

УДК 378.147: 621

DOI: 10.12737/2308-4898-2023-11-3-26-38

Т.В. Маркова

Канд. техн. наук, доцент,
Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого,
Россия, 195251, г. Санкт-Петербург,
ул. Политехническая, д. 29,
e-mail: markova_tv@spbstu.ru

А.Л. Бочков

Старший преподаватель,
Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого,
Россия, 195251, г. Санкт-Петербург,
ул. Политехническая, д. 29,
e-mail: bochkov_al@spbstu.ru

М.С. Кокорин

Канд. техн. наук, доцент,
Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого,
Россия, 195251, г. Санкт-Петербург,
ул. Политехническая, д. 29,

Т.А. Никитина

Канд. техн. наук, доцент,
Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого,
Россия, 195251, г. Санкт-Петербург,
ул. Политехническая, д. 29

Курсовая работа по инженерной графике как инструмент формирования конструкторского мышления

Аннотация. Одним из приоритетов для высшей школы и страны в целом сегодня является усиление инженерного образования. основополагающее значение в подготовке специалистов имеют геометро-графические дисциплины, с них начинается профессиональная подготовка инженера. Выполняя учебные задания, студенты получают базовые знания и навыки для дальнейшего освоения профильных курсов: изучают теорию изображений и методы ее применения в процессах построения геометрических моделей, знакомятся с правилами оформления конструкторской документации, средствами автоматизации и компьютеризации процессов проектирования и конструирования. При этом закладываются основы для решения одной из основных задач технического образования – задачи формирования системного инженерного, конструкторского мышления, выражающегося в способности мыслить комплексно, логически и творчески, предпринимать конкретные действия и принимать решения для достижения конкретного результата в виде технического изделия.

В статье рассматриваются вопросы содержания заданий, а также организации аудиторной и самостоятельной работы студентов при изучении дисциплин «Начертательная геометрия», «Инженерная геометрия», «Инженерная графика», «Компьютерная графика». Представлена курсовая работа с элементами конструирования, выполняемая в третьем семестре

бакалаврами машиностроительных направлений подготовки в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого.

Согласно заданию, студенты разрабатывают конструкторскую документацию на изделие по схеме, описанию принципа действия устройства и чертежам основных деталей, внося, при необходимости, изменения в конструкцию для повышения технологичности деталей и сборки и улучшения технических и потребительских свойств изделия, и заменяя сварной сборочной единицей одну из деталей.

В статье поставлены цели и задачи курсовой работы, описаны этапы выполнения и роль преподавателя, а также разработанное для обеспечения самостоятельной работы студентов учебное пособие. Сделана оценка первого опыта использования методики. Представлены выводы и рекомендации.

Ключевые слова: инженерная графика, инженерная геометрия, компьютерная графика, конструирование, моделирование, инженерное мышление, конструкторское мышление, конструкторская документация, курсовая работа, сварная сборочная единица.

T.V. Markova

Ph. D. of Engineering, Associate Professor,
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
29, st. Polytechnicheskaya, St. Petersburg, 195251, Russia,
e-mail: markova_tv@spbstu.ru

A.L. Bochkov

Senior Lecturer,
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
29, st. Polytechnicheskaya, St. Petersburg, 195251, Russia,
e-mail: bochkov_al@spbstu.ru

M.S. Kokorin

Ph. D. of Engineering, Associate Professor,
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
29, st. Polytechnicheskaya, St. Petersburg, 195251, Russia,

T.A. Nikitina

Ph. D. of Engineering, Associate Professor,
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
29, st. Polytechnicheskaya, St. Petersburg, 195251, Russia

Coursework in Engineering Graphics as a Tool in the Formation of Design Thinking

Abstract. One of the priorities for higher education and the country as a whole today is to strengthen engineering education. Geometric and graphic disciplines are of fundamental importance in the training of specialists, the professional training of an engineer begins with them. By completing educational tasks, students acquire basic knowledge and skills for further mastering of profile courses: they study the theory of images and methods of its application in the processes of building geometric models, get acquainted with the rules of design documentation, means of automation and computerization of design and construction processes. At the same time, the foundations are laid for solving one of the main tasks of technical education – the task of forming system engineering, design thinking, which is expressed in the ability to think comprehensively, logically and creatively, to take concrete actions and make decisions to achieve a specific result in the form of a technical product.

The article deals with the content of tasks, as well as the organization of classroom and independent work of students in the study of disciplines "Descriptive Geometry", "Engineering Geometry",

"Engineering Graphics", "Computer Graphics". The coursework with design elements performed in the third semester by bachelors of mechanical engineering training at Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University is presented.

According to the assignment, students develop design documentation for the product according to the scheme, description of the principle of operation of the device and drawings of the main parts, making, if necessary, changes to the design to increase the manufacturability of parts and assembly and improve the technical and consumer properties of the product, and replacing one of the parts with a welded assembly.

The article sets the goals and objectives of the coursework, describes the stages of implementation and the role of the teacher, as well as the textbook developed to ensure the independent work of students. An assessment of the first experience of using the technique is made. Conclusions and recommendations are presented.

Keywords: engineering graphics, engineering geometry, computer graphics, design, modeling, engineering thinking, design thinking, design documentation, coursework, welded assembly unit.

1. Введение

Вопросам необходимости усиления системы подготовки инженерно-технических кадров, формирования нового образа инженера и популяризации профессии в последнее время уделяется все больше внимания [23]. В публикациях отмечается важность обеспечения комплексного, межотраслевого подхода, синтеза всего лучшего, что было в советской системе образования, и опыта последних десятилетий, масштабирования образцовых практик, развития целевой подготовки, начиная со школьной скамьи, а также поддержки и развития фундаментальной прикладной науки. Выпускник высшего учебного заведения должен иметь крепкую основу, позволяющую ему далее развиваться, решать встающие перед ним задачи [24].

Дисциплины геометро-графического цикла: начертательная геометрия, инженерная геометрия, инженерная и компьютерная графика – первые профессиональные дисциплины, с которыми встретится в вузе студент любой инженерной специальности. Важность этого этапа нельзя недооценивать [9]. В процессе выполнения расчетно-графических и курсовых работ студенты получают базовые знания и навыки для дальнейшего освоения профильных курсов [26]: учатся анализировать форму технических объектов, формировать их проекционные геометрические модели и воспринимать заложенную в них информацию, изучают стандарты, определяющие правила составления и оформления конструкторских документов, а также современные средства автоматизации процессов проектирования и конструирования, технологии цифрового документирования.

Однако инженер – это не просто пользователь компьютерных программ или знаток стандартов. Инженер – тогда инженер, когда он творит, придумывает что то новое, конструирует.

Термин «конструирование» многогранен. В тематическом словаре «Философия науки и техники» [33] «конструирование» определяется как «вид инженерной работы, которая осуществляется в различных областях человеческой деятельности: в проектировании технических систем, дизайне, моделировании одежды и др. В технике конструирование является обязательной составной частью процесса проектирования и связано с разработкой конструкции технической системы, которая затем материализуется при изготовлении на производстве. Конструирование включает анализ и синтез различных вариантов конструкции, их расчеты, выполнение чертежей и др. Разработка вариантов конструкции обычно связана с постановкой и решением задач научно-технической деятельности». Далее термин уточняется применительно к инженерной деятельности: «В процессе конструирования создается чертёж технического изделия или системы, рассчитываются конкретные технические характеристики и фиксируются специфические условия реализации (характер материала, производительность, степень экологичности, экономическая эффективность и др.)».

