

**СТРУКТУРИРОВАННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ  
КОМПЛЕКС ПО НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ –  
ОСНОВА ОБУЧЕНИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКЕ,  
БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ  
АВТОТРАКТОРОСТРОЕНИЯ**

**STRUCTURED EDUCATIONAL AND METHODOICAL  
COMPLEX FOR DESCRIPTIVE GEOMETRY – BASIS  
FOR TRAINING OF ENGINEERING GRAPHICS FOR FUTURE  
SPECIALISTS IN FIELD OF AUTOMOTIVE AND TRACTOR  
ENGINEERING**

*Зелёный П.В.*, канд. техн. наук, доц.,  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

*P. Zialiony*, Ph.D. in Engineering, Associate professor,  
Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

*На основе анализа важности начертательной геометрии, основополагающего раздела инженерной графики как дисциплины, в подготовке будущих специалистов, в частности, в области автотракторостроения, проведена структуризация и типовая алгоритмизация курса начертательной геометрии с целью оптимизации ее усвоения, что было положено в основу обоснования и разработки учебного комплекса для повышения качества обучения студентов в условиях дефицита учебного времени за счет более эффективной самоподготовки.*

*Ключевые слова: учебно-методический комплекс, начертательная геометрия, инженерная графика, структуризация, типовая алгоритмизация, автотракторостроение.*

*Based on the analysis of importance of descriptive geometry, fundamental section of engineering graphics as a discipline, in preparation of future specialists, in particular, in the field of automotive and tractor en-*

*gineering, structuring and typical algorithmization of descriptive geometry course are carried out to assist in the educational process. This was the basis for justification and development of educational complex to improve quality of students learning in conditions of study hours deficit due to more efficient self-training.*

*Key words: educational and methodical complex, descriptive geometry, engineering graphics, structuring, typical algorithmization, automotive and tractor engineering.*

## **Введение**

Инженерная графика входит в цикл общепрофессиональных дисциплин и изучается на первом курсе с первого семестра в технических вузах, являясь основой инженерного образования [1]. Ее важность характеризуется таким известным выражением, что это пропуск в инженеры для тех, кто успешно освоит ее основные разделы. Но уже все становится ясно с изучения основополагающего раздела этой дисциплины – начертательной геометрии. Она призвана, в первую очередь, развить пространственное воображение и логическое пространственное мышление геометрическими образами будущих инженеров-конструкторов, в частности, в области тракторо- и автомобилестроения, двигателей внутреннего сгорания, гидропневмоавтоматики и гидропневмопривода и др. «Изучение начертательной геометрии способствует развитию пространственного воображения и навыков пространственного логического мышления» [2]. Она готовит их «... к успешному изучению специальных предметов и техническому творчеству – проектированию ... Эта невидимая работа мозга ... будет тем плодотворнее, чем сильнее развито пространственное воображение, чем сильнее владеет автор методами изображения трехмерных тел на плоскости» [3]. Правила, «... изучаемые в начертательной геометрии, позволяют представить мысленно форму предметов и их взаимное расположение в пространстве, определить их размеры, исследовать геометрические свойства, присущие предмету» [2]. Без этого немислима их деятельность по созданию новых объектов техники. «Начертательная геометрия со времен ее основоположника Г. Монжа (1746–1818) завоевала себе достойное место в высшей школе как наука, без которой немислимо формирование инженера ...» [3].

Во вторую очередь, но в неразрывной связи с рассмотренным, начертательная геометрия изучает образование проекционных изображений пространственных форм на плоскости по методу ортогонального проецирования, называемых эпюрами Монжа, или просто эпюрами в указанном смысле [2], или чертежами в переводе с французского на русский язык [3]. «В других случаях применения слова «чертеж» будет сопровождаться соответствующим определением (перспективный чертеж, аксонометрический чертеж и т.п.)» [2], а также чертеж с числовыми отметками и др. «Важное прикладное значение этой дисциплины состоит в том, что она учит грамотно владеть выразительным техническим языком – языком чертежа, создавать чертежи и свободно читать их» [3].

В третью очередь начертательная геометрия изучает решение геометрических задач графическим путем [4]. Но и эта третья задача больше служит решению первой и второй, чем она необходима на практике сама по себе в век господства компьютерной графики и компьютерного моделирования [5], нашедших отражение даже в государственных стандартах [6, 7, 8] и широко преподаваемых в современных технических вузах [9]. Решение геометрических задач, как правило, автоматизировано во всех областях, «... в связи с радикальными изменениями процессов проектирования и конструирования ...» [3].

