических программ (КОМПАС, Paint и т. п.) на занятиях, проводимых в дистанционной форме, 38,7% студентов восприняли так же легко, как и объяснение у доски на очных занятиях. Из них 8,1% студентов отметили, что такая форма объяснения для них была даже понятнее, чем объяснение у доски. 27,4% студентов оценили такой способ объяснения как менее понятный, чем объяснение у доски. Среди достоинств таких средств обучения отмечены следующие:

- видимость элементов лучше, возможность использовать разные цвета при построении;
- ускоряет процесс черчения и увеличивает точность: перпендикулярные линии точно перпендикулярны, а параллельные линии точно параллельны.

Среди недостатков отмечены:

- проблемы с построением и обозначением некоторых величин, на это уходит гораздо больше времени, чем это делалось бы вручную на листе бумаги.
- удобство и наглядность зависят от используемого ПО.

Объяснение теоретического материала было подкреплено короткими тематическими видеороликами (не более 10 мин), которые студенты могли просмотреть в свободное время. Видеоролики содержали базовые сведения о правилах построения геометрических объектов в начертательной геометрии

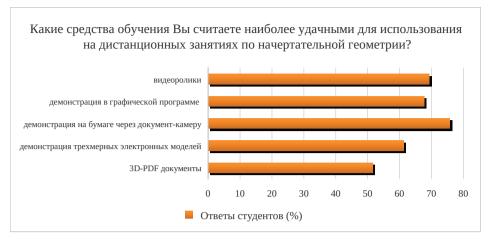
(прямые и плоскости частного положения), алгоритм решения основных задач начертательной геометрии (первая и вторая основная позиционная задачи) и т. п. Трехмерное изображение на основе трехмерной электронной модели сочеталось с 2D-изображением на комплексном чертеже. 87,1% студентов отметили, что видеоролики помогли им в изучении материала курса. Среди досточнств таких коротких видеолекций отмечены следующие:

- «помогают закрыть «пробелы» в изучении той или иной темы»;
- «хорошее дополнение к лекциям, их можно смотреть в любое время, в любом месте и сколько угодно раз»;
- «можно пересмотреть некоторые моменты, которые изначально вызвали вопросы».

При проведении дистанционного обучения часто возникает вопрос о применении электронных конспектов лекций. Многие преподаватели переживают, что если они предоставят студентам готовый электронный конспект, то те перестанут посещать занятия. Проведенный опрос на эту тему показал, что 46,8% студентов готовы вести свой конспект наряду с использованием готового элеколонност конспекта преподавателя, 18,7% ответили, что даже при наличии электронного конспекта будут использовать свой, поскольку для них это удобнее, 16,1% отметили, что все зависит от полноты представленного конспекта, и лишь 17,7% ответили, что при наличии электронного конспекта свой конспект вести не будут.

Рейтинг средств обучения для использования на дистанционных занятиях по начертательной геометрии, составленный на основе анализа мнения студентов, представлен на рис. 14.

Таким образом, для занятий по начертательной геометрии предпочтительно использование документ-камеры, так как данный формат наиболее приближен к очным занятиям и лучше



**Рис. 14.** Рейтинг средств обучения для использования на дистанционных занятиях по начертательной геометрии

воспринимается студентами. Полезным будет дополнение занятий видеороликами для самостоятельного просмотра студентами, демонстрацией трехмерных электронных моделей сложных поверхностей, демонстрацией построений в системах автоматизированного проектирования, а также дополнение отдельных видов графических заданий файлами PDF с 3D-содержимым.

#### Заключение

Рассмотрены средства объяснения материала и представления заданий для графических работ по инженерной графике и начертательной геометрии. Описаны методики работы с такими средствами при проведении дистанционных занятий. Методики апробированы на кафедре «Инженерная графика» МАИ. Согласно экспертной оценке для дистанционных занятий по инженерной графике лидируют методики на основе 2D-изображений электронных моделей и документов PDF с 3D-содержимым. Данные методики, по мнению авторов, представляются перспективными, по-

скольку позволяют компенсировать недостаточный уровень развития пространственного воображения студента за счет наличия трехмерной виртуальной модели и при этом предоставляют студенту возможность взаимодействовать с рассматриваемым объектом через выполнение необходимых измерений модели, разрезов, сечений для анализа формы и размеров изделия. Изучение мнения студентов показало, что данные методики являются наиболее удобными и понятными для обучающихся.

Согласно опросу студентов, при проведении дистанционных занятий по начертательной геометрии предпочтительно использовать документ-камеру, поскольку она позволяет наглядно продемонстрировать ход построений, выполняемых вручную с использованием чертежных инструментов.