Обратим внимание на три ключевые момента определения. Во-первых, выделено, что конструкторская разработка должна иметь результат – техническое изделие, готовую конструкцию. Во-вторых, далее обозначаются связи между понятиями «конструирование» и «технология»: «конструирование сочетается с разработкой соответствующих технологических условий, т.е. методов и технических условий реализации конкретной модели. Поэтому конструирование связано с технологией, которая выявляет механизм организации процесса по производству конкретного изделия». Кроме того, прослеживается взаимосвязь понятий «конструирование» и «проектирование»: конструирование производится на этапе разработки рабочей конструкторской документации, проектирование – более общее понятие, включает элементы, предшествующие конструированию, и определяется как «разработка комплексной технической документации (проекта), содержащего технико-экономические обоснования, расчеты, чертежи, макеты и другие материалы для изготовления изделия».

Таким образом, в инженерной деятельности конструирование – это этап проектирования, в результате которого получается рабочая конструкторская документация – детальное описание желаемого результата с учетом технологии изготовления. Завершается

конструирование, как правило, созданием опытного образца, его испытаниями, анализом результатов и выработкой рекомендаций по совершенствованию проекта при необходимости.

Очевидно, что инженер должен владеть компетенциями по разработке конструкторской документации, а также особым, инженерным, конструкторским мышлением, основанным на развитом пространственном воображении, умениях мыслить комплексно, логически и творчески, и проявляющимся в способности предпринимать конкретные действия для решения возникающих проблем и задач, принимать решения для достижения конкретного результата в виде технического изделия, готовой конструкции.

Задача формирования конструкторского мышления – одна из основных задач преподавателей технического вуза и актуальна на протяжении всех этапов обучения инженера-конструктора [28; 32]. Необходимым для ее решения условием является наличие конкретной практической задачи, согласованной с уровнем теоретической подготовки обучающихся и реализующей, по возможности, принципы междисциплинарности.

Описания применяемых при изучении геометро-графических дисциплин методик: различных практик визуального структурирования и интеграции дидактических единиц, использования активных форм учебной деятельности (метод проектов, работа в команде и др.), персонализации обучения [28], а также предложений по внедрению в учебные программы практико-ориентированных заданий с элементами конструирования и необходимых для их реализации новых технологий приведены в публикациях многих авторов. В них рассматриваются вопросы организации обучения для студентов различных направлений подготовки [7; 8; 12; 20; 28; 29], применения компьютерных технологий: систем автоматизированного проектирования и цифровой поддержки жизненного цикла изделия [2; 13; 22; 27; 30; 31], а также дополненной реальности [6; 10; 19], реверсивного инжиниринга [4] и др.

Цель представленной в данной статье работы – постановка учебного задания на выполнение курсовой работы (КР) с элементами конструирования на раннем этапе инженерной подготовки, в рамках изучения дисциплины «Инженерная графика», оценка первых результатов и перспектив использования задания, а также разработка методики преподавания и учебного пособия для организации самостоятельной работы студентов.

Заметим, варианты заданий для организации курсового проектирования имелись на кафедре и активно использовались в то время, когда инженерная

графика изучалась студентами-механиками в течение четырех семестров. Последующий длительный период реформ привел к сокращению количества часов, выделяемых на дисциплину, до двух семестров и вынужденному отказу от сложных заданий конструкторского характера.

Новые возможности появились в 2022–2023 учебном году, когда учебные планы были пересмотрены и произошло так необходимое [1; 3; 5; 25] и соответствующее сегодняшней концепции развития инженерного образования изменение: к двум семестрам, в течение которых студенты изучают начертательную геометрию [14; 17], стандарты и компьютерные средства разработки конструкторской документации [11; 16], был добавлен еще один – третий семестр. Это позволило расширить содержание рабочей программы дисциплины и ввести в учебный процесс курсовую работу, в которой опыт прошлых лет в значительной мере переосмыслен, а методики обучения и выполнения задания переработаны с учетом новых технических возможностей проектирования и новых требований к компетенциям выпускника вуза.

2. Содержание и последовательность выполнения курсовой работы на заключительном этапе изучения дисциплины «Инженерная графика» в СПбПУ Петра Великого

В третьем семестре, на заключительном этапе изучения инженерной графики, студентам предлагается задание, согласно которому требуется спроектировать функционально несложное, состоящее не более чем из двадцати деталей изделие, включающее разъемные и неразъемные (сварные) соединения. Содержание КР охватывает все основные этапы разработки конструкторской документации (КД); некоторые элементы упрощены или изъяты из рассмотрения в соответствии с учебными целями.

Работа выполняется в течение семестра по индивидуальным вариантам. Студентам выдается лист задания, где указаны объем и сроки выполнения, а также схема, описание принципа действия устройства и чертежи основных деталей в качестве исходных данных. Чертежи отдельных несложных деталей могут отсутствовать.

Необходимо:

- 1) «собрать» изделие по схеме и описанию, используя данные детали и подобрав необходимые стандартные изделия;
- 2) детали, чертежи которых отсутствуют в исходных данных, сконструировать с учетом их назначения и положения в сборке согласно схеме и описанию;

- 3) предложить и реализовать изменения, приводящие к улучшению технических и потребительских свойств изделия;
- 4) одну из деталей, по указанию преподавателя, как правило, литую корпусную, заменить сварной сборочной единицей;
- 5) разработать:
 - компоновочный чертеж изделия,
 - схемы деления на составные части сварной сборочной единицы и всего изделия,
 - спецификацию изделия и спецификацию входящей в него сварной сборочной единицы,
 - сборочный чертеж сварной сборочной единицы и чертежи входящих в нее деталей,
 - сборочный чертеж всего изделия и чертежи входящих в него деталей;
- 6) оформить пояснительную записку (ПЗ) к КР, в приложении к которой разместить разработанный комплект рабочей КД на изделие.

Задание многоплановое и для эффективного обучения студентов с разным уровнем подготовленности требует применения дифференцированного подхода – как при выборе индивидуального варианта, так и при определении технологий выполнения работы, [32], так как перечисленные выше документы могут быть получены разными способами. Приветствуется формирование чертежей на основе предварительно разработанных 3D-моделей деталей и сборок, а максимальную оценку получают студенты, представляющие на защиту в конце семестра полный комплект связанных между собой КД: моделей, чертежей и спецификаций.

В соответствии с выработанной методикой, работа разбивается на этапы. Рассмотрим подробнее их содержание.

Этап I – разработка эскизного проекта.

На этом этапе необходимо сначала изучить документы задания, определить структуру сборочной единицы, форму каждой детали, в том числе деталей, чертежи которых не представлены в исходных данных задания, уяснить связь каждой детали с другими деталями, типы используемых разъемных соединений, способ установки подвижных частей, форму поверхностей, обеспечивающих связь разрабатываемой конструкции с внешними изделиями: характер и координаты отверстий, пазов и т.п., предназначенных для крепления изделия при установке на рабочее место и для присоединения к нему других изделий.