Но вот развивать пространственное воображение компьютерные технологии могут только способствовать. Они не заменят в нем необходимости у инженера-конструктора. Компьютерной программе, прежде всего, надо поставить ту или иную задачу на основе мысленного геометрического образа, представляемого конструктором. И от этих его способностей зависят успехи в проектировании, особенно, если речь идет о вновь создаваемых инновационных изделиях, а не совершенствовании существующих. Другими словами, «... освоение «вторичной грамотности» (программирование и компьютеризация) не должно идти в ущерб грамотности «первой», под которой следует понимать знание фундаментальных наук, включая и начертательную геометрию, формирующих творческого специалиста. Инженер обязан мастерски владеть международным языком – языком чертежа, который был и остается одним из наиболее информативных языков техники» [3]. Подтверждение этому – вся история развития графики [10].

## **Структуризация и типовая алгоритмизация курса начертательной геометрии как средств оптимизации усвоения – основа учебно-методического комплекса по инженерной графике**

Начертательная геометрия – первая инженерная дисциплина, с которой начинается техническое образование будущего инженера. Трудности в ее изучении связаны с особым соединением логического мышления и пространственного воображения, которое, по словам выдающегося русского геометра Н.А. Рынина, «является ... таинственной и мало поддающейся изучению точными науками способностью человеческого духа...» [11]. Соединение этих двух возможностей человеческого ума создает новый уровень мышления – пространственное мышление, которое дает возможность оперировать образами в пространстве и без которого невозможна любая инженерная деятельность, инженерное творчество и технический прогресс.

При изучении начертательной геометрии решается несколько основных учебно-инженерных задач: усвоение понятий начертательной геометрии и создание графической базы данных изображений геометрических элементов; усвоение способов и правил построения изображений пространственных форм на плоскости и приобретение навыков представления изображенных форм и предметов; усвоение способов и алгоритмов графических действий для решения различных практических метрических и позиционных задач на плоскости.

Следует отметить, что умение выполнять чертежи и решать различные практические технические задачи в компьютерных графических системах возможно только на базе начертательной геометрии.

Усвоение первых двух задач требует знания теоретических положений начертательной геометрии и умения выполнять умственные операции абстрагирования и анализа элементов изображаемого предмета, а также умения по заданному чертежу создавать пространственный образ изображенного предмета, что требует навыка выполнять операции графического анализа изображений и графического синтеза заданных изображений для создания цельного представления о предмете. Графический анализ геометрических элементов предмета или его заданных изображений возможен в том случае, если сформирована база графических данных об изображениях от-

дельных геометрических образов и их взаимных положениях, используемых при выполнении чертежа – точке, прямых, плоскостях, поверхностях и т.д. Графическая база данных в памяти дает возможность изображать любые геометрические элементы и их всевозможные комбинации, а ее создание возможно только на основе графических характеристик проекций этих элементов, которые мы назвали графическими опорами.

Графический синтез изображений предмета на чертеже на основе графической базы данных позволяет считывать с помощью графического анализа заданную информацию и включает работу пространственного воображения, объединяя плоские проекции предмета в его объемный цельный образ. Эта сложнейшая умственная работа и есть пространственное мышление, развитие которого и происходит в процессе изучения начертательной геометрии. Сформированная база графических опор и развитое пространственное мышление позволяют сократить процесс графического анализа и синтеза изображений и создают возможность быстрого и грамотного выполнения и чтения чертежей.

Усвоение третьей учебной задачи требует теоретических знаний, наличия графической базы данных и достаточного уровня пространственного мышления, поскольку для решения любой задачи начертательной геометрии необходимо предварительно выполнить анализ текстового условия и графический анализ заданных изображений, построить мысленную образную модель задачи, определив тему задачи и графический алгоритм ее решения, и выполнить графические построения на чертеже.

Усвоение начертательной геометрии наряду с неумением большинства студентов выполнять графические логические действия в умственном пространстве затрудняется также обширностью и новизной теоретического и графического иллюстративного материала. Проверка студенческих конспектов показывает, что графические иллюстрации выполняются плохо и с ошибками, а текстовый материал записывается сокращенно и часто вообще отсутствует. Это говорит о том, что конспект графической дисциплины вести трудно. По учебникам усвоить предмет также непросто, так как материал перегружен поясняющими графическими иллюстрациями и описаниями.