Безусловно, каждая из предложенных методик имеет свои преимущества и недостатки. В зависимости от конкретных целей, условий и обстоятельств обучения может быть использована та или иная методика или их сочетание.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Interactive multimedia animation with Macromedia Flash in Descriptive Geometry teaching / R. G. Ramon, S. Q. Javier, G. S. Ramon [et al.] // Computers & Education. 2007. Vol. 49. No. 3. P. 615–639.
- 2. *Anamova R. R.*, *Nartova L. G.* Geometric spatial ability as an element of cognitive learning process // Periodico Tche Quimica. 2019. Vol. 16, No. 32. P. 542–550.
- 3. *Santiago M.*, *Ramon R.* Parallax cues in the design of graphics used in technical education to illustrate complex spatial problems // Computers & Education. 2009. Vol. 53, No. 2. P. 493–503.
- The role of spatial training in improving spatial and calculus performance in engineering students
   S. Sheryl, C. Beth, V. Norma, D. Alana // Learning and Individual Differences. 2013. Vol. 26.
   P. 20–29.
- 5. *Usanova E., Khamzin A.* Electronic Support for Students Basic Training in Graphics with Black Board Environment // IERI Procedia. 2012. Vol. 2. P. 847–853.
- Comparative Analysis Between Training Tools in Spatial Skills for Engineering Graphics Students
  Based in Virtual Reality, Augmented Reality and PDF3D Technologies / J. Martín-Gutiérrez,
  M. García-Domínguez, C. Roca-González [et al.] // Procedia Computer Science. 2013. Vol. 25.
  P. 360–363.
- 7. Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students / J. Martin-Gutierrez, J. L. Saorin, M. Contero [et al.] // Computers & Graphics. 2010. Vol. 34. P. 77–91.
- 8. *Martín-Gutiérrez J., Contero M., Alcaniz M.* Augmented reality to training spatial skills // Procedia Computer Science. 2015. Vol. 77. P. 33–39.
- 9. Системный подход к инженерной подготовке специалистов авиационной промышленности конструкторских специальностей. Фундаментальные основы дисциплины «Инженерная графика» для конструкторских специальностей / Р. Р. Анамова, С. А. Леонова, Т. М. Хвесюк, Г. К. Хотина // Справочник. Инженерный журнал. 2019. № 2. С. 35–41.

#### REFERENCES

- 1. Ramon R. G., Javier S. Q., Ramon G. S., Santiago M. G., Samuel M. F. Interactive multimedia animation with Macromedia Flash in Descriptive Geometry teaching. *Computers & Education*. 2007, Vol. 49, No. 3, pp. 615–639.
- 2. Anamova R. R., Nartova L. G. Geometric spatial ability as an element of cognitive learning process. *Periodico Tche Quimica*. 2019, Vol. 16, No. 32, pp. 542–550.
- 3. Santiago M., Ramon R. Parallax cues in the design of graphics used in technical education to illustrate complex spatial problems. *Computers & Education*. 2009, Vol. 53, No. 2, pp. 493–503.
- 4. Sheryl S., Beth C., Norma V., Alana D. The role of spatial training in improving spatial and calculus performance in engineering students. *Learning and Individual Differences*. 2013, Vol. 26, pp. 20–29.
- 5. Usanova E., Khamzin A. Electronic Support for Students Basic Training in Graphics with Black Board Environment. *IERI Procedia*. 2012, Vol. 2, pp. 847–853.
- Martín-Gutiérrez J., García-Domínguez M., Roca-González C., Sanjuán-HernanPérez A., Mato-Carrodeguas C. Comparative Analysis Between Training Tools in Spatial Skills for Engineering Graphics Students Based in Virtual Reality, Augmented Reality and PDF3D Technologies. *Procedia Computer Science*. 2013, Vol. 25, pp. 360–363.
- 7. Martin-Gutierrez J., Saorin J. L., Contero M., Alcaniz M., Perez-Lopez D. C., Ortega M. Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students. *Computers & Graphics*. 2010, Vol. 34, pp. 77–91.
- 8. Martín-Gutiérrez J., Contero M., Alcaniz M. Augmented reality to training spatial skills. *Procedia Computer Science*. 2015, Vol. 77, pp. 33–39.

9. Anamova R. R., Leonova S. A., Khvesyuk T. M., Khotina G. K. Sistemnyy podhod k inzhenernoy podgotovke spetsialistov aviatsionnoy promyshlennosti konstruktorskikh spetsialnostey. Fundamentalnye osnovy distsipliny "Inzhenernaya grafika" dlya konstruktorskikh spetsialnostey. *Spravochnik. Inzhenernyj zhurnal.* 2019, No. 2, pp. 35–41.

**Анамова Рушана Ришатовна,** кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Инженерная графика», Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

e-mail: anamova.rushana@yandex.ru

**Anamova Rushana R.,** PhD in Technical sciences, Associate Professor, Assistant Professor, Engineering Graphics Department, Moscow Aviation Institute (National Research University) **e-mail:** anamova.rushana@vandex.ru

**Хотина Галина Константиновна,** кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Инженерная графика», Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

e-mail: khotina.galina@yandex.ru

**Khotina Galina K.,** PhD in Technical sciences, Associate Professor, Assistant Professor, Engineering Graphics Department, Moscow Aviation Institute (National Research University) **e-mail: khotina.galina@yandex.ru** 

Статья поступила в редакцию 14.01.2021 The article was received on 14.01.2021