На основании проведенного анализа требуется подобрать размеры необходимых стандартных изделий (крепежных, уплотнительных и др.), определить возможности усовершенствования конструкции.

На этом этапе разрабатываются:

- 1) схема деления изделия на составные части с учетом замены одной из деталей сварной сборочной единицей;
- 2) компоновочный чертеж (фронтальный разрез) проектируемого изделия по данным чертежам деталей (изучается технология конструирования «снизу-вверх»); при необходимости конструкция деталей и изделия в целом уточняется и модернизируется, разрабатываются и добавляются детали, чертежи которых отсутствуют.

При формировании изображений компоновочного чертежа допускаются упрощения, предусмотренные стандартами. Вместо него может быть разработана 3D-сборка и ассоциативный чертеж сборки в разрезе. Используемая система автоматизированного проектирования – САПР КОМПАС-3D.

Этап II – проектирование сварной сборочной единицы.

На этом этапе изучается идеология конструирования «сверху вниз».

Предлагается сначала проанализировать форму и размеры исходной детали, принцип ее соединения с другими деталями изделия, условно расчлнить деталь на простые геометрические тела, выбрать заготовки из сортового проката, по форме соответствующие элементам исходной детали, определить количество и форму составных частей разрабатываемой конструкции, определить обозначения и наименования для них и соответствующих КД, оформить схему деления на составные части, которыми являются свариваемые детали, с учетом марки материалов свариваемых деталей выбрать вид и способ сварки, виды сварных соединений и конструктивные элементы сварных швов. При проектировании нужно помнить, что конструкция сварного изделия должна обеспечивать полную функциональную замену исходной детали.

Этап III – разработка комплекта конструкторской документации на изделие.

Этап делится на две части. Объем работы может варьироваться в зависимости от уровня подготовленности студентов. Полный комплект включает:

- 1) КД на сварную сборочную единицу: модели и разработанные на их основе рабочие чертежи деталей, входящих в сварную сборочную единицу, сборочный чертеж сварной сборочной единицы, спецификацию сварной сборочной единицы;
- 2) КД на все изделие: спецификацию и сборочный чертеж всего изделия, в котором определенная заданием деталь заменена сварной сборочной единицей, а также рабочие чертежи остальных деталей; все чертежи разрабатываются на основе 3D-моделей.

Этап IV – оформление пояснительной записки (ПЗ).

ПЗ оформляется на бумаге формата А4 в соответствии с требованиями ГОСТ Р 2.105-2019 «ЕСКД. Общие требования к текстовым документам». Предполагаемый объем ПЗ – не более 15 страниц текста. В приложении к ПЗ в определенной стандартами последовательности размещаются конструкторские документы, составляющие комплект рабочей КД на изделие. При необходимости чертежи складываются в соответствии с ГОСТ 2.501 2013 «ЕСКД. Правила учета и хранения».

Этап V – нормоконтроль и защита курсовой работы.

В конце семестра, как правило, на занятии в последнюю неделю перед началом экзаменационной сессии проводится защита КР, где студенты рассказывают о проделанной работе, отвечают на вопросы слушателей. Кроме того, по усмотрению преподавателя, в рамках защиты может быть проведен нормоконтроль, при котором каждый студент выполняет проверку работы товарища, оформляя таблицу замечаний.

По результатам работы в семестре и защиты студенту выставляется оценка.

На оценку влияют:

- 1) обоснованность принятых студентом решений, правильность выполнения КД (по результатам проверки работы преподавателем и результатам проведения нормоконтроля) и качество оформления пояснительной записки;
- 2) качество проведенного студентом нормоконтроля КД другого студента;
- 3) качество доклада, правильность и полнота ответов на вопросы.

3. Образовательные цели выполнения работы и роль преподавателя

Сформулируем цели и задачи выполнения курсовой работы:

- 1) изучение и закрепление теоретических знаний:
 - а) о видах изделий, стадиях разработки конструкторской документации,
 - б) правил учета и хранения КД,
 - в) правил оформления конструкторской документации на сборочную единицу:
 - правил оформления сборочного чертежа и чертежа общего вида,
 - правил составления спецификации,
 - правил оформления чертежа детали, включая правила формирования и обозначения изображений, нанесения размеров, записи технических требований и знаков шероховатости поверхностей,

- правил изображения и обозначения стандартных крепежных изделий и формирования разъемных и неразъемных соединений,
- правил оформления текстовых документов,
- правил записи обозначений материалов и сортов, их свойств и области применения;

- 2) формирование и развитие навыков работы в системе автоматизированного проектирования:
 - а) с инструментами твердотельного моделирования и оформления текстовых документов и ассоциативных чертежей деталей и сборок,
 - б) с базами данных прикладных библиотек стандартных изделий, материалов и сортов, библиотеками сварных швов и их обозначений,
 - в) инструментами коллективной работы, идеологиями проектирования «сверху вниз» и «снизу вверх», использования компоновочной геометрии и коллекций геометрических элементов;
- 3) развитие навыков анализа конструкции изделия и использования элементов деталей на основе стандартных конструкторских и технологических решений. Рассматриваются:
 - а) форма элементов деталей с резьбой, виды и особенности расположения отверстий и пазов,
 - б) форма элементов литых деталей, обеспечивающих выход режущего инструмента при обработке заготовок и уменьшающих площадь обработки, обеспечивающих нормальное врезание и выход сверла при обработке отверстий на наклонных и неровных поверхностях, предупреждающих возникновение местных напряжений и трещин, повышающих прочность и жесткость литых деталей,
 - в) порядок использования, выбора размеров и расположения таких элементов, как фаски и галтели, резьбовые проточки и канавки для выхода шлифовального круга,
 - г) способы центрирования деталей, стопорения от самоотвинчивания резьбовых изделий, уплотнительные конструкции и т.д.;
- 4) получение опыта конструирования сварной сборочной единицы и оформления КД на нее, приобретение и развитие навыков:
 - а) анализа геометрической формы изделия для определения состава сборки,
 - б) выбора заготовок из сортового проката для изготовления свариваемых деталей,
 - в) выбора типа сварного шва и определения необходимой подготовки кромок,
 - г) нанесения обозначений сварных швов на сборочном чертеже.

Преподаватель работает с группой из 15–20 человек. В условиях ограниченного времени его основ-

ная функция – поставить задачу, пояснить новые и непонятные моменты очередного этапа в начале занятия, ответить на вопросы. Проверка работ студентов осуществляется, в первую очередь, для контроля своевременности выполнения этапов, а успех во многом определяется способностью студентов к самостоятельной работе, для обеспечения которой разработано и издано пособие.

4. Учебное пособие как средство организации самостоятельной работы студентов

Учебное пособие «Разработка конструкторской документации на изделие по схеме, описанию и чертежам деталей» [15] рекомендовано отделением федерального учебно-методического объединения в системе высшего образования по УГСН 15.00.0 «Машиностроение» в качестве учебного пособия при реализации основных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки бакалавров и специальностям, входящим в УГСН 15.00.00 «Машиностроение».

В пособии подробно рассмотрено содержание и этапы выполнения курсовой работы. Для каждого этапа представлены все необходимые для работы теоретические сведения и справочные материалы, а также описание последовательности выполнения на примере варианта-образца.