Решение всех трех учебно-инженерных задач в процессе обучения начертательной геометрии для оптимизации усвоения начертательной геометрии требует изменения традиционной методики изложения курса, которые позволяют активизировать и развить для усвоения начертательной геометрии логикографические свойства ума и его возможности пространственного воображения.

Основой вводимых изменений является тематическая модульная структуризация материала начертательной геометрии с четкими графическими характеристиками геометрических элементов и алгоритмизацией графических действий по задачам каждой темы, то есть: определение модульной структуры каждой темы начертательной геометрии; определение графических характеристик каждого модуля; построение графических алгоритмов для выполнения чертежей и решения типовых задач по каждой теме; разработка модульных графических структурных схем по каждой теме.

Структурные тематические схемы, доведенные до каждого студента, позволят сократить время на конспектирование излагаемого материала и увеличить время на выполнение иллюстративных чертежей и устных пояснений к ним. Структурные схемы также можно выдавать студентам для ознакомления с темой каждой последующей лекции, чтобы они были подготовлены к восприятию нового материала, что, безусловно, повысит результативность обучения.

Практика применения в обучении методики, включающей первые три из перечисленных пунктов, повышает усвоение начертательной геометрии, о чем свидетельствуют владение материалом и подход к решению экзаменационных и зачетных задач и оценки студентов с относительно небольшим количеством неудовлетворительных баллов. Составление модульных структурных тематических схем является следующим шагом в разработанной методике изложения начертательной геометрии и, мы надеемся, что их внедрение в практику обучения наряду с уже наработанными методами позволит повысить качественный уровень усвоения начертательной геометрии и развития пространственного мышления, необходимых для изучения дальнейших разделов инженерной графики, специальных технических дисциплин и профессиональной деятельности.

Вышеизложенное нашло реализацию в учебно-методическом комплексе по изучению основополагающего раздела инженерной графики начертательной геометрии [12].

Учебный процесс по начертательной геометрии, как и по целому ряду других дисциплин, традиционно включает лекционную часть и закрепляющую получаемые знания практическую.

К практической части относятся, прежде всего, сами практические занятия, на которых студенты под руководством преподавателя решают, как правило, одни и те же задачи по теме предшествующей лекции.

К практической части изучения дисциплины относится также выполнение студентами индивидуальных заданий по вариантам – графических работ. При правильной организации работы над индивидуальными заданиями, а точнее исключении возможности для студента воспользоваться чужим трудом по выполнению выданных ему заданий, что, к сожалению, в настоящее время широко распространено, графические работы позволяют в комплексе оценить все составляющие степени владения им изучаемой темы. При этом отпадает необходимость тратить время даже на проведение контрольных работ по пройденной теме или целому блоку изученного материала (модулю, как это стало модным называть). То, как студент справился с индивидуальным заданием, как раз и проявит все его знания, умения и навыки по теме. Тем более они будут очевидными при их оценке, если студент выполнил графическую работу под руководством преподавателя, а не явился на занятия с уже готовой работой.

Для реализации такой вполне очевидной схемы обучения необходимо, прежде всего, иметь надлежащее учебно-методическое обеспечение.

Для изучения теории по теме лекций должно иметься соответствующее учебное пособие, в котором материал излагается в той же последовательности и не содержит лишнего ни из каких благородных побуждений, например, с познавательной целью (а еще хуже, с целью придания пособию солидности). Лишний материал, сверх лекционного, при первом ознакомлении с дисциплиной, а это и имеет место в случае с начертательной геометрией, не изучаемой в школе, только затруднит эффективность ее изучения (будет отвлекать, потребует времени на поиски того, что именно нужно, исключая то, что просто дополняет или углубляет изучаемую тему). В связи с этим такое учебное пособие по своей сути должно походить на курс конкретных лекций – конспект [13], а не являться фундаментальным трудом по дисциплине.