При выборе изделия для образца проведен тщательный анализ состава изделий, разъемных и неразъемных соединений, формы деталей и других особенностей вариантов имеющихся учебных заданий. Требовалось подобрать такую конструкцию, чтобы включить в пособие без значительной перегрузки

полный комплект необходимых для ее изготовления КД и при этом охватить максимальное возможное количество типовых элементов деталей и соединений, изучаемых в курсе инженерной графики и встречающихся в учебных проектах. В результате было выбрано изделие, которое:

- 1) состоит из минимального количества оригинальных деталей (7 штук);
- 2) содержит литую корпусную деталь (рис. 1), имеющую форму, удобную для демонстрации порядка разработки заменяющей ее сварной конструкции (рис. 2);
- 3) имеет детали разных типов (рис. 3): корпусную, детали типа «вал» и «крышка», а также шкив, деталь с резьбой и шестигранной головкой и прокладку с формой разной степени сложности;
- 4) имеет разъемные резьбовые соединения, шпоночное соединение;
- 5) содержит стандартные изделия разных групп: резьбовой крепеж, шпонки, подшипники, уплотнительные манжеты;
- 6) содержит детали с конструктивными элементами, порядок выбора размеров и правила оформления изображений которых изучаются в курсе инженерной графики: элементы с резьбой, проточки, канавки для выхода шлифовального круга, шпоночные пазы, отверстия резьбовые глухие для крепежных деталей, глухие и сквозные отверстия, равномерно расположенные на фланцах и др.

Такой выбор позволил продемонстрировать порядок выполнения задания и результат работы – полный комплект графических документов, содержащий 13 листов (рис. 3): две спецификации, два сборочных чертежа формата А4 х 3 и А3 (для всего изделия и для сварного корпуса), четыре чертежа

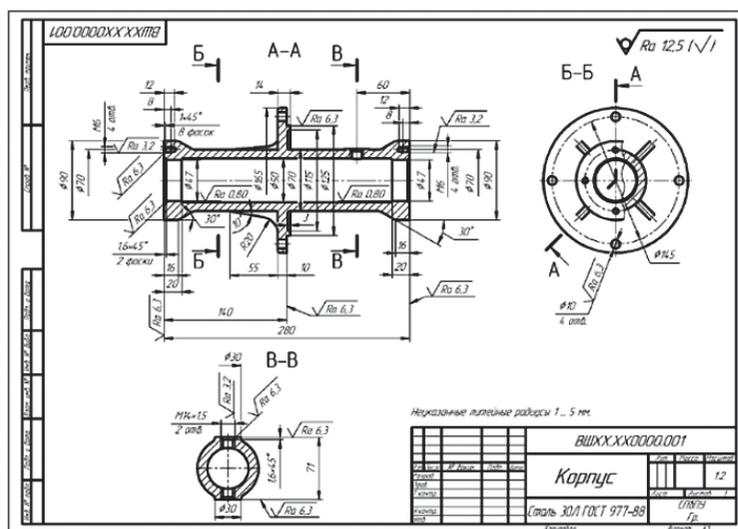


Рис. 1. Чертеж корпуса, подлежащего замене на сварную сборочную единицу

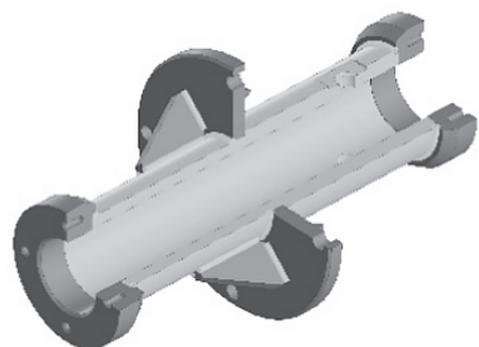


Рис. 2. Сварная сборочная единица «Корпус»

деталей, выполненных из сортового проката и входящих в сварную сборочную единицу, и чертежи остальных деталей; для одной из деталей (прокладки) чертеж не выпущен, необходимая для ее изготовления информация приведена в спецификации. Все документы в определенном стандартами порядке размещены в приложении к пособию.

Заметим, представленный в пособии пример КД, несмотря на относительную компактность (конструкции выдаваемых студентам индивидуальных учебных вариантов содержат заметно больше деталей), дает возможность рассмотреть и обсудить на занятии в аудитории практически все необходимые для разработки и оформления учебной КД правила: как общие,

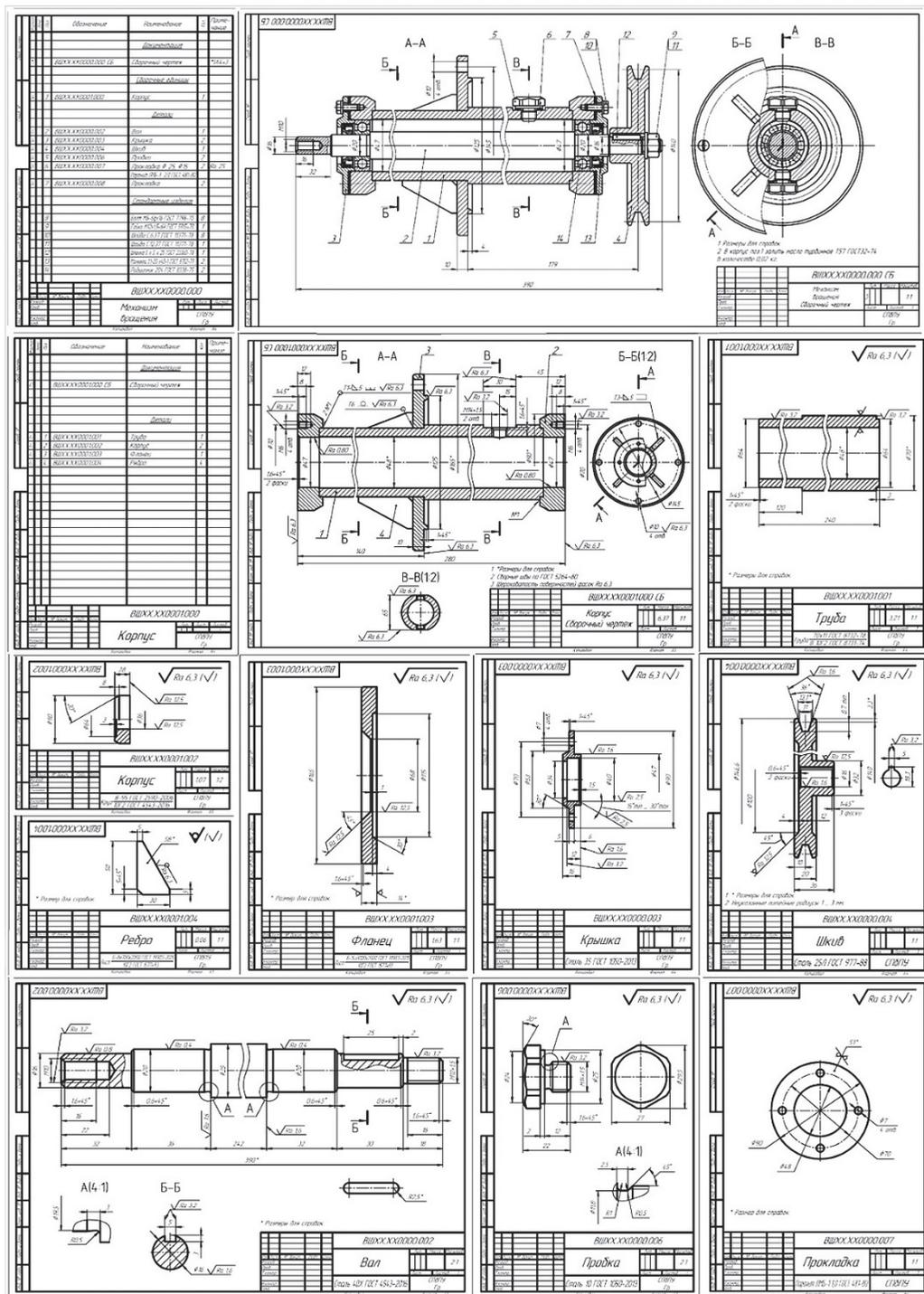


Рис. 3. Рабочая КД на изделие. Пример выполнения КР

уже известные студентам, так и целый ряд новых, частных моментов: порядок формирования комплекта документов для сборочной единицы, в состав которой входят другие сборки, порядок учета деталей без чертежей, способ указания в спецификации дополнительного формата чертежа и порядок записи стандартных изделий разных групп, порядок оформления на сборочном чертеже сварных швов разных типов, в том числе повторяющихся, порядок записи типоразмера сортамента в основной надписи чертежа, правила нанесения знаков шероховатости поверхностей, в том числе для поверхностей «в состоянии поставки», особенности нанесения размеров и записи технических требований для деталей, выполненных из сортамента, правила оформления на чертеже изображений типовых конструктивных элементов, таких как резьба, в том числе с мелким шагом, проточки, канавки и т.п. Задача преподавателя – обратить внимание студентов на эти элементы.

5. Оценка опыта проведения занятий по разработанной методике

Описанная курсовая работа прошла апробацию в 2022–2023 учебном году.

Результаты в значительной мере зависели от начального уровня подготовленности студентов, умения работать и принимать решения самостоятельно.

Уровень сложности для студентов определяли качество школьного образования и степень освоения программы начертательной геометрии и инженерной графики первого курса: сформированность навыков анализа формы технических объектов, чтения чертежа детали или сборочной единицы. Кроме того, опыт показал, что справиться с заданием курсовой работы успешно в значительной мере помогли:

- 1) умение работать с инструментами моделирования и черчения выбранной САПР; студенты, слабо владеющие инструментами компьютерного моделирования и черчения, сталкивались с дефицитом времени, что не могло не влиять отрицательно на качество и скорость решения поставленных задач;
- 2) умение пользоваться информационными ресурсами, находить необходимую информацию, аналоги конструкций или их элементов и, творчески перерабатывая, использовать в своих проектах;
- 3) умение фантазировать и экспериментировать.

Студенты с высоким уровнем начальной подготовки справились с заданием очень хорошо. Многие разработали полный комплект КД: 3D-модели деталей и сборочных единиц, чертежи и спецификации

на основе моделей, проявили изобретательность при конструировании сварной сборочной единицы и, кроме того, самостоятельно освоили предназначенные для разработки и оформления модели и сборочного чертежа сварного изделия инструменты САПР КОМПАС 3D. Усвоению нового материала способствовали междисциплинарные связи: в рамках дисциплины «Технология конструкционных материалов» одновременно с выполнением представленной здесь курсовой работы студенты изучали способы сварки, особенности выбора инструментов и режимов, правила проектирования изделий [18; 21].

Тем не менее анализ проблем, с которыми сталкивались студенты при выполнении КР, показал, что именно задача разработки сварной конструкции наиболее часто вызывала затруднения. Заметим, задача действительно непростая. Ее решение требует работы с большим объемом новой информации, и кроме того, сопряжено с совершенно новым и незнакомым для большинства студентов типом деятельности: эта работа – их первый опыт конструирования.

Полагаем, что именно отсутствие опыта разработки нового изделия, в первую очередь и, как следствие, неуверенность и страх совершить ошибку, а в ряде случаев – безынициативность, неумение или нежелание студентов работать с информацией и принимать решения самостоятельно – основные причины затруднений.

Решение проблемы видится в использовании психолого-педагогических методов воздействия на процесс обучения. Это могут быть обсуждения возникающих в процессе выполнения курсовой работы вопросов, связанных с тонкостями правил оформления КД, особенностями формы деталей и целесообразностью выбора того или иного элемента сортамента, технологией сборки и сварки, обеспечением доступа инструмента, выбором варианта компоновки сварной сборочной единицы на основе анализа формы и т.д. Такие групповые дискуссии помогают студентам активнее включаться в работу, демонстрировать свои знания и умения, делаясь информацией с товарищами, формулировать, высказывать и защищать свою точку зрения, развивая профессиональное мышление. Кроме того, следует также обратить внимание на порядок подачи нового теоретического материала, использовать активные методы обучения: выполнение небольших практических заданий по обсуждаемой теме во время аудиторных занятий будет способствовать восприятию теории и постепенному формированию опыта конструирования, созданию условий для становления инженера-конструктора.

6. Выводы

Опыт проведенной и описанной в статье работы в целом признан положительным. Анализ результатов показал, что введение в учебный процесс заданий с элементами конструирования на раннем этапе обучения, в рамках дисциплины «Инженерная графика», возможно и целесообразно. Такие задания способствуют закреплению знаний, накоплению опыта анализа и синтеза пространственных форм, формируют навык работы с инструментами современных компьютерных систем 3D-проектирования, чтения и составления чертежей и других конструкторских документов, а также позволяют получить первый опыт конструирования — заложить основу для формирования системного конструкторского мышления.

Работа имеет достаточно высокий уровень сложности, поэтому для повышения интереса студентов к предмету, мотивации к учебе и изобретательской деятельности, повышения эффективности образовательного процесса и достижения поставленных методических целей рекомендуется:

- 1) усилить предварительную подготовку: в курсе начертательной геометрии уделять больше внимания вопросам моделирования поверхностей, шире использовать практические задания, требующие анализа формы машиностроительных деталей;
- 2) усилить подготовку в области использования САПР, активнее внедрять раннее обучение приемам работы с инструментами 3D-моделирования;
- 3) использовать методы психолого-педагогического воздействия для усиления профессиональной мотивации, повышения уровня самостоятельной познавательной деятельности;
- 4) дифференцированно, с учетом уровня подготовленности студентов подходить к выдаче индивидуальных вариантов заданий курсовой работы;
- 5) использовать междисциплинарный характер задания, возможности интеграции связанных по тематике работы дисциплин и применяемых образовательных технологий.