Само собой разумеется, к практическим занятиям студент должен подходить подготовленным, по теме прочитанной лекции. Специфика дисциплины такова, что эта подготовка заключается, преимущественно, в графических построениях – в решении графических задач. На этом этапе следует использовать, прежде всего, так называемые, рабочие тетради [14], ранее широко использовавшиеся при подготовке по дисциплине. Они позволяют уделить больше времени самой подготовке по существу, не тратя время на правильное вычерчивание условий к каждой задаче. Тем более, рабочая тетрадь дает студенту больше шансов подготовиться к практическому занятию в тех случаях, когда лекция состоялась буквально накануне, то есть при дефиците времени.

Само практическое занятие должно явиться продолжением самоподготовки по рабочей тетради. Часть ее задач по каждой теме может продолжаться решаться на практическом занятии при консультативной поддержке преподавателя, если студенту не удалось с ними разобраться самостоятельно. Но основную часть задач следует брать из специального практикума по начертательной геометрии [15], содержание которых максимально согласуется с содержанием индивидуальной графической работы по изучаемой теме. Исходные условия по вариантам к индивидуальным графическим работам к каждой пройденной на лекциях теме и образцы их выполнения также содержатся в упомянутом практикуме вслед за условиями графических задач.

Известно, что в графических задачах исходное условие должно быть перечерчено максимально точно, чтобы решение было приемлемым, в частности, чтобы оно не оказалось за пределами тетради. Это известная проблема. Для ее решения, во избежание потерь времени на корректировку графической части исходного условия по результатам неудавшегося решения, в указанном практикуме [15] графическая часть условия приведена на фоне сетки в клеточку с такими же размерами ячеек, что и в обычных тетрадях, используемых студентами. По клеточкам студент в состоянии быстро и точно перечертить исходное условие задачи и приступить к ее решению.

Помимо задач для закрепления изученного материала, условий заданий к индивидуальным графическим работам по каждой теме лекционного курса и образцов выполнения этих работ, в приложении к практикуму [15] приводится также перечень метрических задач для



включения в экзаменационные билеты, перечень самих экзаменационных вопросов, пример оформления ответов на экзаменационный билет, поэтапное выполнение наиболее сложных графических работ, сведения из стандартов ЕСКД по оформлению чертежей в том минимальном объеме, которого следует придерживаться при оформлении графических работ, и другая информация по инженерной графике, необходимая уже на этапе изучения ее первого раздела – начертательной геометрии.

При заочной форме получения образования изучение такой дисциплины как начертательная геометрия, отличающейся, преимущественно, практической направленностью и большой трудоемкостью, должно сопровождаться постоянной и непосредственной связью теории и практики. Даже незначительный отрыв графических построений от теории ставит студента в затруднение. Это связано еще и с тем, что студент приступает к изучению начертательной геометрии с минимальным багажом знаний в области проецирования, слабым развитием геометрического пространственного воображения и мышления геометрическими образами. В школьном черчении такое абстрактное мышление развивается мало, оно приземлено на простое построение видов (с разрезами) конкретных предметов (если можно так сказать, на мысленное фотографирование чего-то конкретного то с одной, то с другой стороны и его отображение). В связи с практическим отсутствием необходимого минимума знаний, начертательную геометрию при самостоятельной подготовке следует изучать пошагово: немного теории в пределах одной темы и последующее немедленное ее практическое закрепление. По другим предметам (математика, физика, химия) такой ситуации не возникает. Эти дисциплины в том же ключе изучались и в школе. У них возможен больший отрыв теории от практики. Нет необходимости в таком быстром после лекции решении задач. Студенты в курсе вопросов, изучаемых в этих дисциплинах, они накапливают теоретическую базу, а их скорой, в ту же минуту реализации путем решения задач, в общем-то, не требуется. Они могут накопить определенный объем знаний, а реализовать его потом. В начертательной геометрии такая отсрочка, как показывает опыт преподавания дисциплины, не допустима. При дневном образовании отмеченное реализуется самой формой организации учебного процесса, рассмотренной выше, чему способствует проанализированный комплекс из трех учебных пособий [13–15].

При заочной форме подготовки по начертательной геометрии, как и по целому ряду других дисциплин, во главу угла ставятся рецензируемые контрольные работы. Студент в первую очередь будет озабочен именно их выполнением и своевременным представлением на рецензирование. Он станет искать кратчайшие пути решения этого вопроса и, если он «правильный» заочник, он будет пытаться выполнить графические работы сам. Отдельно изучить теорию, а только затем приступить к графическим работам ему будет сложно. В связи с этим предлагаемое учебное пособие [16], дополняющее проанализированный комплекс учебных пособий по начертательной геометрии, структурировано именно по темам графических работ. В каждом разделе вначале приводится тот минимум теоретического материала, который необходим для выполнения очередной графической работы. Затем приводится сам образец ее выполнения и поэтапное подробное решение входящих в нее задач. Завершается раздел исходными данными для индивидуального выполнения контрольных графических работ.