Литература

1. *Абросимов С.Н.* Проектно-конструкторское обучение инженерной графике: вчера, сегодня, завтра [Текст] / С.Н. Абросимов, Д.Е. Тихонов-Бугров // Геометрия и графика. — 2015. — Т. 3. — № 3. — С. 47–57. — DOI: 10.12737/14419
2. *Большаков В.П.* Твердотельное моделирование сборочных единиц в САД-системах: учеб. пособие для вузов [Текст] / В.П. Большаков, А.Л. Бочков, Е.А. Лебедева, А.В. Чернов. — СПб.: Питер, 2018. — 368 с.
3. *Верхотурова Е.В.* Причинно-следственный анализ проблем геометро-графической подготовки обучающихся технического вуза [Текст] / Е.В. Верхотурова, Г.А. Иващенко // Геометрия и графика. — 2022. — Т. 10. — № 2. — С. 60–69. — DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-2-60-69
4. *Верхотурова Е.В.* Реверсивный инжиниринг — эффективный инструмент обучения инженерной графике [Текст] / Е.В. Верхотурова, С.А. Пронин, Г.А. Иващенко // Геометрия и графика. — 2022. — Т. 10. — № 3. — С. 35–44. — DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-3-35-44
5. *Волошинов Д.В.* О перспективах развития геометрии и ее инструментария [Текст] / Д.В. Волошинов // Геометрия и графика. — 2014. — Т. 2. — № 1. — С. 15–21. — DOI: 10.12737/3844
6. *Волошинов Д.В.* Разработка модели ИС для поддержки образовательного процесса в условиях применения средств дополненной реальности [Текст] / Д.В. Волошинов, А.М. Кравченко // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании: сборник научных статей: в 4 т. Санкт-Петербург, 24–25 февраля 2021 года. Т. 2. — СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, 2021. — С. 155–159.
7. *Вышнепольский В.И.* Методическая система проведения занятий на кафедре «Инженерная графика» РТУ МИРЭА [Текст] / В.И. Вышнепольский, А.А. Бойков, К.Т. Егиазарян, Н.С. Кадыкова // Геометрия и графика. — 2023. — Т. 11. — № 1. — С. 23–34. — DOI: 10.12737/2308-4898-2023-11-1-23-34
8. *Вышнепольский В.И.* Организация практико-ориентированного обучения на кафедре «Инженерная графика» РТУ МИРЭА [Текст] / В.И. Вышнепольский, А.А. Бойков, А.В. Ефремов, Н.С. Кадыкова // Геометрия и графика. — 2023. — Т. 11. — № 1. — С. 35–43. — DOI: 10.12737/2308-4898-2023-11-1-35-43
9. *Вышнепольский В.И.* Цели и методы обучения графическим дисциплинам [Текст] / В.И. Вышнепольский, Н.А. Сальков // Геометрия и графика. — 2013. — Т. 1. — № 2. — С. 8–9. — DOI: 10.12737/777
10. *Игнатъев С.А.* Технологии дополненной реальности в проектной деятельности студентов [Текст] / С.А. Игнатъев, З.О. Третьякова, М.В. Воронина // Геометрия и графика. — 2020. — Т. 8. — № 2. — С. 51–57. — DOI: 10.12737/2308-4898-2020-51-57
11. *Инженерная графика. Основы оформления конструкторской документации: Учебное пособие [Текст] / Л.Б. Иванова, Т.В. Маркова, И.М. Крыжановская [и др.]. — СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского политехнического университета им. Петра Великого, 2008. — 140 с.*
12. *Кайгородцева Н.В.* Определение содержания и технологии геометро-графической подготовки будущих ин-

- женеров на основе интеграции информационных сред: специальность 13.00.02 «Теория и методика обучения и воспитания (по областям и уровням образования)» [Текст]: автореф. дис. ... д-ра пед. наук / Н.В. Кайгородцева. — Омск, 2015. — 22 с.
13. *Козлова И.А.* Графические дисциплины и информатизация инженерного образования [Текст] / И.А. Козлова, Р.Б. Славин, Б.М. Славин // Геометрия и графика. — 2022. — Т. 10. — № 4. — С. 35–45. — DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-4-35-45
 14. *Красильникова Г.А.* Начертательная геометрия и инженерная графика. Краткий курс лекций по начертательной геометрии [Текст] / Г.А. Красильникова, М.С. Кокорин, Н.С. Иванова. — СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, 2016. — 88 с.
 15. *Маркова Т.В.* Инженерная графика. Разработка конструкторской документации на изделие по схеме, описанию и чертежам деталей [Текст] / Т.В. Маркова, О.В. Меркулова, Е.В. Князева. — СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, 2023. — 128 с. — DOI: 10.18720/SPBPU/2/i23-99
 16. *Маркова Т.В.* Инженерная графика в плакатах [Текст]: учеб. пособие для реализации основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлениям подготовки бакалавриата и специальностям, входящим в УГСН 15.00.00 «Машиностроение» / Т.В. Маркова. — СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, 2022. — 93 с. — DOI: 10.18720/SPBPU/2/i22-111
 17. *Маркова Т.В.* Опыт разработки и использования интегрированного курса инженерной графики на основе САПР [Текст] / Т.В. Маркова, А.Л. Бочков // Современное образование: содержание, технологии, качество. — 2020. — Т. 1. — С. 65–68.
 18. *Медко В.С.* Технология конструкционных материалов. Производство заготовок: Учебное пособие [Текст] / В.С. Медко, М.М. Радкевич, В.П. Третьяков. — СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. — 218 с. — DOI: 10.18720/SPBPU/2/id19-110
 19. *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
 20. Некоторые аспекты педагогической модели конструктивного геометрического моделирования [Текст] / Д.В. Волошинов, К.Н. Соломонов, Л.О. Мокрецова, Л.И. Тишук // Физико-техническая информатика (СРТ2020): Материалы 8-й Международной конференции, Пушкино, Московская обл., 09–13 ноября 2020 г. Том Часть 2. — Нижний Новгород: Изд-во Научно-исследовательского центра физико-технической информатики, 2020. — С. 328–321. — DOI: 10.30987/conferecearticle_5fd755c0bbd5b8.16491896
 21. *Новиков В.И.* Технология конструкционных материалов. Лабораторный практикум по методам производства заготовок [Текст]: учеб. пособие / В.И. Новиков, М.М. Радкевич, В.П. Третьяков. — СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, 2022. — 169 с.
 22. Проектирование педагогической технологии развития профессионально-ориентированного творчества студентов при изучении дисциплин графического содержания [Текст] / Г.А. Иващенко, Л.П. Григорьевская, Л.Б. Григорьевский, А.П. Шкуратова // Труды Братского государственного университета. Серия: Гуманитарные и социальные науки. — 2015. — Т. 1. — С. 111–116.
 23. Развитие инженерного образования: макеты ФГОС ВО нового поколения [Текст] / А.И. Рудской, А.И. Боровков, П.И. Романов, Н.С. Гришина. — СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, 2022. — 138 с. — DOI: 10.18720/SPBPU/2/id22-10
 24. *Рудской А.И.* Анализ отечественного опыта развития инженерного образования [Текст] / А.И. Рудской, А.И. Боровков, П.И. Романов // Высшее образование в России. — 2018. — Т. 27. — № 1. — С. 151–162.
 25. *Сальков Н.А.* Болонская система и перспективы инженерного образования в России [Текст] / Н.А. Сальков, Е.Н. Титова // Журнал социологических исследований. — 2022. — Т. 7. — № 3. — С. 2–11.
 26. *Сальков Н.А.* Феномен присутствия начертательной геометрии в других учебных дисциплинах [Текст] / Н.А. Сальков, Н.С. Кадыкова // Геометрия и графика. — 2020. — Т. 8. — № 4. — С. 61–73. — DOI: 10.12737/2308-4898-2021-8-4-61-73
 27. *Столбова И.Д.* О возрастании роли цифровой 3D-модели в проектной деятельности и геоетрографическом образовании [Текст] / И.Д. Столбова, Л.В. Кочурова, К.Г. Носов // Информатика и образование. — 2022. — Т. 37. — № 1. — С. 59–68. — DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-1-59-68
 28. *Усанова Е.В.* О формировании системного инженерного мышления в базовой геометро-графической подготовке в контексте Се/PLM [Текст] / Е.В. Усанова // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. — 2017. — Т. 1. — С. 371–378.
 29. *Усанова Е.В.* Проектное обучение в базовой геометро-графической подготовке / Е.В. Усанова // Вестник Казанского государственного энергетического университета. — 2018. — № 3. — С. 93–103.
 30. *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
 31. *Федосеева М.А.* Методика подготовки студентов технических вузов графическим дисциплинам [Текст] / М.А. Федосеева // Геометрия и графика. — 2019. —

Т. 7. — № 1. — С. 68–73. — DOI: 10.12737/article_5c91fe d8650bb7.79232969

32. Филимонова О.С. Особенности педагогического проектирования разноуровневых заданий по инженерной графике [Текст] / О.С. Филимонова // Педагогика и психология образования. — 2016. — № 3. — С. 85–91.
33. Философия науки и техники: тематический словарь [Электронный ресурс] / С.И. Некрасов, Н.А. Некрасова, 2010. — URL: <http://philosophy.niv.ru/doc/dictionary/science-and-technology/index.htm#202> (дата обращения: 12.08.2023).

References

1. Abrosimov S.N., Tikhonov-Bugrov D.Ye. Proektno-konstruktorское obuchenie inzhenernoj grafike: vchera, segodnya, zavtra [Design and Engineering Training in Engineering Graphics: Past, Present, Future]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics], 2015, v. 3, i. 3, pp. 47–57. DOI: 10.1237/14419 (in Russian)
2. Bolshakov V.P., Bochkov A.L., Lebedeva E.A., Chernov A.V. *Tverdotel'noe modelirovanie sborochnykh edinic v CAD-sistemah* [Solid-state modeling of assembly units in CAD systems]. St. Petersburg: Piter Publ., 2018. 368 p. (in Russian)
3. Verhoturova E.V., Ivaschenko G.A. Prichinno-sledstvennyj analiz problem geometro-graficheskoy podgotovki obuchayushchihya tekhnicheskogo vuza [Cause and Effect Diagram of the Problems of Geometric and Graphic Training of Students at a Technical University]. *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)
4. Verhoturova E.V., Pronin S.A., Ivaschenko G.A. Reversivnyj inzhiniring — effektivnyj instrument obucheniya inzhenernoj grafike [Reverse engineering is an effective tool for teaching engineering graphics]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics], 2022, v. 10, i. 3, pp. 35–44. DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-3-35-44. (in Russian)
5. Voloshinov D.V. O perspektivah razvitiya geometrii i ee instrumentariya [About Prospects of Development of Geometry and Its Tools]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics], 2014, v. 2, i. 1, pp. 15–21. DOI: 10.12737/3844 (in Russian)
6. Voloshinov D.V., Kravchenko A.M. Razrabotka modeli IS dlya podderzhki obrazovatel'nogo processa v usloviyah primeneniya sredstv dopolnennoj real'nosti [Development of an information system model to support the educational process in the conditions of application of the augmented reality means]. *Aktual'nyye problemy infotelekkommunikatsiy v nauke i obrazovanii: sbornik nauchnykh statey: v 4 tomakh* [Current problems of information telecommunications in science and education: collection of scientific articles: in 4 volumes]. Saint-Petersburg, 2021, V. 2, pp. 155–159. (in Russian).
7. Vyshnepolskiy V.I., Boykov A.A., Egiazaryan K.T., Kadykova N.S. Metodicheskaya sistema provedeniya zanyatij na kafedre "Inzhenernaya grafika" RTU MIREA [Methodological system for conducting classes at the Department of "Engineering Graphics" RTU MIREA]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics], 2023, v. 11, i. 1, pp. 23–34. DOI: 10.12737/2308-4898-2023-11-1-23-34 (in Russian)
8. Vyshnepolskiy V.I., Boykov A.A., Efremov A.V., Kadykova N.S. Organizaciya praktiko-orientirovannogo obucheniya na kafedre «Inzhenernaya grafika» RTU MIREA [Arrangement of Practice-Oriented Learning at the Department of Engineering Graphics RTU MIREA]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics], 2023, v. 11, i. 1, pp. 35–43. DOI: 10.12737/2308-4898-2023-11-1-35-43 (in Russian)
9. Vyshnepolskiy V.I., Salkov N.A. Tseli i metody obucheniya graficheskimi distsiplinami [Goals and methods of teaching graphic disciplines]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics], 2013, v. 1, i. 2, pp. 8–9. DOI: 10.12737/777 (in Russian)
10. Ignatiev S.A., Tretiakova Z.O., Voronina M.V. Augmented Reality Technologies in Students Project Activities [Tekhnologii dopolnennoj real'nosti v proektnoj deyatel'nosti studentov]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics], 2020, v. 8, i. 2, pp. 51–57. DOI: 10.12737/2308-4898-2020-51-57 (in Russian)
11. Ivanova L.B., Markova T.V., Kryzhanovskaya I.M. [and others]. *Inzhenernaya grafika. Osnovy oformleniya konstruktorskoj dokumentacii* [Engineering graphics. Design Document Basics]. Saint-Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 2008. 140 p. (in Russian)
12. Kajgorodceva N.V. *Opreделение soderzhaniya i tekhnologii geometro-graficheskoy podgotovki budushchikh inzhenerov na osnove integracii informacionnykh sred. Dokt. Diss.* [Introduction of software and technology of geometric and graphical support for future engineers based on the integration of information environments. Doct. Diss.]. Omsk, 2015. 22 p. (in Russian)
13. Kozlova I.A., Slavin R.B., Slavin B.M. Graficheskie discipliny i informatizaciya inzhenernogo obrazovaniya [Graphic Disciplines and Informatization of Engineering Education]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics], 2022, v. 10, i. 4, pp. 35–45. DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-4-35-45 (in Russian)
14. Krasilnikova G.A., Kokorin M.S., Ivanova N.S. *Nachertatel'naya geometriya i inzhenernaya grafika. Kratkij kurs lekcij po nachertatel'noj geometrii* [Descriptive geometry and engineering graphics. Short course of lectures on descriptive geometry]. Saint-Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 2016. 88 p. (in Russian)
15. Markova T.V., Merkulova O.V., Knyazeva E.V. *Inzhenernaya grafika. Razrabotka konstruktorskoj dokumentacii na izdelie po skheme, opisaniyu i chertezham detalej* [Engineering graphics. Development of design documentation for the product according to the scheme, description and drawings of parts]. Saint-Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University Publ., 2023. 128 p. DOI: 10.18720/SPBPU/2/i23-99 (in Russian)
16. Markova T.V. *Inzhenernaya grafika v plakatakh: Uchebnoe posobie dlya realizacii osnovnykh professional'nykh obrazova-*