## **Заключение**

Составление модульных структурных тематических схем является перспективным шагом в разработанной методике изложения начертательной геометрии, нашедшей отражение во внедренном учебно-методическом комплексе. Их внедрение в практику обучения наряду с уже наработанными методами позволит повысить качественный уровень усвоения начертательной геометрии и, развития пространственного логического мышления геометрическими образами, необходимое для изучения последующих разделов инженерной графики, специальных технических дисциплин, в том числе и относящихся к области автотракторостроения, и в целом для успешной профессиональной деятельности.

## **Литература**

1. Инженерная графика. Типовая учебная программа для высших учебных заведений / Регистрационный № ТД-І.710/тип. – Минск, 2011. – 53 с.

2. Гордон, В.О. Курс начертательной геометрии: учеб. пособие для втузов / В.О. Гордон, М.А. Семенцов-Огиевский; под ред. В.О. Гордона. М.: Высшая школа, 2004. – 272 с.: ил.
3. Начертательная геометрия: учеб. пособие для вузов / Н. Н. Крылов [и др.]; под ред. Н. Н. Крылова. – Изд. 8-е, испр. – М.: Высшая школа, 2002. – 224 с.: ил.
4. Бубенников, А. В. Начертательная геометрия. Задачи для упражнений: учеб. пособие для студ. всех спец. втузов / А. В. Бубенников. – М.: Высшая школа, 1981. – 296 с.: ил.
5. Oxford dictionary of computing / Под общ. ред. John Daintith. – 5-е изд. – Oxford: Oxford University Press, 2004.
6. ГОСТ 23501.101-87 «Системы автоматизированного проектирования. Основные положения».
7. ГОСТ 34.003-90 «Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Термины и определения».
8. ГОСТ 23501.108-85 «Системы автоматизированного проектирования. Классификация и обозначение».
9. Норенков, И. П. Основы автоматизированного проектирования: учеб. для вузов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 430 с.
10. Климухин, А.Г. Начертательная геометрия: учебник для вузов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1978. – с. 334, ил.
11. Зелёный, П.В. Структуризация курса и типовая алгоритмизация как средство оптимизации усвоения начертательной геометрии / П.В. Зелёный, Е.И. Белякова // Образовательные технологии в преподавании графических дисциплин: сб. науч. тр. / II Республиканская науч.-практ. конф. (Брест, 18-19 мая 2007 г.) / Брест. гос. техн. ун-т. – Брест, 2005. – С. 33–35.
12. Зелёный, П.В. Комплекс учебных пособий по начертательной геометрии для повышения эффективности изучения дисциплины / П.В. Зелёный, Е.И. Белякова // Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы: сб. науч. тр. / Международная науч.-практ. конф. (Брест, Республика Беларусь; Новосибирск, Российская Федерация, 20 апреля 2016 г.) / Брест. гос. техн. ун-т. – Брест, 2016. – С. 69–72.

13. Зелёный, П.В. Начертательная геометрия: учеб. пособие / П.В. Зелёный, Е.И. Белякова; под ред. П.В. Зелёного. – Минск: БНТУ, 2015. – 224 с.

14. Белякова, Е.И. Начертательная геометрия: рабочая тетрадь / Е.И. Белякова, П.В. Зелёный; под ред. П.В. Зелёного. – Изд. 5-е. – Минск: Новое знание, 2014. – 56 с.

15. Белякова, Е.И. Начертательная геометрия. Практикум: учеб. пособие / Е.И. Белякова, П.В. Зелёный; под ред. П.В. Зелёного. – Изд.2-е испр. – Минск: Новое знание, М.: ИНФРА-М, 2011. – 214 с.

16. Белякова, Е.И. Начертательная геометрия: учеб. пособие / Е.И. Белякова, П.В. Зелёный; под ред. П.В. Зелёного. – Изд.3-е испр. – Минск: Новое знание, М.: ИНФРА-М, 2013. – 256 с.