- tel'nykh programm vysshego obrazovaniya po napravleniyam podgotovki bakalavriata i special'nostyam, vkhodyashchim v UGSN 15.00.00 «Mashinostroenie»* [Engineering graphics in posters: A textbook for the implementation of the main professional educational programs of higher education in the areas of bachelor's degree and specialties included in the USGS 15.00.00 "Mechanical Engineering"]. Saint-Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University Publ., 2022. 93 p. DOI: 10.18720/SPBPU/2/i22-111 (in Russian)
17. Markova T.V., Bochkov A.L. Opyt razrabotki i ispol'zovaniya integrirovannogo kursa inzhenernoy grafiki na osnove SAPR [Experience in developing and using an integrated CAD-based engineering graphics course]. *Sovremennoye obrazovaniye: sodержaniye, tekhnologii, kachestvo* [Modern education: content, technology, quality], 2020, v. 1, pp. 65–68. (in Russian)
 18. Medko V.S., Radkevich M.M., Tretyakov V.P. *Tekhnologiya konstruktsionnykh materialov. Proizvodstvo zagotovok* [Technology of construction materials. production billets']. Saint-Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University Publ., 2019. 218 p. DOI: 10.18720/SPBPU/2/id19-110 (in Russian)
 19. Musaeva T.V., Urago A.A. Dopolnennaya real'nost' v provedenii zanyatij po inzhenernym tekhnicheskim disciplinam proektirovaniya [Augmented Reality in Conducting Classes in Engineering and Technical Disciplines of Design]. *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)
 20. Voloshinov D.V., Solomonov K.N., Mokrecova L.O., Tishchuk L.I. Nekotoryye aspekty pedagogicheskoy modeli konstruktivnogo geometricheskogo modelirovaniya [Some aspects of the pedagogical model of constructive geometric modeling]. *V sbornike Fiziko-tekhnicheskaya informatika (CPT2020): Materialy 8-y Mezhdunarodnoy konferentsii* [In the collection Physics and Technology Informatics (CPT2020): Proceedings of the 8th International Conference]. Nizhniy Novgorod, 2020, v. 2, pp. 328–321. DOI: 10.30987/conferencearticle_5fd755c0bbd5b8.16491896 (in Russian)
 21. Novikov V.I., Radkevich M.M., Tretyakov V.P. *Tekhnologiya konstruktsionnykh materialov. Laboratornyy praktikum po metodam proizvodstva zagotovok* [Technology of structural materials. Laboratory workshop on methods of production of blanks]. Saint-Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University Publ., 2022. 169 p. (in Russian)
 22. Ivashchenko G.A., Grigorevskaya L.P., Grigorevskij L.B., Shkuratova A.P. Proektirovaniye pedagogicheskoy tekhnologii razvitiya professional'no-orientirovannogo tvorchestva studentov pri izuchenii disciplin graficheskogo sodержaniya [Designing a pedagogical technology for the development of professional-oriented creativity of students in the study of graphic content disciplines]. *Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Gumanitarnye i social'nye nauki* [Proceedings of Bratsk State University. Series: Humanities and Social Sciences], 2015, v. 1, pp. 111–116. (in Russian)
 23. Rudskoj A.I., Borovkov A.I., Romanov P.I., Grishina N.S. *Razvitie inzhenernogo obrazovaniya: makety FGOS VO novogo pokoleniya* [Development of Engineering Education: Models FGOS VO new generation]. Saint-Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University Publ., 2022. 138 p. DOI 10.18720/SPBPU/2/id22-0 (in Russian)
 24. Rudskoj A.I., Borovkov A.I., Romanov P.I. Analiz otechestvennogo opyta razvitiya inzhenernogo obrazovaniya [Analysis of domestic experience in the development of engineering education]. *Vysshee obrazovanie v Rossii* [Higher education in Russia], 2018, v. 27, i. 1, pp. 151–162. (in Russian)
 25. Salkov N.A., Titova E.N. Bolonskaya sistema i perspektivy inzhenernogo obrazovaniya v Rossii [Bologna system and prospects for engineering education in Russia]. *Zhurnal sociologicheskikh issledovaniy* [Journal of sociological research]. 2022, v. 7, i. 3, pp. 2–11. (in Russian)
 26. Salkov N.A., Kadykova N.S. Fenomen prisutstviya nachertatel'noy geometrii v drugih uchebnykh distsiplinakh [The phenomenon of the presence of descriptive geometry in other academic disciplines]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics]. 2020, v. 8, i. 4, pp. 61–73. DOI: 10.12737/23084898-2021-8-4-61-73 (in Russian)
 27. Stolbova I.D., Kochurova L.V., Nosov K.G. O vozrastanii roli tsifrovoy 3D-modeli v proyektnoy deyatel'nosti i geometrograficheskom obrazovanii [On the increasing role of the digital 3D model in project activity and geometric-graphical education]. *Informatika i obrazovaniye* [Informatics and Education], 2022, v. 37, i. 1, pp. 59–68. DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-1-59-68 (in Russian)
 28. Usanova E.V. O formirovanii sistemnogo inzhenernogo myshleniya v bazovoy geometro-graficheskoy podgotovke v kontekste Ce/PLM [About the formation of the system engineering mentality in the of base geometric and graphic preparation in the context of CE/PLM]. *Problemy kachestva graficheskoy podgotovki studentov v tehnicheckom vuze: tradicii i innovacii* [Problems of the quality of graphic training of students in a technical university: traditions and innovations], 2017, v. 1, pp. 371–378. (in Russian)
 29. Usanova E.V. Proektnoye obuchenie v bazovoy geometro-graficheskoy podgotovke [Principles of design education the basic geometric and graphic training]. *Vestnik Kazansko-gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan State Power Engineering University], 2018, i. 3, pp. 93–103. (in Russian)
 30. Usataya T.V., Deryabina L.V., Reshetnikova E.S. Sovremennyye podkhody k proyektirovaniyu izdeliy v protsesse obucheniya studentov komp'yuternoy grafike [Modern approaches to product design in the process of teaching students computer graphics]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics], 2019, v. 7, i. 1, pp. 74–82. DOI: 10.12737/article_5c91fd2bde0ff7.07282102 (in Russian)
 31. Fedoseeva M.A. Metodika podgotovki studentov tekhnicheskikh vuzov graficheskimi distsiplinami [Methods of training students of technical universities in graphic dis-

- ciplines]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics], 2019, v. 7, i. 1, pp. 68–73. DOI: 10.12737/article_5c91fed8650bb779232969 (in Russian)
32. Filimonova O.S. Osobennosti pedagogicheskogo proektirovaniya raznourovnevnyh zadaniy po inzhenernoj grafike [Features of pedagogical design of multi-level tasks on engineering schedule]. *Pedagogika i psihologiya obrazovaniya* [Pedagogy and Psychology of Education], 2016, i. 3, pp. 85–91. (in Russian)
33. Nekrasov S.I., Nekrasova N.A. *Filosofiya nauki i tekhniki: tematicheskij slovar* [Philosophy of Science and Technology: Thematic Dictionary]. URL: <http://philosophy.niv.ru/doc/dictionary/science-and-technology/index.htm#202> (accessed 12 August 2023).